

No: TA/TK/2020/

**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM SULFAT DARI HIDROGEN  
SULFIDA DENGAN KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia  
Program Studi Teknik Kimia



**Disusun oleh :**

**Nama: Muhammad Fadila Putra**  
**NIM : 16521185**

**Nama : Ikrom Abu Amar**  
**NIM : 16521194**

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA

2020

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL  
PRA RANCANGAN PABRIK**

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammmad Fadila Putra

Nama : Ikrom Abu Amar

NIM : 16521185

NIM : 16521194

Yogyakarta, 20 Oktober 2020

Menyatakan bahwa naskah Prarancangan pabrik ini telah disusun sesuai dengan kaidah ilmiah serta bukan merupakan karya orang lain. Apabila terdapat pelanggaran atau ketidaksesuaian, maka kami siap menanggung resiko sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian Surat Pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Muhammmad Fadila Putra



Ikrom Abu Amar

# LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM SULFAT DARI HIDROGEN SULFIDA

DENGAN KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK



Nama : M. Fadila Putra

NIM :16521185

Nama : Ikrom Abu Amar

NIM :16521194

Yogyakarta, 24 Oktober 2020

Pembimbing 1

Dr. Khamdan Cahyari, S.T., MSc

Pembimbing 2

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

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**  
**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM SULFAT DARI HIDROGEN SULFIDA**  
**DENGAN KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**  
**PRA RANCANGAN PABRIK**

Oleh:

Nama : M. Fadila Putra

NIM 16521185

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

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, November 2020

Tim Penguji,

Ketua : Dr. Khamdan Cahyari, S.T., MSc.



Anggota I : Dra. Kamariah, M.S.

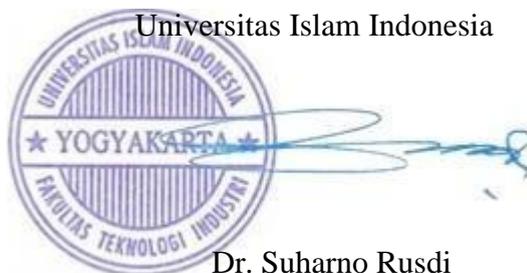


Anggota II : Venitalitya Alethea Sari A, S.T., M.Eng.



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



Dr. Suharno Rusdi

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**  
**PRARANCANGAN PABRIK ASAM SULFAT DARI HIDROGEN SULFIDA**  
**DENGAN KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**  
**PRARANCANGAN PABRIK**

Oleh:

Nama : Ikrom Abu Amar

NIM 16521194

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

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, November 2020

Tim Penguji,

Ketua : Dr. Khamdan Cahyari, S.T., MSc.



Anggota I : Dra. Kamariah, M.S.



Anggota II : Venitalitya Alethea Sari A, S.T., M.Eng.



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia

  
  
Dr. Suharno Rusdi

## KATA PENGANTAR

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

Tugas Akhir Pra rancangan Pabrik yang berjudul **“PRA RANCANGAN PABRIK ASAM SULFAT DARI HIDROGEN SULFIDA DENGAN KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN”**, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapat selama di bangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberi rahmat dan keberkahan serta penyemangat ketika penulis merasa lelah.
2. Kedua orang tua (Bapak Ir.Marzuki Nur, M.M. dan ibu Rini Setiyowati serta Bapak Sawi dan Ibu Marmi) kami yang selalu memberikan dukungan dan semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Dr. Suharno Rusdi, selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia FTI UII yang selama kuliah di jurusan Teknik Kimia ini telah membimbing dengan sabar.
4. Dr. Khamdan Cahyari, S.T., MSc. sebagai pembimbing pertama selalumemberikan arahan dan bimbingan kepada kami selama proses pengerjaan tugas akhir ini.

5. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng., sebagai pembimbing kedua yang dengan sabar dan selalu menyempatkan waktunya untuk membimbing kami dalam pengerjaan tugas akhir ini.
6. Seluruh dosen, laboran, dan administrasi Jurusan Teknik Kimia atas ilmu, arahan, dan bantuannya selama ini.
7. Teman-teman Teknik Kimia angkatan 2016 yang telah mendukung dan memberikan semangat dan telah berjuang bersama-sama selama ini.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan tugas akhir ini, yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis membuka diri terhadap segala saran dan kritik yang membangun. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca sekalian.

Yogyakarta, 20 Oktober 2020

Penulis

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Besar rasa syukur saya kepada mereka yang selalu terus memberikan do'a, kasih sayang, cinta serta motivasi yang tak henti-henti hingga kini

**Kedua Orangtua (Ir.Marzuki Nur, M.M. & Rini Steyowati ) dan Kaka Saya (Adkha Perdana Kusuma, S.TP.)**

Dosen Pembimbing 1 & 2 Tugas Akhir

**Pak Dr. Khamdan Cahyari, S.T., MSc & Ibu Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng**

Dosen Pembimbing Penelitian

**Ajeng Yulianti, S.T., M.T.**

Sahabat sekaligus partner penelitian dan Tugas Akhir, yang banyak sekali hal yang bisa saya dapatkan dari dirinya

**Ikrom Abu Amar**

Sahabat sekaligus keluarga selama saya tinggal dijogja, tak henti memberikan *support* dan teman obrolan malam

**Teman kontrakan (Ikrom, Deni, Havid, Angga, Asfan, Alif, Brian), Fakhri, Dzikri, Irfansyah, Bagus, Malik**

Sahabat se-bungsu sejak dari KKN sampai sekarang yang selalu memberikan semangat

**Azura, Faisal, Egy, bang Dio dan Ayumi Takei**

Sahabat yang selalu menyupport dan selalu memberikan saran dari jauh

**Pad Anh Dung dan Bui May Phung Thao**

Teman Kp

**Bli Cova Jefri**

Sahabat Kos Santoso

**Candra, Rudy, Farid, Andre, Ridwan**

Teman seperjuangan yang membantu saya selama kuliah

**Bagus, Ikrom, Fakhri, Malik dan semua angkatan 2016 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu**

Sahabat SMA yang sudah menentukan jalan masing-masing

**Fitri, Revi, Adit, Tri, Irvan, Reza, Viky, Malinda, dhina**

- Cukuplah Tuhan dan Orangtuamu sebagai tempat Penolong dan pulangmu.

*Karna tanpa itu semua kita tidak ada artinya-*

**-Muhammad Fadila Putra –**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Teruntuk mereka yang selalu mencintai, menyayangi, mendo'akan, sekaligus menjadi motivasi terbesar dalam hidupku

**Bapak Sawi dan Ibu Marmi**

Dosen Pembimbing 1 & 2 Tugas Akhir

**Bapak Dr. Khamdan Cahyari, S.T., MSc. & Ibu Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.**

Dosen Pembimbing Penelitian, yang selalu memberi arahan dan ilmu yang bermanfaat

**Bapak Ir. Sukirman, MM dan Ibu Ajeng Yuliatnti Dwi Lesatari, S.T., M.T.**

Partner Penelitian, dan Tugas Akhir, sekaligus sahabatku yang selalu berusaha dengan baik, dan sudah sangat membantuku dalam banyak hal

**Muhammad Fadila Putra**

Partner KP dan partner dalam segala hal, yang sudah membantuku selama menyelesaikan KP

**Irfansyah**

Sosok perempuan yang selalu *support*, selalu mengingatkanku dalam hal kebaikan

**Ibuku tercinta**

Sahabat SMA yang selalu susah senang bareng, yang selalu supportku sedari SMA

**Chandra Afrindo, M.Sulistio, Angga Eka S, Fitri juliawati, Cici Yustika**

Sahabat "From Zero to Hero"

**Fakhri, Dzikri, Putra, Malik, Irfansyah**

Sahabatku sedari bangku kuliah, teman gila2an dan susah senang bareng sekaligus teman main, teman belajar

**Anak kontrakan (Ikrom, Deni, Havid, Angga, Alip, Asfan), Putra, Taufiq, Dzikri, Irfansyah, Malik, Alfian**

*Keluarga Mak'e*, teman tidur selama 1 bulan, teman seperjuangan selama KKN, dan keluarga di lokasi KKN, Dusun Pendem

**Ahmed, Mas'ud, Rio, Sekar, Nisa, Dek Man, dan Dama**

*"Be your Self and Never Surrender"*

- Ikrom Abu Amar -

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
ABSTRAK.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Perencanaan Kapasitas .....	2
1.2.1.    Produksi Asam Sulfat di dunia.....	2
1.2.2.    Produksi Asam Sulfat di Indonesia.....	3
1.2.3.    Perkembangan Impor.....	4
1.2.4.    Perkembangan Ekspor.....	7
1.2.5.    Data Konsumsi.....	8
1.2.6.    Data Proyeksi .....	10
1.2.7.    Penentuan Kapasitas Pabrik .....	11
1.3    Tinjauan Pustaka .....	12
1.3.1.    Proses Kamar Timbal.....	12
1.3.2.    Proses Kontak .....	13
1.3.3.    Proses Wet Sulfuric Acid.....	14
1.4    Proses produksi Asam Sulfat dari Bahan Baku Hidrogen Sulfida.....	17
BAB II.....	23
Spesifikasi Bahan dan Produk.....	23
2.1    Spesifikasi Produk.....	23
2.1.1.    Asam Sulfat.....	23
2.2    Spesifikasi Bahan Baku .....	23

2.2.1.	Hidrogen Sulfida .....	23
2.2.2.	Udara.....	23
2.3	Spesifikasi Bahan Penunjang .....	24
2.3.1	Vanadium Pentaoksida (sebagai katalis) .....	24
2.4	Pengendalian Kualitas .....	24
2.4.1.	Pengendalian Kualitas Bahan Baku .....	24
2.4.2.	Pengendalian Kualitas Proses .....	25
2.4.3.	Pengendalian Kualitas Produk .....	25
BAB III .....		26
PERANCANGAN PROSES.....		26
3.1	Uraian Proses.....	26
3.2	Spesifikasi Alat.....	29
3.2.1.	Furnace (F-01) .....	29
3.2.2.	Reaktor Multibed .....	30
3.2.3.	Condenser (C-01).....	31
3.2.4.	Separator (S-01) .....	33
3.2.5.	Tangki Penyimpanan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 98% (T-01) .....	34
3.2.6.	Cooler.....	35
3.2.7.	Heat Exchanger .....	38
3.2.8.	Intercooler .....	39
3.2.9.	Blower.....	41
3.2.10.	Pompa .....	42
3.3	Perencanaan Produksi.....	42
3.3.1	Kapasitas Perancangan.....	42
3.3.2	Analisis Kebutuhan Bahan Baku .....	43
3.3.3	Analisis Kebutuhan Peralatan Proses.....	43
BAB IV .....		44
PERANCANGAN PABRIK.....		44
4.1.	Lokasi pabrik .....	44
4.2.	Tata Letak Pabrik .....	53
4.3.	Tata Letak Mesin/Alat ( <i>Machines</i> ) .....	58
4.4.	Tata Letak Alat Proses .....	60
4.5.	Aliran Proses dan Material .....	64
45.1.	Neraca Massa Alat.....	64
45.2.	Neraca Energi Alat .....	67

443.	Diagram Alir Kualitatif .....	72
444.	Diagram Alir Kuantitatif .....	73
4.5.	Perawatan ( <i>Maintenance</i> ).....	74
4.6.	Pelayanana Teknik (Utilitas).....	75
4.6.1.	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	76
4.6.2.	Unit Pengolahan Air .....	80
4.6.3.	Kebutuhan Air.....	82
4.6.4.	Unit Penyedia <i>Refigerrant</i> NH3 .....	83
4.6.6.	Unit Pembangkit Listrik (Power Plant System).....	84
4.6.7.	Unit Penyedia Udara Tekan .....	86
4.6.8.	Unit Penyedia Bahan Bakar .....	87
3.6.9	Unit Pengolahan Limbah .....	87
4.7.	Spesifikasi Alat – Alat Utilitas.....	88
4.8.	Organisasi Perusahaan.....	97
4.8.1.	Bentuk Organisasi Perusahaan .....	97
3.8.2.	Manajemen Perusahaan.....	98
4.8.3.	Bentuk Hukum Badan Usaha .....	99
4.8.4.	Uraian Tugas, Wewenang, dan Tanggung Jawab .....	104
4.8.5.	Struktur Tenaga Kerja .....	107
4.8.6.	Jumlah Karyawan dan Tingkat Pendidikan.....	109
4.8.7.	Keselamatan Kerja.....	120
4.9.	Evaluasi Ekonomi .....	120
4.9.1.	Penaksiran Harga Alat.....	122
4.9.2.	Dasar Perhitungan .....	123
4.9.3.	Analisa Kelayakan.....	125
4.9.4.	Hasil Perhitungan .....	129
4.9.5	Hasil Analisa Kelayakan.....	135
BAB V	.....	138
PENUTUP	.....	138
5.1.	Kesimpulan.....	138
5.2.	Saran.....	139
DAFTAR PUSTAKA	.....	140
LAMPIRAN A	.....	144
LAMPIRAN B	.....	159

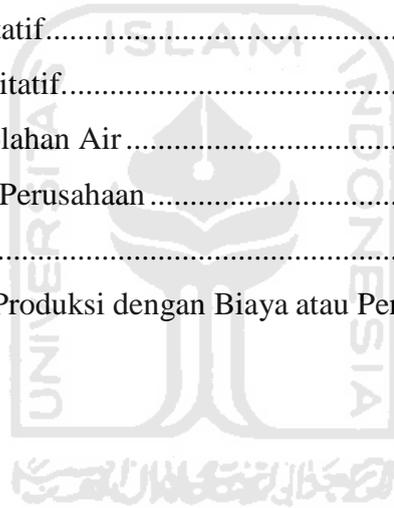
## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Daftar pabrik produksi asam sulfat di dunia.....	2
Tabel 1. 2. Daftar pabrik produksi asam sulfat di Indonesia.....	3
Tabel 1. 3. Proyeksi perkembangan produksi asam sulfat di Indonesia.....	4
Tabel 1. 4. Daftar perkembangan impor di Indonesia.....	5
Tabel 1. 5. Proyeksi impor asam sulfat sampai tahun 2025.....	6
Tabel 1. 6. Daftar perkembangan ekspor di Indonesia.....	7
Tabel 1. 7. Data konsumsi atau pemakaian asam sulfat di Indonesia.....	8
Tabel 1. 8. Proyeksi konsumsi asam sulfat tahun 2025.....	10
Tabel 1. 9. Data proyeksi pabrik.....	10
Tabel 1. 10. Perbandingan proses.....	16
Tabel 1. 11. Perbandingan proses pada paten US 2014/020553.....	22
Tabel 3. 1. Spesifikasi Alat Furnace.....	34
Tabel 3. 2. Spesifikasi alat Reaktor BED-01,BED-02 dan BED-03.....	36
Tabel 3. 3. Spesifikasi Alat Condenser.....	37
Tabel 3. 4. Spesifikasi Alat Separator.....	38
Tabel 3. 5. Spesifikasi Tangki Penyimpanan.....	39
Tabel 3. 6. Spesifikasi Alat Cooler 01 dan Cooler 02.....	40
Tabel 3. 7. Spesifikasi Alat Cooler 03.....	41
Tabel 3. 8. Spesifikasi Alat Cooler 04.....	42
Tabel 3. 9. Spesifikasi alat Heat Exchanger 01 (HE-01).....	43
Tabel 3. 10. Spesifikasi alat Heat Exchanger 02 (HE-02).....	44
Tabel 3. 11. Spesifikasi alat Extracooler 01 (IC-01).....	45
Tabel 3. 12. Spesifikasi alat Extracooler 02 (IC-02).....	45
Tabel 3. 13. Spesifikasi alat Blower 01-03.....	46
Tabel 3. 14. Spesifikasi alat Blower 04-06.....	46
Tabel 3. 15. Spesifikasi alat Pompa.....	47
Tabel 4. 1. Rician Luas Tanah.....	57
Tabel 4. 2. Neraca Massa Furnace (F-01).....	64
Tabel 4. 3. Neraca Massa Reaktor (R-01).....	65
Tabel 4. 4. Neraca Massa Cooler-02.....	65
Tabel 4. 5. Neraca Massa Condenser (CD-01).....	66

Tabel 4. 6. Neraca Massa Separator (SP-01).....	66
Tabel 4. 7. Neraca Energi Furnace (F-01).....	67
Tabel 4. 8. Neraca Energi Cooler (C-01).....	68
Tabel 4. 9. Neraca Energi Reaktor (R-01).....	68
Tabel 4. 10. Neraca Energi Cooler (C-02).....	69
Tabel 4. 11. Neraca Energi Condenser (CD-01).....	69
Tabel 4. 12. Neraca Energi Separator (SP-01).....	70
Tabel 4. 13. Neraca Energi Cooler 3 (C-03).....	70
Tabel 4. 14. Neraca Energi Cooler 4 (C-04).....	71
Tabel 4. 15. Kebutuhan Air Pendingin.....	82
Tabel 4. 16. Kebutuhan Listrik Alat Utilitas.....	84
Tabel 4. 17. Kebutuhan Listrik Peralatan Proses.....	85
Tabel 4. 18. Standar baku mutu PP No.41 Tahun 1999.....	88
Tabel 4. 19. Kadar Baku mutu Pabrik Asam Sulfat.....	88
Tabel 4. 20. Spesifikasi Pompa Utilitas.....	95
Tabel 4. 21. Shift Kerja Karyawan.....	109
Tabel 4. 22. Tingkat Pendidikan Karyawan.....	110
Tabel 4. 23. Gaji Karyawan.....	114
Tabel 4. 24. Physical Plant Cost.....	129
Tabel 4. 25. Direct Plant Cost.....	130
Tabel 4. 26. Fixed Capital Investment.....	130
Tabel 4. 27. Direct Manufacturing Cost.....	130
Tabel 4. 28. Indirect Manufacturing Cost.....	131
Tabel 4. 29. Fixed Manufacturing Cost.....	131
Tabel 4. 30. Manufacturing Cost.....	131
Tabel 4. 31. Working Capital.....	132
Tabel 4. 32. General Expense.....	132
Tabel 4. 33. Total Production Cost.....	133
Tabel 4. 34. Fixed Cost.....	133
Tabel 4. 35. Variable Cost.....	133
Tabel 4. 36. Regulated Cost.....	134
Tabel 4. 37. Analisis Kelayakan.....	137

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Grafik data impor asam sulfat.....	5
Gambar 1. 2. Grafik data ekspor asam sulfat.....	7
Gambar 1. 3. Grafik konsumsi asam sulfat.....	9
Gambar 1. 4. Proses 1 Wet Sulfuric Acid .....	18
Gambar 1. 5. Proses 2 Wet Sulfuric Acid.....	20
Gambar 1. 6. Proses 3 Wet Sulfuric Acid.....	21
Gambar 3. 1. Diagram konversi SO <sub>2</sub> didalam reaktor .....	32
Gambar 4. 1. Lokasi Pendirian Pabrik Asam Sulfat.....	55
Gambar 4. 2. Denah tata letak pabrik .....	58
Gambar 4. 3. Tata Letak Alat Proses Pabrik .....	63
Gambar 4. 4. Diagram Alir Kualitatif.....	72
Gambar 4. 5. Diagram Alir Kuantitatif.....	73
Gambar 4. 6. Diagram Alir Pengolahan Air.....	96
Gambar 4. 7. Struktur Organisasi Perusahaan .....	103
Gambar 4. 8. Indeks Harga Alat .....	122
Gambar 4. 9. Korelasi Kapasitas Produksi dengan Biaya atau Penjualan.....	137



## ABSTRAK

Peningkatan sektor industri setiap tahun mengalami kenaikan khususnya perindustrian dalam negeri. Pemerintah terus mendorong tumbuhnya industri kimia di dalam negeri agar menjadi sektor penggerak perekonomian nasional. Salah satu industri kimia yang dibutuhkan dalam berbagai bidang yaitu Asam Sulfat. Asam Sulfat memiliki banyak Kegunaan utamanya termasuk pemrosesan bijih mineral, sintesis kimia, pemrosesan air limbah dan pengilangan minyak. Dari banyaknya kegunaan tersebut, dapat memberikan prospek yang bagus, mengingat kebutuhan Asam Sulfat di Indonesia terus meningkat untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan mengambil langkah untuk menambah nilai ekspor dan mengurangi nilai impor, serta dapat membantu pemerintah dalam menjadikan industri kimia sebagai salah satu penggerak perekonomian nasional.

Prarancangan Pabrik Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ) dari Hidrogen Sulfida ( $H_2S$ ) menggunakan katalis Vanadium Pentaoksida ( $V_2O_5$ ) dengan kapasitas 100.000 ton/tahun akan dibangun di Kabupaten Puwakarta, Jawa Barat dengan bahan baku Hidrogen Sulfida ( $H_2S$ ) sebanyak 4.825,790 kg/jam yang berasal dari PT. Indo Bharat Rayon. Pabrik Asam Sulfat beroperasi selama 330 hari dalam 1 tahun dan 24 jam dalam sehari dengan jumlah 150 karyawan. Proses produksi dilakukan dengan menggunakan proses Oksidasi Sulfur Dioksida ( $SO_2$ ) dengan katalis Vanadium Pentaoksida ( $V_2O_5$ ) yang berlangsung pada Reaktor *Fixed Bed Multibed* pada kondisi operasi 410 °C dan tekanan 1 atm. Dengan kondisi operasi tersebut nilai konversi yang didapatkan sebesar 95%. Dalam menunjang produksinya, diperlukan air utilitas sebanyak 53.836 kg/jam dan 393 kW listrik yang disediakan oleh PLN, serta generator sebagai cadangan.

Sebuah parameter kelayakan pendirian pabrik menggunakan analisis ekonomi, keuntungan pabrik setelah pajak Rp. 72.582.045.294 dengan setiap tahunnya total penjualan Rp. 438.882.000.000. Analisa kelayakan dilihat dari nilai *Return On Investment* (ROI) setelah pajak 12,55%, *Pay Out Time* (POT) setelah pajak 4,9 tahun, *Discounted Cash FlowRate of Return* (DCFRR) 11,33%, *Break Event Point* (BEP) 51,46%, dan *Shut Down Point* (SDP) 18,78 %. Dari parameter kelayakan di atas, dapat disimpulkan bahwa Pabrik Asam Sulfat ini layak untuk didirikan.

Kata kunci : Industri Kimia, Asam Sulfat, Hidrogen Sulfida, Vanadium Pentaoksida, Proses Oksidasi

## ABSTRACT

Increasing the industrial sector has increased every year, especially in the domestic industry. The government continues to encourage the growth of the domestic chemical industry so that it becomes a driving force for the national economy. One of the chemical industries needed in various fields is sulfuric acid. Sulfuric acid is a chemical product that is widely used and required for its main uses including mineral ore processing, chemical synthesis, wastewater processing, and oil refining. Of these many uses, it can provide good prospects, considering that the need for sulfuric acid in Indonesia continues to increase to meet domestic needs and take steps to increase export value and reduce import value, and can assist the government in making the chemical industry one of the drivers of the national economy.

Sulfuric Acid Plant from Hydrogen Sulfide was designed using a Vanadium Pentaoxide catalyst with a capacity of 100,000 tons/year the plan to build a Sulfuric Acid Factory is located in Puwakarta Regency, West Java with 4.825,790 kg/hr of Hydrogen Sulfide raw material from PT. Indo Bharat Rayon. The Sulfuric Acid Factory operates 330 days a year and 24 hours a day with a total of 150 employees. The production process is carried out using the Sulfur Dioxide Oxidation process with Vanadium Pentaoxide as a catalyst that takes place in the reactor *Fixed Bed Multi bed* under operating conditions of 410 °C and a pressure of 1 atm. Under these operating conditions, the conversion value obtained was 95%. To support its production, 53.836 kg/hour of utility water is needed and 393 kW of electricity provided by PLN, as well as a generator as backup.

A feasibility parameter for the establishment of a factory uses an economic analysis of factory profits after tax of Rp. 72.582.045.294 with each year total sales of Rp. 438,882,000,000. The feasibility analysis is seen from the value of *Return On Investment (ROI)* after tax of 12,25%, *Pay Out Time (POT)* after taxes of 4,9 years, *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)* 11,33%, *Break Event Point (BEP)* 51,46%, and *Shut Down Point (SDP)* 18,78%. From the above eligibility parameters, it can be concluded that this Sulfuric Acid Factory is feasible to be established.

*Keywords: Chemical Industry, Sulfuric Acid, Hydrogen Sulfide, Vanadium Pentaoxide, Oxidation Process*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Asam Sulfat merupakan bahan kimia yang penting dibutuhkan di sebagian besar industri di Indonesia, contohnya seperti industri pupuk, dan industri non pupuk seperti industri kertas, industri kaca, industri bahan pengawet, industri detergent, industri pestisida dan masih banyak industri lainnya. Pembuatan asam sulfat dari sulfur atau belerang yang banyak ditemukan pada daerah pegunungan dan tempat yang tertentu yang mengandung banyak sulfur, dengan menggunakan cara khusus untuk mendapatkan sulfur dari dalam bumi. Sebagai pengganti untuk pembuatan asam sulfat dari sulfur dapat digunakan dari hidrogen sulfida yang merupakan hasil gas buang dari industri yang juga merupakan gas beracun dan dapat mencemari lingkungan dan makhluk hidup. Di Indonesia sudah ada industri yang memproduksi Asam sulfat dengan total produksi mencapai kurang lebih 1 juta ton/tahun, akan tetapi nilai ini belum dapat mencukupi kebutuhan dalam negeri, sehingga Indonesia masih membutuhkan Asam sulfat dari luar negeri.

Asam sulfat merupakan komoditas kimia yang sangat penting, bahkan salah satu suatu negara yang baik terhadap kekuatan industry dilihat dari produksi asam sulfat dari negara tersebut. Kegunaan utama (60% dari total produksi di seluruh dunia) digunakan untuk membuat pupuk fosfat dan juga trinatrium fosfat untuk deterjen. Asam sulfat juga digunakan dalam jumlah yang besar oleh industry besi dan baja untuk menghilangkan oksidasi, karat dan kerak air sebelum dijual ke industri otomobil. Selain itu kegunaan asam sulfat yang penting lainnya adalah untuk pembuatan aluminium sulfat, sebagai katalis asam yang umum digunakan untuk mengubah sikloheksanon dan hidroksilamin menjadi kaprolaktam yang digunakan untuk membuat nilon, untuk membuat asam klorida dari garam melalui

proses Mannheim dan juga banyak digunakan dalam pengilangan minyak bumi.

Kebutuhan akan asam sulfat cenderung terus meningkat dari tahun ke tahun. Hal tersebut dapat dilihat dari jumlah impor asam sulfat yang mengalami kenaikan selaras juga dengan kebutuhan akan impor bahan baku pembuatan dasar asam sulfat berupa sulfur yang terus mengalami kenaikan. Diharapkan pendirian pabrik ini pada tahun 2025 kebutuhan asam sulfat dalam negeri dapat terpenuhi dan dapat mengurangi impor bahan baku sulfur sebagai pembuatan asam sulfat, sehingga dapat mengurangi impor asam sulfat dan impor sulfur dari luar negeri. Dan dalam jangka panjang diharapkan dapat melakukan ekspor dengan tujuan pemasaran di negara kawasan asia.

Dengan mempertimbangkan nilai manfaat, nilai jual produk dan tingkat kebutuhan dalam negeri, maka pendirian pabrik asam sulfat di Indonesia diharapkan dapat :

- Mengurangi jumlah impor
- Memenuhi kebutuhan dalam negeri
- Menambah devisa negara
- Menciptakan lapangan pekerjaan
- Mengembangkan potensi daerah sehingga mendukung pembangunan daerah

## 1.1 Perencanaan Kapasitas

### 1.1.1. Produksi Asam Sulfat di dunia

**Tabel 1. 1. Daftar pabrik produksi asam sulfat di dunia**

<b>Perusahaan</b>	<b>Negara Asal</b>	<b>Prodksi(Ton/tahun)</b>
Chung hwa	China	400000
PotashCorp	Canada	725000
Shandong Lubei	China	200000
Maaden - Saudi Arabian Mining Company	Saudi Arabia	1642500
OCP Group	Morocco	1825000

Sumber: [www.sulphuricacid](http://www.sulphuricacid)

### 1.1.2. Produksi Asam Sulfat di Indonesia

Saat ini di Indonesia memiliki sebanyak 6 pabrik industri yang memproduksi asam sulfat yaitu PT. Mahkota Indonesia, PT. Utama Inti Hasil, PT. Indonesian Acid Industri, PT. Petro Jordan Abadi, Kimia Industri, PT. Smelting Indonesia, PT. Petrokimia Gresik. Tabel 1.2 menunjukkan data kapasitas pabrik asam sulfat yang ada di Indonesia.

**Tabel 1. 2. Daftar pabrik produksi asam sulfat di Indonesia**

No	pabrik asam sulfat di indonesia	kapasitas Ton/Tahun
1	PT Mahkota Indonesia	41.250
2	PT Utama Inti Hasil Kimia Industri	65.000
3	PT Indonesian Acid Industry	82.500
4	PT Petro Jordan Abadi	600.000
5	PT Smelting	920.000
6	PT Petrokimia Gresik	1.170.000
	Total	2.878.750

Sumber : [www.sulphuric-acid.com](http://www.sulphuric-acid.com)

Dari daftar tabel 1.2 dapat dilihat bahwa kapasitas yang paling besar pabrik di Indonesia yaitu PT. Petrokimia Gresik yang mempunyai kapasitas produksi sebesar 1.170.000 ton per-tahun. Tabel 1.2 merupakan data produksi asam sulfat dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2017.

**Tabel 1. 3. Proyeksi perkembangan produksi asam sulfat di Indonesia**

<b>Tahun</b>	<b>Total (ton)</b>	<b>%perkembangan</b>
2020	2.878.750	
2021	2.878.750	0%
2022	2.878.750	0%
2023	2.878.750	0%
2024	2.878.750	0%
2025	2.878.750	0%

Data table 1.3. adalah data produksi dari tahun 2020 sampai dengan 2025 tidak mengalami kenaikan, dikarenakan tidak terdapat penambahan kapasitas pada pabrik asam sulfat di atas, dan juga tidak terdapat penambahan pabrik asam sulfat yang ada di Indonesia.

### **1.1.3. Perkembangan Impor**

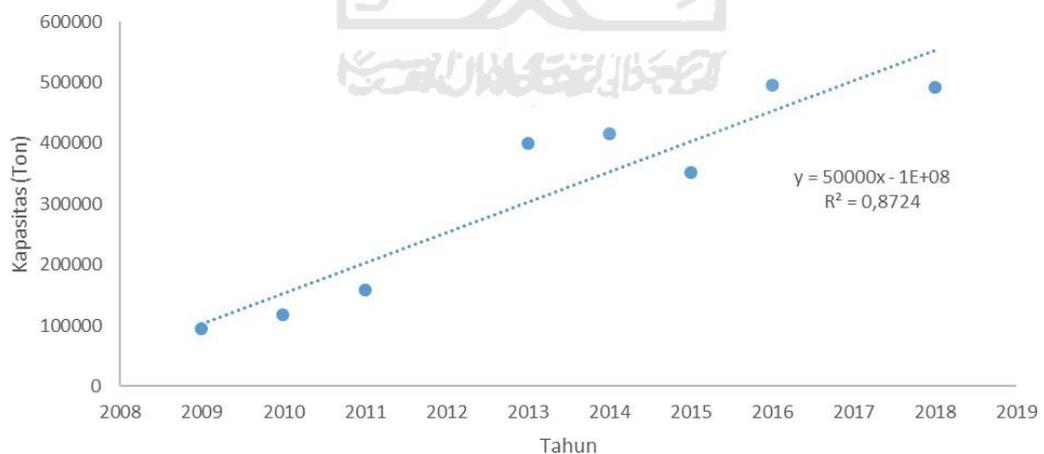
Data impor dalam negeri yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) di Indonesia dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2018 menunjukkan bahwa data perkembangan impor asam sulfat di Indonesia yang fluktuatif. Data Impor di Indonesia pada tahun 2009 – 2018 dapat dilihat pada Tabel 1.4.

**Tabel 1. 4. Daftar perkembangan impor di Indonesia**

<b>Tahun</b>	<b>Kapasitas (ton)</b>
2009	95.444
2010	118.138
2011	158.137
2013	399.534
2014	415.093
2015	351.146
2016	494.713
2018	491.373

Sumber : Badan Pusat Statistik,2020

Dari data table 1.4 Impor Asam Sulfat diatas dapat dibuat grafik Linear antara data Tahun pada Sumbu x dan data Impor dari sumbu y, grafik dapat dilihat pada gambar 1.1.



**Gambar 1. 1. Grafik data impor asam sulfat**

Proyeksi Impor Asam sulfat di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang didapat dari Grafik 1.1 Grafik Impor Asam Sulfat yaitu  $y = 50.000,4741x - 100.348.006,7070$  dimana  $x$  adalah tahun yang ingin dituju dan  $y$  sebagai jumlah Impor Asam Sulfat. Sehingga didapatkan data hasil proyeksi Impor Asam Sulfat di Indonesia yaitu sebesar 902.953,3455 ton pada tahun 2025. Tabel 1.5 merupakan proyeksi impor Asam Sulfat di Indonesia untuk 5 tahun berikutnya sampai tahun 2025.

**Tabel 1. 5. Proyeksi impor asam sulfat sampai tahun 2025**

<b>Tahun</b>	<b>kapasitas (Ton)</b>
2020	652.950
2021	702.951
2022	752.951
2023	802.952
2024	852.952
2025	902.953

#### **1.1.4. Perkembangan Ekspor**

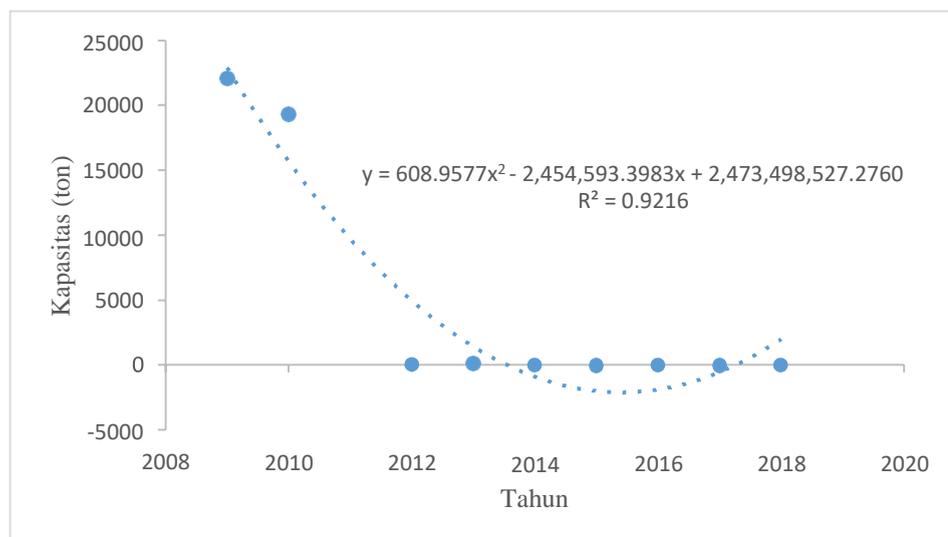
Data ekspor asam sulfat yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik diambil dari 10 tahun terakhir, data ini menunjukkan bahwa data perkembangan ekspor asam sulfat tidak mengalami kenaikan pada tahun 2009 sampai dengan tahun 2018 dan mengalami penurunan yang sangat jauh hampir 100% pada tahun 2013 ke tahun 2018 dan juga tidak melakukan ekspor Asam Sulfat dari tahun 2017 sampai dengan tahun 2018. Tabel 1.6 Menunjukkan Perkembangan ekspor Asam Sulfat di Indonesia.

**Tabel 1. 6. Daftar perkembangan ekspor di Indonesia**

Tahun	Kapasitas (Ton)
2009	22.065
2010	19.354
2012	61,420
2013	109,791
2014	0,220
2015	0,003
2016	0,914
2017	0,000
2018	0,000

Sumber : Badan Pusat Statistik,2020

Ekspor asam sulfat hanya terjadi pada tahun 2009 sampai pada tahun 2013 dengan jumlah yang cenderung mengalami penurunan. Untuk ekspor asam sulfat di tahun 2017 sampai tahun 2025 tidak terjadi ekspor karena rata-rata persen perkembangan ekspor tidak mengalami kenaikan dan diperkuat dengan Grafik 1.2.



**Gambar 1. 2. Grafik data ekspor asam sulfat**

### 1.1.5. Data Konsumsi

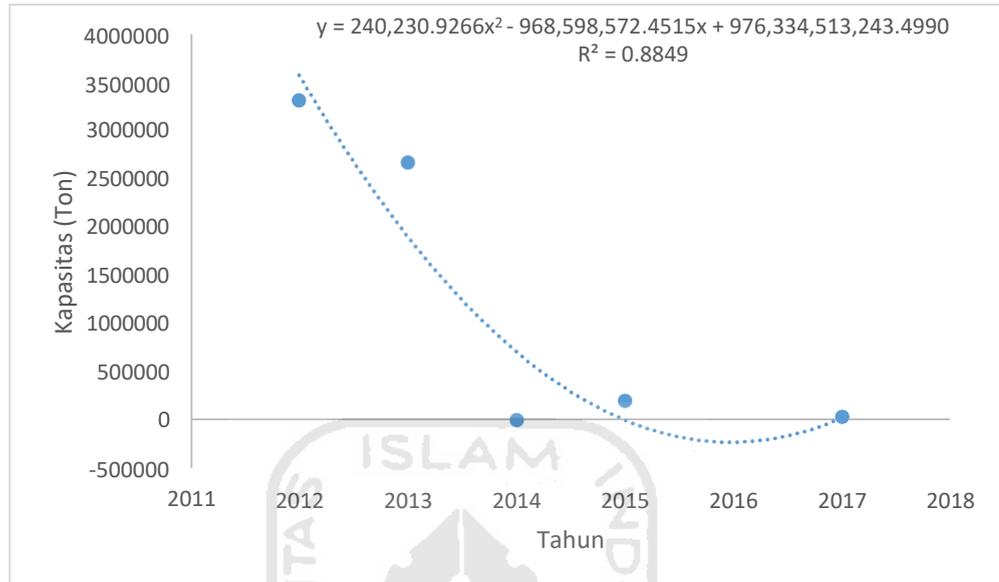
Di Indonesia penggunaan asam sulfat dibutuhkan di sebagian besar industri di Indonesia, contohnya seperti industri pupuk ZA, industri kertas, industri kaca, industri bahan pengawet, industri detergent, industri pestisida dan masih banyak industri lainnya. Konsumsi Asam Sulfat yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) di Indonesia dari tahun ke tahun fluktuatif namun cenderung menurun. Data konsumsi atau pemakaian Asam Sulfat pada tahun 2009 sampai dengan 2018 dapat dilihat pada Tabel 1.7.

**Tabel 1. 7. Data konsumsi atau pemakaian asam sulfat di Indonesia**

<b>Tahun</b>	<b>Kapasitas (ton)</b>
2012	3.305.868
2013	2.660.803
2014	4.382
2015	204.738
2017	39.405

Sumber : Badan Pusat Statistik,2020

Daridata konsumsi Asam Sulfat diatas dapat dibuat Grafik Polinomial orde 2 dengan data tahun pada sumbu x dan data konsumsi dari sumbu y, Grafik dapat dilihat pada gambar 1.3.



**Gambar 1. 3. Grafik konsumsi asam sulfat**

Proyeksi konsumsi Asam Sulfat di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang didapat dari Gambar 1.3 Grafik Konsumsi Asam Sulfat adalah  $y = 240.230,9266x^2 - 968.598.572,4515x + 976.334.513.243,4990$  dimana x adalah tahun yang ingin dituju dan y sebagai data Konsumsi Asam Sulfat. Sehingga didapatkan data hasil proyeksi Konsumsi Asam Sulfat di Indonesia yaitu sebesar 19.347.418,3364 ton pada tahun 2025. Tabel 1.8 merupakan proyeksi Konsumsi Asam Sulfat di Indonesia untuk 5 tahun berikutnya sampai tahun 2025.

**Tabel 1. 8. Proyeksi konsumsi asam sulfat tahun 2025**

Tahun	kapasitas (Ton)
2020	3.669.790
2021	5.844.392
2022	8.499.455
2023	11.634.981
2024	15.250.968
2025	19.347.418

**1.1.6. Data Proyeksi**

Data proyeksi dihitung hingga tahun 2025 dikarenakan pra rancangan pabrik asam sulfat dari hidrogen sulfida akan dibangun pada tahun 2025. Tabel 1.9 merupakan data proyeksi pabrik dari tahun 2020 sampai tahun 2025.

**Tabel 1. 9. Data proyeksi pabrik**

Tahun	Impor (ton)	Produksi (ton)	Ekspor (ton)	Konsumsi(ton)
2020	652.950	287.8750	0	3.669.790
2021	702.951	287.8750	0	5.844.392
2022	752.951	287.8750	0	8.499.455
2023	802.952	287.8750	0	11.634.981
2024	852.952	287.8750	0	15.250.968
2025	902.953	287.8750	0	19.347.418

### 1.1.7. Penentuan Kapasitas Pabrik

Pabrik Asam sulfat direncanakan akan berproduksi pada tahun 2025. Dari peluang pada tahun 2025 dalam negeri, lokasi yang tersedia, dan ketersediaan bahan baku

$$\text{Kapasitas} = \text{Demand} - \text{Supply} \quad \text{Kapasitas} =$$

$$(\text{Ekspor} + \text{Konsumsi}) - (\text{Impor} + \text{Produksi})$$

$$\text{Kapasitas} = (0 + 19347418,34) - (902953,3455 + 2878750)$$

$$\text{Kapasitas} = 15.565.714,99 \text{ Ton/Tahun}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan tersebut didapatkan Kapasitas sebesar 15.565.714,99 Ton. Maka ditentukan Kapasitas Pabrik sebesar 100.000 Ton/Tahun diambil sebesar 1 % dari total Kapasitas berdasarkan pertimbangan :

1. Karena ditinjau dari kapasitas tersebut mendekati nilai rata – rata kapasitas ekonomis pabrik Asam Sulfat di Indonesia yang sudah berdiri sebesar 170.000 ton/tahun.
2. Ketersediaan bahan baku di dalam negeri sangat mencukupi.
3. Pemenuhan kebutuhan Asam Sulfat dalam negeri, potensi pasar dalam negeri yang memiliki peluang besar merupakan alasan untuk mendirikan pabrik ini.
4. Pabrik Asam sulfat dari Hidrogen Sulfida diharapkan dapat membantu pemerintah dalam menjadikan industri kimia sebagai salah satu penggerak perekonomian nasional.

## 1.2 Tinjauan Pustaka

Proses produksi Asam Sulfat dapat dilakukan dengan menggunakan 3 proses komersial skala industri, yaitu :

### 1.2.1. Proses Kamar Timbal

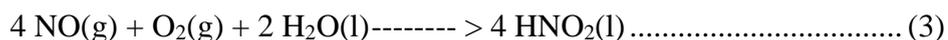
Pada dasarnya proses chamber ini terdiri dari tiga tahap dengan Kondisi Operasi Proses yang diperlukan proses ini Tekanan minimum 1 atm dan dengan Suhu Operasi sebesar 70-100 °C dengan Konversi sekitar 77%-79%, yaitu pada menara Glover, lead chamber (ruang utama), dan Guy-Lusac tower (DKL Engineering, 2003). Pada proses kamar timbal KNO<sub>3</sub> mengoksidasi S menjadi SO<sub>3</sub>, berikut reaksinya :



Ketika SO<sub>3</sub> bereaksi dengan air akan terbentuk asam sulfat, reaksinya sebagai berikut :

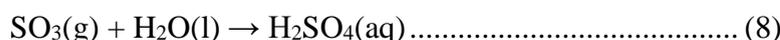
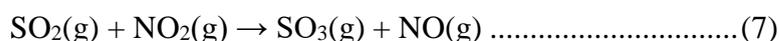


Proses untuk merecovery nitrogen pada nitrogen monoksida dan merecyclenya untuk menggantikan KNO<sub>3</sub> sebagai sumber untuk nitrogen.



Gas SO<sub>2</sub> dan NO dimasukkan ke menara Glover bersamaan dengan gas-gas dari menara Gay Lussac, gas yang keluar dari menara Glover dimasukkan ke dalam kamar timbal dan disemprotkan dengan air sehingga menghasilkan asam sulfat 60-67%. Asam ini sebagian dimasukkan ke dalam menara Gay Lussac untuk menyerap gas-gas NO dan NO<sub>2</sub> (katalisator). Menara Gay Lussac berfungsi untuk memungut

kembali katalisator gas NO dan NO<sub>2</sub> di kamar timbal dengan menggunakan asam sulfat 67%. Menara Glover bertugas memekatkan hasil asam sulfat dari kamar timbal.



**1.2.2. Proses Kontak**

Di awal ditemukannya proses kontak, produksi pabrik asam sulfat hanya sekitar 20 ton/tahun, berbeda jauh dengan pabrik asam sulfat sekarang. Dahulu menggunakan katalis berupa platina sehingga membutuhkan sistem pengolahan limbah gas dari katalis platina yang sangat beracun. Katalis vanadium baru ditemukan sekitar tahun 1990 (Friedman dan Samantha, 2008) .

Proses kontak terdiri dari 3 tahap (Clark, 2013) dengan Kondisi Operasi Tekanan minimum dijalankan 1 atm, Suhu Sekitar 370-560 °C dan Konversi reaksi Sebesar 98,5% .

- a      Membuat sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dengan Membakar sulfur (belerang) dan udara berdasarkan reaksi berikut:



Atau bisa juga dengan membakar pyrite dengan udara, reaksi berikut :



Dalam beberapa kasus, udara yang digunakan untuk menghasilkan sulfur dioksida sudah mengandung oksigen untuk tahap selanjutnya

- b. Mengubah sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) menjadi sulfur trioksida (SO<sub>3</sub>)

Reaksi pembentukan sulfur trioksida ini berupa reaksi reversible dan eksotermis.



Katalis yang digunakan adalah vanadium pentaoksida V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

- c. Mengubah sulfur trioksida (SO<sub>3</sub>) menjadi asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Setelah sulfur trioksida terbentuk, tidaklah mudah menghasilkan asam sulfat hanya dengan mencampurkan sulfur trioksida dengan air. Hal tersebut akan menghasilkan fog (kabut) asam sulfat yang sangat beracun dan berbahaya. Sebagai gantinya sulfur trioksida dikontakkan terlebih dahulu dengan asam sulfat.



Produk yang dihasilkan dari reaksi di atas disebut fuming sulphuric acid atau oleum. Kemudian oleum direaksikan dengan air. Reaksi ini sudah aman. Asam sulfat yang dihasilkan 2 kali lebih banyak dari asam sulfat yang dikontakkan dengan sulfur trioksida.



### 1.2.3. Proses Wet Sulfuric Acid

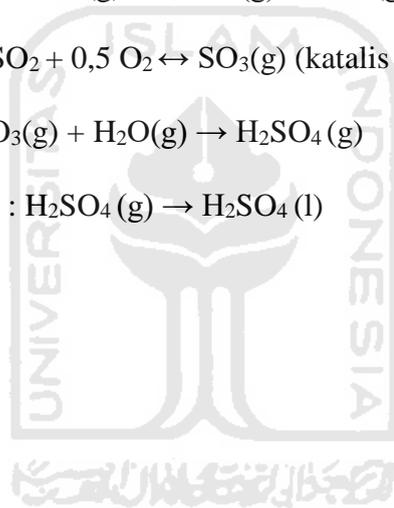
Proses ini dikenal sebagai proses yang efisien dalam recovery sulfur dari bermacam- macam pemrosesan gas dan menghasilkan kualitas asam sulfat yang komersil dengan Kondisi Operasi dari proses ini Tekanan minimum 1 atm, suhu operasi 420-440 °C dengan konversi maksimal 98%. Proses ini juga dapat

menghasilkan banyak steam tekanan tinggi. WSA proses diterapkan pada banyak industri dimana penghilangan sulfur dibutuhkan. Proses WSA biasanya lebih tepat digunakan untuk memproses satu atau lebih aliran yang mengandung sulfur, seperti:

- Gas H<sub>2</sub>S dari unit pengolahan gas amin (amine gas treating unit)
- Off-gas dari Sour Water Stripper (SWS gas)
- Off-gas dari Rectisol
- Heavy residue

Reaksi utama pembentukan Asam sulfat dengan WSA adalah:

1. Pembakaran :  $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + 1,5 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{SO}_2(\text{g})$
2. Oksidasi :  $\text{SO}_2 + 0,5 \text{O}_2 \leftrightarrow \text{SO}_3(\text{g})$  (katalis VanadiumPentaoksida)
3. Hidrasi :  $\text{SO}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4(\text{g})$
4. Kondensasi :  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$



**Tabel 1. 10. Perbandingan proses**

No.	Pertimbangan	Proses Kamar Timbal	Proses Kontak	Proses WSA
1	Bahan Baku	$SO_2$ dan Udara	Sulfur dan udara	$H_2S$ dan Udara
2	Fase	Gas-gas	Gas-Gas	Gas-gas
3	Kondisi operasi <sup>(a)</sup> :  - Temperature  - Tekanan	70-100 °C  1 atm	370 - 560 °C  1 atm	420-440 °C  1 atm
4	Katalis <sup>(a)</sup>	$NO$ dan $NO_2$	$V_2O_5$	$V_2O_5$
5	Konversi <sup>(a)</sup>	77 % - 79%	98,5 % - 99%	99%
6	Reaksi <sup>(a)</sup>	Irreversible	Reversible	Reversibel
7	Konsetrasi Produk <sup>(b)</sup>	Asam sulfat (72%)	Asam sulfat (98,5%)	Asam sulfat (98%)

(Sumber: a).Ramantasia, 2010, b).Rahayu, 2013)

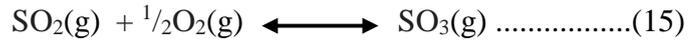
### 1.3 Proses produksi Asam Sulfat dari Bahan Baku Hidrogen Sulfida

Pada pemilihan proses produksi asam sulfat dari bahan baku hydrogen sulfida, digunakan proses Wet Sulfuric Acid dikarenakan proses ini hanya menggunakan bahan baku gas hydrogen sulfida. Proses produksi asam sulfat dengan hydrogen sulfida membandingkan antara 2 patent proses, yaitu patent US2003442 tahun 1932 dan US20140205534A1 tahun 2014. Terdapat 3 proses yang terdapat dalam patent US20140205534A1 tahun 2014.

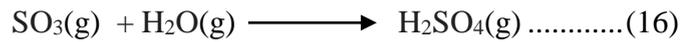
Pada proses pertama dapat dilihat pada gambar 1.4 dijelaskan bahwa reaksi pembakaran dilakukan antara umpan gas dengan udara dibakar pada suhu 1050°C. Di reaktor F-1, persentase molar oksigen pada proses adalah 3% setelah reaksi. H<sub>2</sub>S yang terkandung dalam umpan gas masuk dioksidasi sepenuhnya menjadi SO<sub>2</sub> oleh reaksi pembakaran dan banyak menghasilkan H<sub>2</sub>O. Reaksi 1. merupakan reaksi pembakaran H<sub>2</sub>S menjadi SO<sub>2</sub>.



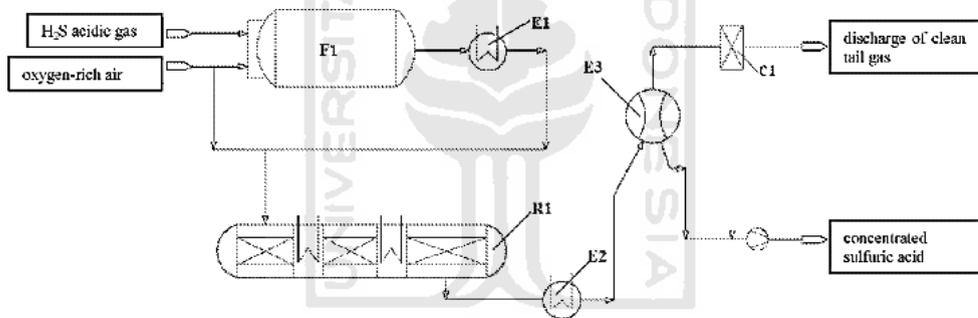
Gas hasil proses pembakaran ditransportasikan menuju *heat exchanger* E-1 untuk didinginkan, energi panas yang dilepaskan digunakan untuk memproduksi uap jenuh bertekanan menengah atau tinggi. Gas proses yang didinginkan ditambah dengan udara untuk meningkatkan konsentrasi oksigen di dalam gas proses tersebut, sementara itu kandungan SO<sub>2</sub> disesuaikan menjadi 4%. Kemudian gas proses dengan kandungan oksigen 7% berlebih dikirim ke katalitik reaktor R-1 pada suhu 410°C dan SO<sub>2</sub> dioksidasi menjadi SO<sub>3</sub>, energi panas pada gas proses dihilangkan dengan pertukaran panas bertingkat didalam konverter. Setelah pendinginan, gas proses dikirim ke tahap berikutnya untuk melakukan reaksi lebih lanjut, tingkat konversi SO<sub>2</sub> di keluaran reaktor adalah 99,2%.



Gas proses didinginkan lebih lanjut hingga 275°C di dalam *heat exchanger* E-2, yang 15°C lebih tinggi dari suhu titik embun dari asam Sulfat. Dan kemudian gas proses didinginkan kembali hingga 105°C di dalam *heat exchanger* E-3, agar diinginkan SO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>O bereaksi menjadi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Selanjutnya asam sulfat pekat dari *heat exchanger* E-3 yang dikondensasikan di bagian condenser dipisahkan setelah pendinginan, dan kemudian gas tak terkondensasi dikirim ke separator C-1 untuk dipisahkan dan dilepaskan melalui cerobong asap.



Berikut dapat dilihat proses pertama pada paten US 2014/0205534 A1.



**Gambar 1. 4. Proses 1 Wer Sulfuric Acid**

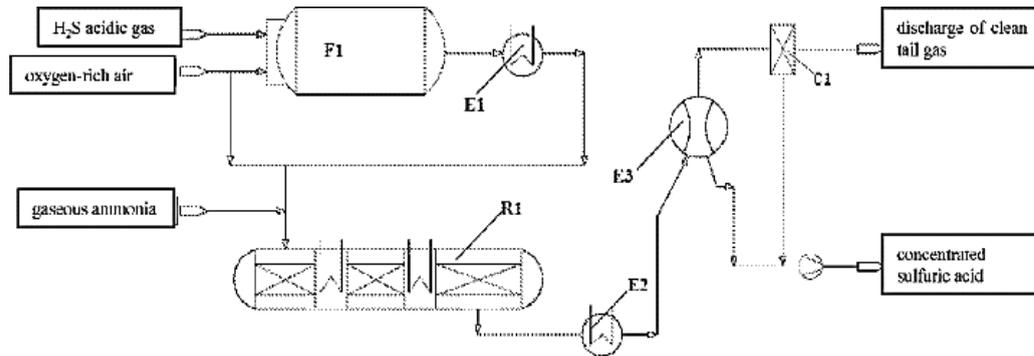
Pada proses kedua dengan kondisi gas umpan masuk mengandung NH<sub>3</sub>, karena gas asam yang mengandung NH<sub>3</sub>, suhu reaksi perlu ditingkatkan sehingga NH<sub>3</sub> dapat bereaksi sepenuhnya. Dengan demikian ia menghindari reaksi antara NH<sub>3</sub> dan SO<sub>2</sub> menyebabkan inaktivasi katalis jangka pendek, dan juga menghindari garam amonium yang dihasilkan oleh reaksi NH<sub>3</sub> dan SO<sub>2</sub> yang dapat memblokir pipa dari tempat katalis, dan selanjutnya menyebabkan operasi yang sulit dari

sistem. Reaksi pembakaran dilakukan antara gas asam dan gas kaya oksigen dengan 30% oksigen di combuster, dimana gas kaya oksigen disiapkan dengan mencampur udara dengan oksigen dalam rasio bahwa udara ke oksigen adalah 7:1. Dalam kondisi seperti itu, reaksi suhu dalam combuster mencapai  $1250^{\circ}\text{C}$ , yang memenuhi persyaratan proses pembakaran amonia. Setelah reaksi,  $\text{H}_2\text{S}$  dioksidasi menjadi  $\text{SO}_2$  sepenuhnya dan  $\text{NH}_3$  dipindahkan ke  $\text{NO}_2$ , sementara banyak  $\text{H}_2\text{O}$  dihasilkan.

Gas proses dibawa ke cooler untuk didinginkan, gas proses yang didinginkan ditambahkan dengan udara untuk meningkatkan konsentrasi oksigen dalam gas proses, sedangkan kandungan  $\text{SO}_2$  disesuaikan hingga 4%, dan gas proses ditambahkan dengan 50-100 ppmV amonia. Gas proses dengan kandungan oksigen  $>7\%$  dikirim ke reaktor pada suhu  $415^{\circ}\text{C}$  dan  $\text{NO}_2$  dihasilkan dalam reaksi pembakaran yang dan diubah menjadi  $\text{N}_2$ . Setelah itu  $\text{SO}_2$  diubah ke  $\text{SO}_3$  oleh reaksi oksidasi dikatalisasi. Energi panas dari gas proses telah dihilangkan dengan pertukaran panas antara tahap-tahap dan setelah pendinginan, gas proses dipindahkan ke tahap berikutnya untuk melakukan reaksi lebih lanjut, tingkat konversi  $\text{NO}_2$  adalah 95% dan tingkat konversi  $\text{SO}_2$ , adalah 99,2% di outlet fixed bed reaktor.

Gas proses didinginkan hingga  $280^{\circ}\text{C}$  dalam cooler hingga suhunya  $17^{\circ}\text{C}$  lebih tinggi dari suhu titik embun dari asam sulfat. Dan kemudian proses gas didinginkan hingga  $110^{\circ}\text{C}$  di agar  $\text{SO}_3$  dan uap  $\text{H}_2\text{SO}_4$  diserap sepenuhnya. Asam Sulfat terkonsentrasi di bagian bawah kondenser dibuang keluar setelah pendinginan dan gas tak terkondensasi di outlet kondenser melalui dan aerosol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dikumpulkan dari gas tak terkondensasi kemudian dipisahkan dan gas

dikirim ke cerobong untuk dilepaskan. Di gambar 1.5 ini dapat dilihat proses kedua pada paten US 2014/0205534 A1.



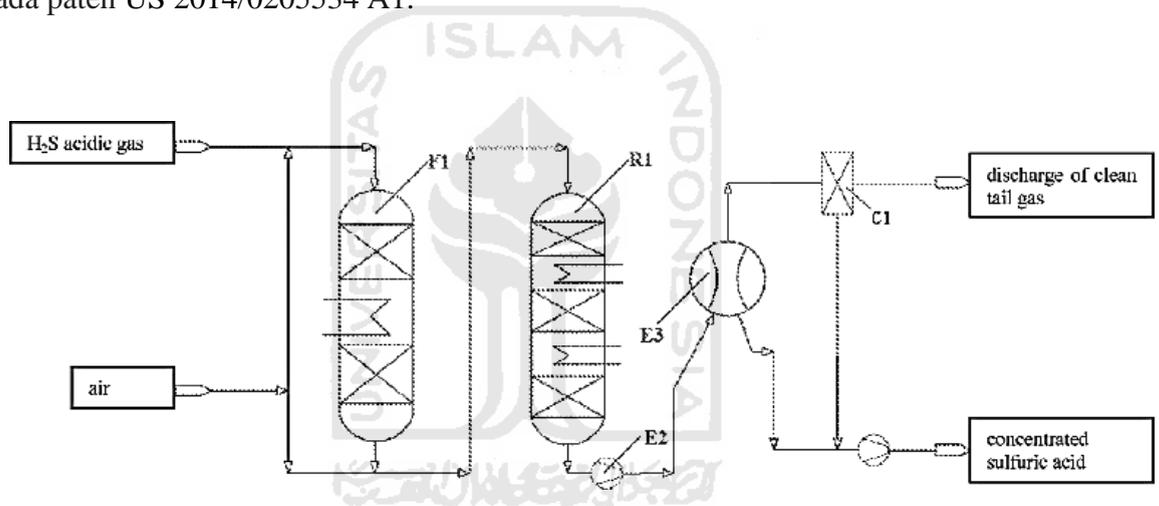
**Gambar 1. 5. Proses 2 Wet Sulfuric Acid**

Pada proses ketiga dilakukan apabila konsentrasi H<sub>2</sub>S rendah dalam gas umpan masuk. Reaksi oksidasi katalis dilakukan antara gas asam yang mengandung konsentrasi rendah H<sub>2</sub>S dan udara dengan adanya katalis pada combustor, suhu awal reaksi adalah 210°C. dan suhu akhir reaksi adalah 445°C. Untuk menghindari suhu pada bed katalis meningkat tajam yang disebabkan oleh pelepasan panas dari reaksi oksidasi yang dikatalisasi kandungan oksigen dalam gas proses adalah 2% setelah reaksi. H<sub>2</sub>S dalam gas umpan asam dioksidasi menjadi SO<sub>2</sub> sepenuhnya oleh reaksi oksidasi yang dikatalisasi, sementara banyak H<sub>2</sub>O dihasilkan.

Gas proses yang didinginkan ditambahkan dengan udara untuk meningkatkan konsentrasi oksigen dalam gas proses, gas proses yang suhunya menurun menjadi 420°C dikirim ke reaktor fixed bed untuk mengkatalisis SO<sub>2</sub> ke SO<sub>3</sub>, panas gas proses dihilangkan dengan pertukaran panas dan setelah

pendinginan gas proses dikirim ke tahap berikutnya untuk melakukan reaksi lebih lanjut tingkat konversi  $\text{SO}_2$ , di outlet reaktor adalah 98,7%.

Gas proses pada outlet selanjutnya didinginkan hingga  $260^\circ\text{C}$  dalam cooler yang  $15^\circ\text{C}$  lebih tinggi dari suhu titik embun dari asam sulfat. Kemudian proses gas didinginkan lebih lanjut hingga  $120^\circ\text{C}$  dalam kondenser agar uap  $\text{SO}_3$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  menyerap sepenuhnya. Asam Sulfat terkonsentrasi di outlet bagian bawah condenser dikeluarkan setelah pendinginan, gas yang tak terkondensasi di outlet cooler dipisahkan melalui separator. Di gambar 1.6 ini dapat dilihat proses ketiga pada paten US 2014/0205534 A1.



**Gambar 1. 6. Proses 3 Wet Sulfuric Acid**

*Wet sulfuric acid* merupakan proses pembuatan asam sulfat meliputi reaksi pembakaran, oksidasi, reaksi  $\text{SO}_3$  dengan  $\text{H}_2\text{O}$ , kondensasi dan penghilangan  $\text{NH}_3$  (DeNOx) jika terdapat  $\text{NH}_3$  didalam gas umpan masuk. Kemudian terdapat proses kondensasi untuk mengubah  $\text{H}_2\text{SO}_4$  gas menjadi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  cair. Tabel 1.11 merupakan perbandingan ketiga proses yang terdapat pada paten US 2014/0205534 A1.

**Tabel 1. 11. Perbandingan proses pada paten US 2014/020553**

Parameter	US2003442	US 2014/0205534 A1		
	Proses	Proses 1	Proses 2	Proses 3
Bahan Baku	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S 25% dari gas campuran	H <sub>2</sub> S Terdapat kandungan NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S 5,2% dari gas campuran
Alat Utama	Furnace Boiler Dehydrator Converter Absorber	Combuster Reaktor Kondenser Separator	Combuster Reaktor Kondenser Separator	Combuster Reaktor Kondenser Separator
Suhu Proses Pembakaran	1093 °C	1050°C	1250°C	445°C
Konversi SO <sub>2</sub> Menjadi SO <sub>3</sub>	90%	99,2%	99,2%	98,7%

Berdasarkan data yang telah dipaparkan diatas, maka proses yang dipilih adalah proses pembuatan asam sulfat dari hidrogen sulfida berdasarkan US 2014/0205534 A1 (proses 1), adapun alasan pemilihan proses karena :

1. Kandungan gas H<sub>2</sub>S lebih banyak.
2. Konversi SO<sub>2</sub> lebih tinggi.
3. Unit Proses yang digunakan lebih sederhana, hemat biaya awal dan operasional.

## Metode dan cara meregenerasi Katalis

Penggunaan katalis dalam waktu tertentu akan menyebabkan penurunan aktivitas. Penurunan aktivitas katalis terjadi karena katalis mengalami deaktivasi. Deaktivasi ini diakibatkan oleh pengotor (fouling), yaitu pembentukan karbon atau kokas dalam proses perengkahan (Trisunaryanti dkk., 2002). Kokas/residu karbon mendeaktivasi katalis dengan meracuni situs-situs aktif dan/atau mem-block pori-pori katalis. Kokas yang terbentuk dapat dihilangkan dengan pembakaran pada 600°C (Chen and Manos, 2004). Katalis yang telah terpakai beberapa lama, maka aktivitasnya akan berkurang, hal ini berarti bahwa kemampuan untuk mempercepat reaksi tertentu telah berkurang (Van Bergeyk, 1981). Gejala ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor sebagai berikut beserta meminimalisirnya antara lain:

### 1. Sintering

Deaktivasi katalis akibat sintering disebabkan oleh pertumbuhan atau aglomerasi kristal yang akan mengubah struktur kimia katalis atau support-nya. *Structural rearrangement* yang teramati selama sintering mengakibatkan penurunan luas permukaan katalis, dan karenanya, mengakibatkan penurunan banyaknya active sites katalis secara ireversibel. Untuk mencegah terjadinya sintering (dan/atau proses aglomerasi kristal), katalis biasanya dimodifikasi melalui penambahan komponen stabilizer yang mempunyai titik leleh tinggi. Beberapa contoh:

- Chromia, alumina, dan magnesia (yang mempunyai titik leleh tinggi) sering kali ditambahkan sebagai stabilizer pada katalis logam.
- Sintering platinum dapat dicegah dengan menambahkan sejumlah kecil senyawasenyawa terklorinasi ke dalam aliran gas. Dalam hal ini, klorin berperan meningkatkan energi aktivasi proses sintering, sehingga kecepatan sintering menjadi turun.

## 2. *Poisoning*

Deaktivasi katalis akibat peracunan pada umumnya berlangsung lambat. Peracunan disebabkan oleh adsorpsi kimia (chemisorption) zat-zat dalam aliran proses. Zat-zat ini kemudian menutup atau memodifikasi active sites pada katalis. Racun dapat menyebabkan perubahan morfologi permukaan katalis, baik melalui rekonstruksi permukaan maupun relaksasi permukaan, atau memodifikasi ikatan antara katalis logam dengan supportnya. Zat yang bisa menjadi racun pada umumnya adalah pengotor (impurity) dalam aliran umpan, namun produk dari reaksi yang diinginkan pun bisa berperan sebagai racun.

Ada 3 jenis utama racun, yaitu:

- Molekul-molekul dengan heteroatom yang reaktif (misal: sulfur)
- Molekul-molekul dengan ikatan kompleks antar atom (misal: hidrokarbon tak jenuh)
- Senyawa-senyawa logam atau ion-ion logam (misal: Hg, Pd, Bi, Sn, Cu, Fe)

Ikatan antara racun dengan katalis (atau support katalis) dapat berlangsung lemah atau kuat. Jika ikatannya kuat, peracunan akan mengakibatkan terjadinya deaktivasi yang ireversibel. Namun jika ikatannya sangat lemah, deaktivasi katalis yang teramati dapat dibalikkan dengan cara mengeliminasi (menghilangkan) pengotor (racun) dari aliran umpan. Racun katalis dapat dihilangkan dengan cara:

Pemisahan secara fisik, atau Treatment kimia, untuk mengkonversi zat racun menjadi senyawa-senyawa yang nontoksik, yaitu dengan oksidasi (untuk jenis racun 1)) dan hidrogenasi (untuk jenis racun 2)). Jika produk reaksi dapat berperan sebagai racun, maka reaktor harus dioperasikan pada tingkat konversi yang rendah, dan/atau memisahkan produk tersebut secara selektif pada tahap intermediet (untuk jenis reaktor multistap).

### 3.coking (fouling)

Deaktivasi katalis akibat pengerasan pada umumnya berlangsung cepat, Pengerakan terjadi jika ada zat-zat dalam reaktor (bisa reaktan, produk, atau intermediet) terdeposit di atas permukaan katalis dan menutup pori-pori (atau active sites) katalis secara fisik. Karbon (coke/kokas) merupakan bentuk kerak yang paling umum, dan proses pembentukannya dinamakan coking. Misalnya, pembentukan coke (C) pada reaksi perengkahan hidrokarbon dengan katalis silika-alumina:  $C_{10}H_{22} \rightarrow C_5H_{12} + C_4H_{10} + C(s)$  Bentuk coke yang terbentuk bergantung kepada jenis katalis, suhu, dan tekanan parsial senyawa-senyawa karbonnya.

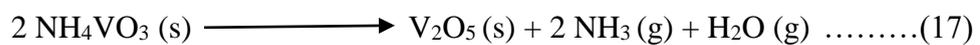
Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk meminimasi coking:

- mengoperasikan reaktor dengan waktu tinggal yang singkat
- menambahkan hidrogen ke dalam aliran proses, untuk mengkonversi karbon (fase gas) menjadi metana
- meminimasi suhu upstream dari unggun (bed) katalis, karena karbon (fase gas) kurang mudah terbentuk pada suhu rendah.

Aktivitas katalis yang telah terdeaktivasi dapat dipulihkan kembali, secara parsial maupun sempurna, melalui treatment kimia. Proses regenerasi yang berlangsung lambat dapat disebabkan oleh meningkatnya batasan termodinamika atau tahanan difusi akibat menutupnya pori-pori katalis. Peningkatan tahanan difusi ini akan menurunkan effectiveness factor katalis.

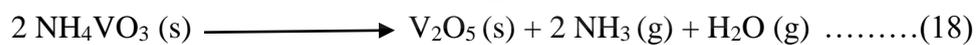
Metode yang dapat dilakukan (La Ifa and N Nurjannah, 2017) dan (Lienda et.al., 2018) untuk meregenerasi Katalis  $V_2O_5$  yaitu dengan cara Proses *leaching*. Proses *leaching* merupakan proses pemisahan padatan dari suatu campuran dengan menggunakan pelarut tapi karena  $V_2O_5$  sukar larut dalam air dingin yakni 0,820 gram per 100 cc dan tidak larut dalam air panas (Weast, 1981) sehingga harus diupayakan

menggunakan pelarut lain atau menggunakan bahan kimia yang dapat bereaksi dengan vanadium pentaoksida ( $V_2O_5$ ) seperti larutan  $NH_3$  encer,  $Na_2CO_3$  dan  $NaOH$  (Villareal et.al 1999) membentuk senyawa yang mudah larut dalam air yakni larutan  $NH_4OH$ . Kemudian larutan  $NH_4OH$  digunakan sebagai pelarut untuk mengekstrak  $V_2O_5$  yang akan menghasilkan  $NH_4VO_3$  (ammonium metavanadat). Selanjutnya dengan pemanasan pada suhu  $450\text{ }^\circ\text{C}$  akan terdekomposisi membentuk  $V_2O_5$  seperti reaksi berikut:



Tahapannya :

1. Pada waktu keadaan saat *maintenance* pabrik Katalis di R-01 dikeluarkan secara bertahap, dengan mempertimbangkan posisinya maka katalis pada Bed 3 dikeluarkan lebih dahulu ,setelah itu Bed 2 dan terakhir Bed 1.
2. Katalis kemudian dimasukkan kedalam tangki dan ditambahkan larutan  $NH_3$  sehingga akan membentuk dan menghasilkan  $NH_4VO_3$  (ammonium metavanadat). Selanjutnya dengan pemanasan pada suhu  $450\text{ }^\circ\text{C}$  akan terdekomposisi membentuk  $V_2O_5$  seperti reaksi berikut:



3. Selanjutnya di saring Solid nya dicuci dengan Air lalu di evaporasi dan selanjutnya di Keringkan selama 12 jam.
4. katalis yang sudah dikeringkan selanjutnya di masukan kembali ke dalam R-01.

## BAB II

### Spesifikasi Bahan dan Produk

#### 2.1 Spesifikasi Produk

##### 2.1.1. Asam Sulfat

- a. Kemurnian : 98% (Pada Suhu 25 °C)
- b. Yield : 261,64%
- c. Rumus Molekul :  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- d. Berat molekul : 98,08 gr/mol
- e. Wujud : Cair
- f. Warna : Tidak berwarna
- g. Titik Lebur : - 20°C
- h. Titik didih : 335°C
- i. Densitas : 1,84gr/cm<sup>3</sup> (pada 20°C)
- j. Sifat : Korosif

#### 2.2 Spesifikasi Bahan Baku

##### 2.2.1. Hidrogen Sulfida

- a. Rumus Molekul :  $\text{H}_2\text{S}$
- b. Berat molekul : 34,08 gr/mol
- c. Wujud : Gas
- d. Warna : TidakBerwarna
- e. Titik didih : -60,3°C
- f. Densitas (20°C) : 1,36 kg/m<sup>3</sup>
- g. Merupakan bahan kimia yang mudah terbakar
- h. Merupakan senyawa beracun jika terhirup

##### 2.2.2. Sulfur Dioksida

- a. Rumus molekul :  $\text{SO}_2$
- b. Berat molekul : 64,065 gr/mol
- c. Densitas : 2,6288 gr/dm<sup>3</sup> (Pada Suhu 25 °C)
- d. Titik didih : -10 °C

- e. Titik leleh :  $-75,5^{\circ}\text{C}$
- f. Temperatur kritis :  $157,6^{\circ}\text{C}$
- g. Tekanan kritis :  $77,572169\text{ atm}$
- h. Sifat : Korosif

### 2.2.3. Sulfur Trioksida

- a. Rumus molekul :  $\text{SO}_3$
- b. Berat molekul :  $80,064\text{ gr/mol}$
- c. Densitas :  $1,92\text{ gr/cm}^3$  (Pada Suhu  $25^{\circ}\text{C}$ )
- d. Titik didih :  $44,6^{\circ}\text{C}$
- e. Titik leleh :  $16,83^{\circ}\text{C}$
- f. Temperatur kritis :  $217,7^{\circ}\text{C}$
- g. Tekanan kritis :  $80,829016\text{ atm}$
- h. Sifat : Korosif

### 2.2.4. Udara

- a. Komposisi :  $\text{O}_2, \text{N}_2, \text{Ar}$
- b. Berat molekul :  $28,975\text{ gr/mol}$
- c. Wujud : Gas
- d. Titik didih :  $-216^{\circ}\text{C}$
- e. Densitas ( $70^{\circ}\text{F}$ ,  $1\text{ atm}$ ):  $1,2\text{ kg/m}^3$
- f. *Spesific gravity* ( $70^{\circ}\text{F}$ ): 1
- g. Tidak berwarna dan tidak berbau
- h. Sedikit larut dalam air

## 2.3 Spesifikasi Bahan Penunjang

### 2.3.1 Vanadium Pentaoksida (sebagai katalis)

- a. Rumus Molekul :  $\text{V}_2\text{O}_5$
- b. Berat molekul :  $181,88\text{ gr/mol}$
- c. Wujud : Padat
- d. Warna : Kuning
- e. Densitas :  $3,36\text{gr/cm}^3$

- f. TitikLebur : 690°C
- g. TitikDidih : 1750°C
- h. Viskositas : 0,579mPa.s
- i. Kelarutan : 0,8 gr/L

## 2.4 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas ialah upaya untuk mempertahankan nilai kualitas suatu produk. Pengendalian kualitas ini diperlukan agar produk yang dihasilkan sesuai dengan target yang diinginkan berdasarkan standar yang telah ditentukan. Pengendalian kualitas yang akan dilakukan pada pabrik ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses, dan pengendalian kualitas produk.

### 2.4.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku bertujuan untuk mengetahui kualitas bahan baku yang akan digunakan. Pengendalian kualitas bahan baku sangat penting agar menghasilkan produk sesuai dengan target pasar. Oleh karena itu, sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian bahan baku hidrogen sulfida dan udara, dan vanadium pentoksida sebagai katalis. Uji yang dilakukan antara lain, uji densitas, uji viskositas, kemurnian, kadar komposisi bahan baku.

### 2.4.2. Pengendalian Kualitas Proses

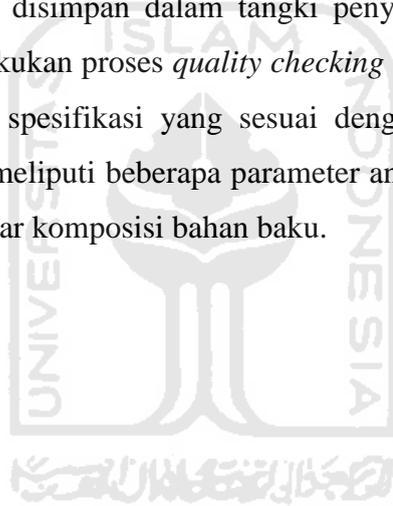
Pengendalian proses produksi pabrik ini meliputi aliran dan alat sistem kontrol.

- Alat Sistem Kontrol
  1. Sensor, digunakan untuk identifikasi variabel-variabel proses. Alat yang digunakan manometer untuk sensor aliran fluida, tekanan dan level, *termocouple* untuk sensor suhu.
  2. *Controller* dan Indikator, meliputi level indikator dan *control, temperature indicator control, pressure control, flow control*.
  3. *Actuator* digunakan untuk *manipulate* agar variabelnya sama dengan variabel *controller*. Alat yang digunakan *automatic control valve* dan *manual hand valve*. komposisi komponen, kemurnian bahan baku.

- Aliran Sistem Kontrol
  1. Aliran *pneumatis* (aliran udara tekan) digunakan untuk *valve* dari *controller* ke *actuator*.
  2. Aliran *electric* (aliran listrik) digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*.
  3. Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan level) digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*. diperoleh pada proses ini sebesar 80 – 85% dari ptalat anhidrid yang ada.

### 2.4.3. Pengendalian Kualitas Produk

Produk dengan kualitas baik dapat dihasilkan dari bahan baku yang berkualitas dan proses yang dilakukan dengan baik dan teliti. Sebelum produk di-*pack*, produk asam sulfat disimpan dalam tangki penyimpanan dengan kondisi atmosferis. Selain itu, dilakukan proses *quality checking* untuk memastikan bahwa produk sudah memenuhi spesifikasi yang sesuai dengan target pasar. *Quality checking* yang dilakukan meliputi beberapa parameter antara lain, uji densitas, uji viskositas, kemurnian, kadar komposisi bahan baku.



## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

#### 3.1 Uraian Proses

Udara sebesar 48.332,484 Kg/Jam dinaikkan suhunya mencapai 260°C dengan menggunakan heat exchanger-01 (HE-01), suhu tersebut merupakan suhu titik nyala H<sub>2</sub>S yang terdapat dalam feed gas agar langsung terbakar ketika masuk ke dalam combuster. Fluida panas yang digunakan pada Heat Exchanger-01 (HE-01) merupakan keluaran gas hasil pembakaran dari combuster yang mempunyai massa sebesar 53.158,2743 Kg/Jam dan bersuhu 1050 °C, sehingga keluaran fluida panas di heat exchanger-01 bersuhu 868 °C dan langsung didinginkan didalam cooler-01 (CO-01).

Feed gas sebesar 4.825,790 Kg/Jam dinaikkan suhunya mencapai 260°C dengan menggunakan heat exchanger-02 (HE-02), dalam feed gas gas H<sub>2</sub>S tidak langsung terbakar dalam heat exchanger-02 (HE-02) karena feed gas tidak mengandung O<sub>2</sub>.

Kondisi gas umpan masuk mempunyai suhu awal sebesar 260°C dan tekanan sebesar 1 atm. Pada gas umpan masuk terdapat komponen gas H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub> yang tidak bereaksi oleh pembakaran dengan oksigen.

Reaksi pembakaran dilakukan antara feed gas dan udara kaya oksigen dengan 30% oksigen di Furnace (F-01), dimana disiapkan dengan mencampur udara dengan oksigen berlebih dalam rasio udara dan umpan masuk 7:1.

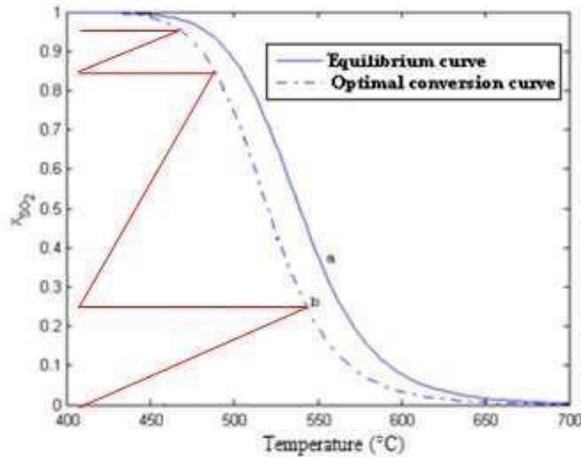
Feed Gas sebesar 4.825,790 kg/jam dengan kemurnian H<sub>2</sub>S 97,2% (4.688,940 Kj/Jam) diumpankan ke dalam Furnace (F-01) dan dibakar pada suhu 1050 °C dengan udara sebagai sumber oksigen untuk reaksi pembakaran. Di dalam Furnace (F-01) hidrogen sulfida dibakar dan bereaksi menjadi sulfur dioksida dan terbentuk banyak air. Reaksi pembakaran hidrogen sulfida dengan oksigen dapat dilihat sebagai berikut:



Reaksi pembakaran feed gas ini membakar H<sub>2</sub>S dengan konversi reaksi 100%.

Tahap Oksidasi SO<sub>2</sub> menjadi SO<sub>3</sub> di dalam reaktor *fix bed multibed* (R-01)

Berikut ini merupakan table konversi SO<sub>2</sub> didalam reaktor *fixed bed* (R-01):



**Gambar 3. 1. Diagram konversi SO<sub>2</sub> didalam reaktor**

Reaksi oksidasi yang terjadi antara SO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> pada *fixed bed* reactor (R-01) dapat dilihat sebagai berikut:



**Reaksi 2. Reaksi Oksidasi SO<sub>2</sub>**

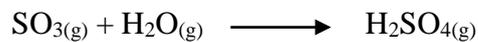
Didalam Bed-1 terjadi reaksi oksidasi antara SO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dengan bantuan katalis Vanadium Pentaoksida (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), yang menghasilkan SO<sub>3</sub> sebesar 2.781,963 Kg/Jam dengan konversi SO<sub>2</sub> 25%. Suhu masuk Bed-1 sebesar 410 °C dan suhu keluar Bed-1 sebesar 540 °C, pada Bed-1 reaksi terjadi pada tekanan 1 atm. Gas keluar Bed-1 kemudian didinginkan ke dalam intercooler-01 (IC-01) sampai suhu 410 °C dengan menggunakan fluida dingin refrigerant NH<sub>3</sub>.

Didalam Bed-2 terjadi reaksi oksidasi antara SO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dengan bantuan katalis Vanadium Pentaoksida (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), yang menghasilkan SO<sub>3</sub> sebesar 7.094,005 Kg/Jam dengan konversi SO<sub>2</sub> 85%. Suhu masuk Bed-2 sebesar 410 °C dan suhu keluar Bed-2 sebesar 490 °C, pada Bed-2 reaksi terjadi pada tekanan 1 atm. Gas keluar Bed-2 kemudian didinginkan ke dalam intercooler-02 (IC-02) sampai dengan suhu 410 °C dengan menggunakan fluida dingin refrigerant NH<sub>3</sub>.

Didalam Bed-3 terjadi reaksi oksidasi antara SO<sub>2</sub> dengan O<sub>2</sub> dengan bantuan katalis Vanadium Pentaoksida (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), yang menghasilkan SO<sub>3</sub> sebesar 1.162,749 Kg/Jam dengan konversi SO<sub>2</sub> 92,88%. Total konversi SO<sub>2</sub> menjadi SO<sub>3</sub> pada *Fixed Bed Reactor* (R-01) sebesar 95%. Suhu masuk Bed-3 sebesar 410 °C

dan suhu keluar Bed-2 sebesar 470 °C, reaksi pada Bed-3 terjadi pada tekanan 1 atm. Di dalam reaktor fixed bed 3-bed tersebut, digunakan refrigerant sebagai pendingin. Setiap bed menggunakan NH<sub>3</sub> sebagai refrigerant.

Didalam cooler-02 (CO-02) H<sub>2</sub>SO<sub>4(gas)</sub> didinginkan sampai dengan temperature 105 °C pada tekanan 1 atm untuk dipisahkan di dalam WSA condenser (CD-01), didalam cooler-02 (CO-02) terjadi reaksi antara SO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>O dengan konversi SO<sub>3</sub> sebesar 31% membentuk H<sub>2</sub>SO<sub>4(gas)</sub> sebesar 4.327,236 Kg/Jam dengan konsentrasi 70%. Berikut ini merupakan reaksi antara SO<sub>3</sub> dengan H<sub>2</sub>O didalam Cooler-02 (CO-02).



### Reaksi 3. Reaksi SO<sub>3</sub> dengan H<sub>2</sub>O

Didalam WSA condenser (CD-01) terjadi reaksi antara SO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>O membentuk H<sub>2</sub>SO<sub>4(gas)</sub> sehingga konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4(gas)</sub> naik dari 70% mencapai 98%. WSA condenser (CD-01) beroperasi pada suhu 105°C dan tekanan 1 atm.

H<sub>2</sub>SO<sub>4(gas)</sub> yang terbentuk sebesar 12.584,0757 Kg/Jam dengan konsentrasi 98%. Tidak semua gas terkondensasi sehingga keluaran kondenser tersebut 2 fasa, massa keluaran gas sebesar 40.552,9385 kg/jam dan massa keluaran liquid sebesar 12.605,3358 kg/jam.

Aliran gas yang masuk ke dalam Separator (SP-01) mempunyai massa H<sub>2</sub>SO<sub>4(liquid)</sub> sebesar 12.584,076 Kg/Jam; massa H<sub>2</sub>O sebesar 178,5586 Kg/Jam; massa SO<sub>2</sub> sebesar 71,1169 Kg/Jam; massa N<sub>2</sub> sebesar 37.115,2983 Kg/Jam; massa CO<sub>2</sub> sebesar 73,3057 Kg/Jam; massa O<sub>2</sub> sebesar 2.352,2841 Kg/Jam; dan massa SO<sub>3</sub> sebesar 947,67 Kg/Jam. Jenis Separator (SP-01) yang digunakan adalah vertical separator karena lebih besar fasa gas daripada fasa liquid dalam aliran masuk separator.

H<sub>2</sub>SO<sub>4(liquid)</sub> didinginkan di Cooler-03 (CO-03) sampai dengan suhu 30°C pada tekanan 1 atm dimana disimpan pada suhu ruangan, H<sub>2</sub>SO<sub>4(liquid)</sub> yang telah didinginkan mempunyai kemurnian 98%. Sehingga massa komponen yang terbentuk adalah H<sub>2</sub>O<sub>(liquid)</sub> sebesar 13,716 Kg/Jam, massa H<sub>2</sub>SO<sub>4(liquid)</sub> sebesar 12.584,076 Kg/Jam dan massa pengotor SO<sub>3(liquid)</sub> sebesar 7,258 kg/jam

### 3.2 Spesifikasi Alat

#### 3.2.1 Furnace (F-01)

**Tabel 3. 1. Spesifikasi Alat Furnace**

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	Furnace 01	
Kode Alat	F-01	
Fungsi	Tempat pembakaran sempurna feed gas, H <sub>2</sub> S terbakar membentuk SO <sub>2</sub>	
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel SA- 167 grade 11 type 316</i>	
Fasa	gas	
Jumlah	1 unit	
Tekanan Operasi	1 atm	
Suhu Operasi	1050°C	
Volume Combuster	162,47 m <sup>3</sup>	
Waktu Tinggal	1 jam	
<b>Jumlah Tube dan Ukuran Furnace</b>		
Ntr (Radian Tube)	411 tube	
(Konveksi Tube)	229 tube	
Shield Tube	4 tube	
Panjang	12 m	
Lebar	10 m	
Tinggi	7 m	
<b>Ukuran Furnace Pada Bagian Konveksi</b>		
Berdasarkan Wal as's books tabel 16. Hal 215; ukuran Furnace ditentukan dengan menggunakan 1,8x lebih kecil dari bagian radian combuster.		
Panjang	4 m	
Lebar	3 m	
Tinggi	2 m	
Harga	Rp20.415.099.759	

#### 3.2.2 Reaktor Multibed

Fungsi	: Mengoksidasi SO <sub>2</sub> yang terdapat dalam gas umpan menjadi SO <sub>3</sub> dengan bantuan katalis V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .
Bentuk	: Silinder vertikal dengan tutup <i>torisphecal (flange and dished head)</i>
Jumlah	: 1 Reaktor dengan jumlah 3 bed
Bahan	: <i>Stainless steel SA- 167 grade 11 type 316</i>

- **Kondisi operasi gas masuk**

Massa gas masuk : 53.518,2743 kg/jam

Temperatur gas masuk : 410°C

Tekanan gas masuk : 1 atm

- **Spesifikasi Katalis**

Jenis Katalis :  $V_2O_5$

Diameter Katalis : 8 mm

Panjang : 8 mm

Bulk Density : 1300 kg/m<sup>3</sup> (MSDS of catalyst  $V_2O_5$ )

Aktivasi Katalis : 1,24 kg/feed/kg katalis/jam

Bentuk : cylindrical pellets

- **Volume Total Reaktor**

Massa gas masuk : 53.518,2743 kg/jam

Densitas campuran : 4,9707 kg/m<sup>3</sup>

Waktu tinggal : 6,39 menit

Volume gas : 1145,76 m<sup>3</sup>

Massa katalis : 128.610 kg

Volume katalis : 32,98 m<sup>3</sup>

Volume Total (20% over design) : 1.494 m<sup>3</sup>

- **Dimensi Reaktor**

D : 2 m

H : 21,02 m

- **Tebal Head dan Tinggi Head Reaktor**

th (tebal head) : 0,783 inch

Berdasarkan tabel 8.8 hal.88 buku Brownell and Young, didapat :

th (Tebal Head) : 0,25 inch

OA (tinggi head) : 20,0899 inch

• **Volume Total Reaktor**

Volume Silinder : 412,58 m<sup>3</sup>

Volume Tutup : 0,00054 m<sup>3</sup>

Vsf : 19,35 m<sup>3</sup>

Volume Total : 431,34 m<sup>3</sup>

Reaktor yang digunakan merupakan reaktor multibed, dimana massa gas masuk ketiga reaktor jumlahnya sama dan juga perancangannya sama karena menggunakan 1 jenis reactor.

**Tabel 3. 2. Spesifikasi alat Reaktor BED-01,BED-02 dan BED-03**

<b>Komponen</b>	<b>Bed-01</b>	<b>Bed-02</b>	<b>Bed-03</b>
Massa gas masuk (kg/jam)	55.137,12	55.137,12	55.137,12
Volume gas masuk (m <sup>3</sup> )	264,24	804,27	77,25
Temperature (°C)	410	410	410
Tekanan (atm)	1	1	1
Volume Total (m <sup>3</sup> )	356,66	1.004,70	132,27
D Bed (m)	2	2	2
H Bed (m)	6,35	9,09	4,56
Harga	Rp9.474.629.561	Rp10.501.750.289	Rp4.548.923.290

323. Condenser (C-01)

Tabel 3. 3. Spesifikasi Alat Condenser

<b>IDENTIFIKASI</b>		
Nama Alat	Condensor 01	
Kode Alat	CD-01	
Jumlah	1 unit	
Fungsi	Tempat terjadinya reaksi antara SO <sub>3</sub> dan H <sub>2</sub> membentuk H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hingga konsentrasinya 98% merubah H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (liquid) menjadi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (liquid).	
Jenis	<i>Shell and Tubes Counterflow</i>	
<b>SPESIFIKASI</b>		
Medium Pendingin	Water	
Jumlah pendingin masuk (kj/jam)	16422421,65	
Massa Pendingin Dibutuhkan (kg/jam)	39185,87	
Luas Perpindahan Panas (A) ft <sup>2</sup>	3901,356019	
<b>DIMENSI Condensor</b>		
	<b>Tube</b>	<b>Shell</b>
ID (in)	0,622	0,840
Passes	2	2
ΔP (psia)	0,0768	1,2734
OD (in)	0,5	
BWG	12	
Baffle Space (in)		20,5
Susunan	<i>Triangular Pitch</i>	
Panjang (ft)	18	
Jumlah (tube)	1120	
Harga	Rp19.831.860.351	

3.2.4. Separator (S-01)

Tabel 3. 4. Spesifikasi Alat Separator

<b>IDENTIFIKASI</b>	
Nama Alat	Separator 01
Kode Alat	SP-01
Fungsi	Untuk memisahkan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (liquid) dari gas hasil
Bentuk	Tangki vertical dengan torispherical head.
Bahan	Stainless steel SA 167 Type 316
<b>Kondisi Operasi</b>	
Suhu	105°C
Tekanan	1 atm = 101,325 kpa
Minimum cross sectional area	1,7529 ft <sup>2</sup>
Diameter sparator	0,6096 m
Tinggi separator	2,569 m
Tebal <i>shell</i>	0,1875 in
Tebal head	0,1875 in
Tinggi head	0,18 m
Harga	Rp146.239.970

3.2.5. Tangki Penyimpanan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98% (T-01)

Tabel 3. 5. Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Spesifikasi		Tangki Penyimpanan
Kode		T-01
Fungsi		Menyimpan Produk Asam Sulfat sebanyak 4.235.297 kg selama 14 hari
Jenis		Tangki silinder tegak dengan flat bottom dengan atap berbentuk torispherical roof
Bahan		<i>Stainless Steel SA –167 Grade 11 type 316</i>
Kapasitas (m <sup>3</sup> )		13450
Kondisi Operasi	Tekanan (atm)	1
	Suhu (°C)	30
Jumlah (unit)		1
<b>Spesifikasi</b>		
Diameter (m)		36,576
Tinggi	Head (m)	6,314046738
	Shell (m)	13
Tebal Head (in)		1(5/8)
Tebal Shell	Course	
	1	1 (3/8) in
	2	1 (1/4) in
	3	1 in
	4	7/8 in
	5	5/8 in
	6	1 (1/4) in
	7	5/16 in
Harga	Rp106.952.200	

### 3.2.6. Cooler

**Tabel 3. 6. Spesifikasi Alat Cooler 01 dan Cooler 02**

Spesifikasi		Cooler	
Kode		CO-01	CO-02
Fungsi		Menurunkan suhu dari F-01 sebanyak 849,84 °C menjadi 410 °C menuju R-01	Menurunkan suhu dari R-03 sebanyak 470 °C menjadi 275 °C menuju CD-01
Jenis		<i>Double-pipe Exchanger Counterflow</i>	
Jumlah (unit)		1	1
<b>Spesifikasi</b>			
Medium Pendingin		Refrigerant NH3	Refrigerant NH3
Kebutuhan Pendingin (kJ/jam)		21158874,00	11070365
Laju Pendingin (kg/jam)		15450,07	8083,51
Luas Perpindahan Panas (A) (ft <sup>2</sup> )		87,29059906	73,25077302
Jumlah hairpin		2	2
<b>Dimensi Cooler</b>			
Inner	NPS (in)	12	8
	Sch.No	40	40
	ΔP (psia)	0,002539	0,001630699
Annulus	NPS (in)	14	10
	Sch.No	40	40
	ΔP (psia)	1,817218187	0,00155659
Koefisien Transfer Panas	Uc ((Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F)	26,67808514	54,66475024
	Ud	108,9607038	135,1689789
Dirt Factor (Rd)	Diperlukan	0,0001	0,0001
	Hitung	0,028306329	0,04132

- Cooler 03 (CO-03)

**Tabel 3. 7. Spesifikasi Alat Cooler 03**

<b>IDENTIFIKASI</b>		
Nama Alat	Cooler 03	
Kode Alat	CO-03	
Jumlah	1 unit	
Fungsi	Mendinginkan keluaran bawah Separator (S-01)	
Jenis	<i>Shell and Tubes Counterflow</i>	
<b>SPESIFIKASI</b>		
Medium Pendingin	Water	
Jumlah pendingin masuk (kj/jam)	747610,7764	
Massa Pendingin Dibutuhkan (kg/jam)	1783,889067	
Luas Perpindahan Panas (A) ft <sup>2</sup>	210,40	
<b>DIMENSI Cooler</b>		
	<b>Tube</b>	<b>Shell</b>
ID (in)	0.5335	16
Passes	2	2
$\Delta P$ (psia)	0,13180645	0,004827872
OD (in)	1/2	
BWG	12	
Baffle Space (in)		8,2400
Susunan	Triangular Pitch	
Panjang (ft)	10	
Jumlah (tube)	166	
Harga	Rp467.967.903	

- **Cooler 04 (CO-04)**

**Tabel 3. 8. Spesifikasi Alat Cooler 04**

<b>IDENTIFIKASI</b>		
Nama Alat	Cooler 04	
Kode Alat	CO-04	
Jumlah	1 unit	
Fungsi	Mendinginkan keluaran Atas Separator (S-01)	
Jenis	<i>Shell and Tubes Counterflow</i>	
<b>SPESIFIKASI</b>		
Medium Pendingin	Water	
Jumlah pendingin masuk (kj/jam)	3060288,475	
Massa Pendingin Dibutuhkan (kg/jam)	7302,215705	
Luas Perpindahan Panas (A) ft <sup>2</sup>	858,06	
<b>DIMENSI Cooler</b>		
	<b>Tube</b>	<b>Shell</b>
ID (in)	0,622	16
Passes	2	2
$\Delta P$ (psia)	0,081258607	0,004827872
OD (in)	1/2	
BWG	12	
Baffle Space (in)		8,2400
Susunan	Triangular Pitch	
Panjang (ft)	10	
Jumlah (tube)	677	
Harga	Rp760.447.842	

### 3.2.7. Heat Exchanger

#### Heat Exchanger-01 (HE-01)

Fungsi : untuk menaikkan temperature udara masuk dari 30°C sampai dengan 260°C.

Jenis : Shell and tube heat exchanger.

Jumlah : 1 unit

**Tabel 3. 9. Spesifikasi alat Heat Exchanger 01 (HE-01)**

Komponen	Shell Side (Udara)	Tube Side (Feed Gas)
Suhu Masuk (°C)	30	1050
Suhu Keluar (°C)	260	876
Massa (kg/jam)	48.332,424	53.158,2743
Tekanan (atm)	1	1
Pass	1	2
Outside Diameter (inch)	-	1,05
Inside Diameter (inch)	-	0,824
BWG gauge	-	12
Wall Thickness (m)	-	0,002725
Inside Diameter Shell (inc)	16	-
Tube Pitch (inch)	-	1,25
Panjang Tube (m)	-	1
Jumlah Tube	-	498
Harga	Rp3.905.467.424	

#### Heat Exchanger-02 (HE-02)

Fungsi : untuk menaikkan temperature feed gas dari 40,9°C sampai dengan 260°C.

Jenis : Shell and tube heat exchanger.

Jumlah : 1 unit

**Tabel 3. 10. Spesifikasi alat Heat Exchanger 02 (HE-02)**

<b>Komponen</b>	<b>Shell Side (Udara)</b>	<b>Tube Side (Feed Gas)</b>
Suhu Masuk (°C)	40,9	867,93
Suhu Keluar (°C)	260	849,84
Massa (kg/jam)	4.825,790	53.158,2743
Tekanan (atm)	1	1
Pass	1	2
Outside Diameter (inch)	-	1,05
Inside Diameter (inch)	-	0,824
BWG gauge	-	20
Wall Thickness (m)	-	0,000875
Inside Diameter Shell (inc)	16	-
Tube Pitch (inch)	-	1,25
Panjang Tube (m)	-	1
Jumlah Tube	-	151
Harga	Rp1.243.899.977	

**3.2.8. Extracooler**

**Extracooler-01 (IC-01)**

Fungsi : Untuk mendinginkan gas outlet R-01 dari suhu 540°C sampai dengan suhu 410°C.

Jenis : Double pipe heat exchanger.

Jumlah : 1 unit

**Tabel 3. 11. Spesifikasi alat Extracooler 01 (IC-01)**

<b>Komponen</b>	<b>Anulus (Refrigerant)</b>	<b>Inner Pipe (Feed Gas)</b>
Suhu Masuk (°F)	-27,99	1.004
Suhu Keluar (°F)	-27,99	770
Massa (lb/jam)	12.163,60	117.193,93
Tekanan (atm)	1	1
A aktual (ft2)	39	
Outside Diameter (inch)	6,625	4,5
Inside Diameter (inch)	6,065	4,028
Panjang Tube (ft)	12	
Hairpin (set)	-	2
Harga	Rp48.173.166	

**Extracooler-02 (IC-02)**

Fungsi : Untuk mendinginkan gas outlet R-02 dari suhu 490 °C sampai dengan suhu 410°C.

Jenis : Double pipe heat exchanger.

Jumlah : 1 unit

**Tabel 3. 12. Spesifikasi alat Extracooler 02 (IC-02)**

<b>Komponen</b>	<b>Anulus (Refrigerant)</b>	<b>Inner Pipe (Feed Gas)</b>
Suhu Masuk (°F)	-27,99	914
Suhu Keluar (°F)	-27,99	770
Massa (lb/jam)	10.691,40	117.193,93
Tekanan (atm)	1	1
A aktual (ft2)	36	
Outside Diameter (inch)	6,625	4,5
Inside Diameter (inch)	6,065	4,026
Panjang Tube (ft)	12	
Hairpin (set)	-	2
Harga	Rp46.452.696	

### 3.2.9. Blower

**Tabel 3. 13. Spesifikasi alat Blower 01-03**

	Blower-01	Blower-02	Blower-03
Kode	BL-01	BL-02	BL-03
fungsi	Untuk mengalirkan gas Udara dari lingkungan ke F-01 melewati HE-01	Untuk mengalirkan Feed ke F-01 melewati HE-02	Untuk mengalirkan Feed ke Cooler-01 melewati HE-01 dan HE-02
jenis	Blower Centrifugal	Blower Centrifugal	Blower Centrifugal
massa feed gas (kg/jam)	48332,48427	4825,79	53158,27427
power (Hp)	3	1/4	15
material	stainless stell SA-167 type 11 grade 316	stainless stell SA-167 type 11 grade 316	stainless stell SA-167 type 11 grade 316
harga	35774,4836	7178,432564	237241,3123

**Tabel 3. 14. Spesifikasi alat Blower 04-06**

	Blower-04	Blower-05	Blower-06
Kode	BL-03	BL-05	BL-06
fungsi	Untuk mengalirkan Feed ke R-01	Untuk mengalirkan Feed ke Cd-01 melewati Cooler 2	Untuk mengalirkan Feed ke Cd-01
jenis	Blower Centrifugal	Blower Centrifugal	Blower Centrifugal
massa feed gas (kg/jam)	53158,27427	53158,27427	53158,27427
power (Hp)	7 1/2	7 1/2	7 1/2
material	stainless stell SA-167 type 11 grade 316	stainless stell SA-167 type 11 grade 316	stainless stell SA-167 type 11 grade 316
harga	120268,1652	120268,1652	120268,1652

### 3.2.10. Pompa

**Tabel 3. 15. Spesifikasi alat Pompa**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Pompa</b>	
<b>Kode</b>	<b>P-01</b>	<b>P-02</b>
Fungsi	Mengalirkan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 98% dari SP-01 ke CL-03	Mengalirkan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 98% dari CL-03-01 ke TP-01
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	
Bahan	<i>Commercial Steel</i>	
Kapasitas	8503,920 L/Jam	8284,566 L/Jam
Jumlah	2	2
<b>Spesifikasi</b>		
Head (m)	3,190	3,181
NPS (in)	2,50	2,50
Sch.	40	40
OD (in)	2,875	2,875
ID (in)	2,469	2,469
Panjang ekuivalen (m)	17,498	17,498
BHP (Hp)	0,360	0,352
Efisiensi (I)	80%	80%
Daya motor (Hp)	1/2	1/2

## 3.3 Perencanaan Produksi

### 3.3.1 Kapasitas Perancangan

Pemilihan kapasitas perancangan pabrik Asam Sulfat ini didasarkan pada kebutuhan asam sulfat di Indonesia dan ketersediaan bahan baku. Sejalan kebutuhan asam sulfat pada industri-industri di Indonesia yang mengalami perkembangan. Diperkirakan kebutuhan asam sulfat juga akan meningkat di tahun-tahun mendatang. Untuk mengantisipasi hal tersebut,

maka ditetapkan kapasitas produksi pabrik yang akan didirikan sebesar 100.000 ton/tahun.

### **3.3.2 Analisis Kebutuhan Bahan Baku**

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada jumlah bahan baku yang tersedia di sekitar wilayah pabrik dibangun, serta ketentuan kapasitas bahan baku minimal. Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan dari bahan baku terhadap kapasitas pabrik. bahan baku Hidrogen Sulfida diperoleh dari PT. Indo Bharat Rayon yang tidak jauh dari pabrik.

### **3.3.3 Analisis Kebutuhan Peralatan Proses**

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses dan umur atau jam kerja peralatan dan perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik pembelian maupun perawatannya.

## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

Sebelum mendirikan pabrik, terdapat pertimbangan seperti tata letak peralatan dan fasilitas dalam rancangan pabrik merupakan syarat penting untuk memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik yang meliputi desain sarana perpipaan, fasilitas bangunan, jenis dan jumlah peralatan dan kelistrikan. Hal ini dapat memberikan informasi yang dapat dipercaya terhadap biaya pembangunan dan tempat sehingga diperoleh perhitungan biaya yang terperinci sebelum mendirikan pabrik.

#### **4.1. Lokasi pabrik**

Penentuan lokasi pabrik sangat penting, karena dapat menentukan kemajuan dan keberlangsungan dari suatu industri baik pada masa kini dan masa yang akan datang karena dapat berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi yang minimal serta mempertimbangkan faktor sosiologi dan budaya masyarakat di sekitar lokasi pabrik.

Susunan peralatan serta fasilitas dalam perancangan proses merupakan syarat dalam menentukan biaya perancangan sebelum mendirikan pabrik. Lokasi pabrik juga dapat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan. Banyak faktor dalam menentukan lokasi pabrik agar pada saat pabrik di bangun di lokasi yang sudah dipilih dapat memberikan keuntungan jangka panjang dan dapat memungkinkan untuk melakukan perluasan pabrik pada masa yang akan datang. Dengan adanya penentuan lokasi pabrik yang baik dan tepat akan menentukan beberapa hal, yaitu :

- a. Kemampuan untuk melayani konsumen dengan memuaskan.
- b. Kemampuan untuk mendapatkan bahan bahan mentah yang cukup dan kontinyu dengan harga yang layak dan memuaskan.
- c. Kemudahan untuk mendapatkan tenaga buruh yang cukup.
- d. Memungkinkan adanya perluasan pabrik di masa yang akan datang.

Oleh sebab itu, pemilihan lokasi berdirinya pabrik harus mempertimbangkan beberapa faktor, yaitu :

#### **A. Faktor primer**

Faktor primer, yaitu faktor yang secara langsung akan mempengaruhi tujuan utama dari pabrik yang meliputi : proses produksi dan distribusi produk. Menurut Peter dan Timmerhaus 2004, yang termasuk dalam faktor primer adalah :

1. Letak pasar

Pabrik yang didirikan dekat dengan pasar dapat lebih cepat melayani konsumen, dan biaya untuk mengangkut produk menjadi lebih rendah.

2. Letak sumber bahan baku

Pabrik yang akan didirikan harus memiliki letak yang strategis terhadap keberadaan sumber bahan baku (jarak dan kapasitas bahan baku) Hal ini dapat menjamin keberlangsungan bahan baku serta dapat mengurangi keterlambatan penyediaan bahan baku, dan akan lebih menguntungkan dalam menghemat waktu maupun biaya. Beberapa hal yang harus dipertimbangkan mengenai bahan baku yaitu :

- a. Lokasi sumber bahan baku.
- b. Kapasitas pabrik yang menyediakan bahan baku.
- c. Cara untuk mendapatkan bahan baku dan pengirimannya.

- d. Harga bahan baku serta biaya yang dibutuhkan untuk pengiriman.
  - e. Kemungkinan untuk mendapatkan sumber bahan baku yang lain.
3. Fasilitas pengangkutan/Transportasi

Pengangkutan juga merupakan salah satu faktor penting dalam pemilihan lokasi pabrik, karena kegiatan pengangkutan meliputi mengangkut dan memindahkan sampai pada tempat tujuan sehingga membutuhkan waktu dan biaya. Terdapat beberapa fasilitas pengangkutan yang dapat digunakan yaitu kereta api, truk/angkutan jalan raya, pengangkutan melalui air, dan pengangkutan melalui udara.

4. Tersedianya tenaga kerja

Dengan adanya ketersediaan tenaga kerja yang terlatih, pemilihan lokasi pabrik juga harus mempertimbangkan tersedianya tenaga kerja, dikarenakan di daerah setempat tidak selalu tersedia tenaga kerja yang sesuai dengan kualifikasinya. Apabila didatangkan dari daerah lain, maka diperlukan adanya peningkatan upah atau penyediaan fasilitas lainnya sebagai daya tarik.

5. Pembangkit tenaga listrik

Penggunaan tenaga listrik yang besar pada pabrik akan memilih lokasi pabrik yang dekat dengan sumber listrik.

## **B. Faktor Sekunder**

Faktor sekunder, merupakan faktor yang secara langsung akan mempengaruhi sarana yang meningkatkan kinerja dari manajemen pabrik, terdapat pada proses produksi dan kesejahteraan tenaga kerja. Faktor yang termasuk dalam faktor sekunder, yaitu :

1. Harga tanah dan gedung

Pemilihan harga tanah dan gedung yang lebih murah merupakan daya tarik tersendiri. Namun harus dipertimbangkan dengan rencana jangka panjang. Jika harga tanah mahal mungkin dapat diperoleh luas tanah yang terbatas, sehingga perlu dipertimbangkan untuk membuat bangunan bertingkat walaupun pembangunan gedungnya lebih mahal.

2. Kemungkinan perluasan

Pemilihan lokasi pabrik juga harus mempertimbangan ketersediaan luas tanah yang memungkinkan untuk dilakukan perluasan pabrik. Sehingga tidak akan mencari lokasi lain apabila dilakukan perluasan pabrik dimasa yang akan datang.

3. Fasilitas servis

Terutama untuk pabrik kimia yang relatif kecil harus mempertimbangkan ketersediaan fasilitas servis seperti : bengkel, rumah sakit, tempat ibadah, tempat kegiatan olahraga dan sebagainya.

4. Fasilitas finansial

Pemilihan lokasi pabrik juga harus mempertimbangkan fasilitas finansial guna menunjang perkembangan pabrik, misalnya adanya pasar modal, bursa, sumber-sumber modal, bank, koperasi simpan pinjam, dan lembaga keuangan lainnya.

5. Persediaan air

Apabila suatu pabrik memerlukan air yang banyak, maka lokasi pabrik harus didirikan dekat dengan sumber air, seperti sungai, danau, sumur (air tanah), waduk, dan air laut.

6. Peraturan daerah setempat

Pemilihan lokasi pabrik juga harus mempertimbangkan peraturan daerah setempat, sehingga setelah pabrik didirikan tidak menimbulkan masalah.

7. Masyarakat

Pemilihan lokasi pabrik juga harus mempertimbangkan sikap, tanggapan dari masyarakat setempat disekitar lokasi pembangunan pabrik. Sehingga keselamatan dan keamanan masyarakat sekitar pabrik dapat dijaga dengan baik.

8. Iklim di daerah lokasi

Suatu pabrik apabila ditinjau dari segi teknik, adakalanya membutuhkan kondisi operasi yang dipengaruhi oleh iklim, seperti kelembaban udara, panas matahari, dan sebagainya. Hal ini berhubungan dengan pengolahan, penyimpanan bahan baku ataupun produk. Faktor iklim juga dapat mempengaruhi gairah kerja dan moral para karyawan.

9. Keadaan tanah

Sifat – sifat tanah dan tempat pembangunan pabrik harus diketahui. Hal ini berfungsi sebagai rencana pondasi untuk perancangan alat dan bangunan atau fasilitas pabrik.

10. Perumahan atau mess

Pemilihan lokasi pabrik juga harus mempertimbangkan adanya sarana perumahan atau mess yang terletak di dekat lokasi pabrik.

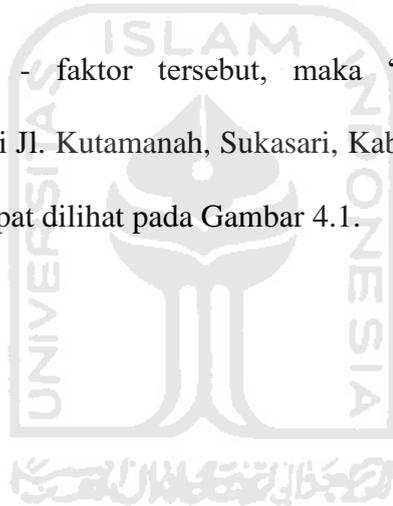
Sehingga karyawan pabrik yang berasal dari luar daerah dapat terjamin kehidupannya. Sehingga menjadi daya tarik bagi pekerja yang akan melamar di pabrik tersebut.

ll. Daerah pinggiran kota

Pemilihan lokasi pabrik dipinggiran kota dapat menjadi pilihan, karena dapat menimbulkan desentralisasi industri. Alasan lainnya yaitu

- a. Upah buruh relatif murah.
- b. Harga tanah lebih murah.
- c. Servis industri tidak terlalu jauh dari kota.

Berdasarkan faktor - faktor tersebut, maka “**Pabrik Asam Sulfat**” direncanakan berlokasi di Jl. Kutamanah, Sukasari, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat, Indonesia yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.





Dasar pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik adalah

a. Bahan baku

Pendirian pabrik di Puwakarta cocok dijadikan sebagai lokasi pabrik, dikarenakan di daerah Kabupaten Puwakarta banyak sekali pabrik - pabrik lain yang berdiri, dan letaknya dekat dengan lokasi salah satu bahan baku untuk membuat Asam Sulfat, yaitu Hidrogen sulfida. Hidrogen Sulfida dapat diperoleh dari PT. Indo Bharat Rayon yang terletak di Jl. INDUSTRI CILANGKAP, CILANGKAP, Kecamatan Babakancikao, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat.

b. Transportasi

Transportasi merupakan faktor penting yang harus diperhatikan, pembelian bahan baku dan penjualan produk dapat dilakukan melalui jalan laut, udara, maupun darat. Lokasi pabrik yang dipilih dalam rencana pendirian terletak di kawasan industri Cilangkap, yang di dekatnya terdapat sarana pelabuhan Tanjung Priuk untuk transportasi laut. Selain itu, fasilitas transportasi darat dari industri ke tempat sekitar juga sangat baik dan dekat dengan jalan utama, seperti contoh dekat dengan jalan tol Jakarta – Cikampek. Sehingga memudahkan untuk proses pemasaran produk.

c. Pemasaran

Lokasi pemilihan pabrik di Kabupaten Puwakarta akan memudahkan dalam pemasaran produk, dikarenakan kebutuhan Asam Sulfat sangat banyak sekali di Indonesia dan masih sedikit pabrik Asam Sulfat di Indonesia, serta banyak sekali pabrik – pabrik yang berdiri di daerah Jawa

Barat terkhusus Puwakarta, sehingga pemasaran produk ini cukup menguntungkan. Selain itu, daerah lokasi pabrik dekat dengan pelabuhan, sehingga mempermudah untuk melakukan ekspor.

d. Kebutuhan air

Air yang dibutuhkan dalam proses diambil dari Sungai Citarum yang mengalir di sekitar pabrik, dan juga terdapat banyak waduk, yang dapat digunakan untuk kebutuhan proses, kebutuhan utilitas, dan kebutuhan domestik pabrik.

e. Kebutuhan tenaga listrik dan bahan bakar

Daerah Puwakarta merupakan kawasan industri sehingga penyediaan bahan bakar dapat dipenuhi, sedangkan tenaga listrik diperoleh dari PLTA dan generator cadangan.

f. Tenaga kerja

Dengan banyaknya pabrik yang berdiri di Puwakarta menjadi daya tarik tersendiri bagi pelamar kerja. Sehingga kebutuhan tenaga kerja yang kompeten dapat terpenuhi.

g. Biaya tanah

Tanah yang tersedia untuk lokasi pabrik masih cukup luas dan dalam harga yang terjangkau.

h. Kondisi iklim dan cuaca

Seperti daerah lain di Indonesia, maka iklim di sekitar lokasi pabrik relatif stabil. Pada tengah tahun pertama mengalami musim kemarau dan tengah tahun berikutnya mengalami musim hujan. Walaupun demikian

perbedaan suhu yang terjadi relatif kecil. Sehingga para pekerja mudah beradaptasi dengan lingkungan disekitar lokasi pabrik.

i. Kemungkinan perluasan dan ekspansi

Lokasi pabrik yang dipilih di Kabupaten Puwakarta memiliki lahan kosong yang luas, sehingga ekspansi pabrik dimungkinkan karena tanah yang tersedia cukup luas dan di sekeliling lahan tersebut belum banyak berdiri pabrik serta tidak mengganggu pemukiman penduduk.

j. Sosial masyarakat

Di Puwakarta khususnya di Kabupaten Puwakarta merupakan salah satu lokasi yang memiliki banyak pabrik yang berdiri, sehingga sikap masyarakat daerah sekitar lebih mudah menerima keberadaan pabrik. Lokasi yang dipilih juga bukan merupakan lokasi yang padat dengan penduduk, sehingga keamanan dan kenyamanan masyarakat sekitar dapat dijaga dengan baik.

#### 4.2. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan perencanaan dan pengintegrasian aliran dari komponen – komponen produksi suatu pabrik. Dengan adanya perencanaan tata letak pabrik dapat menjamin kelancaran proses awal bahan baku hingga proses akhir menjadi produk, sehingga produksi menjadi baik dan efisien, serta menjaga keamanan dan keselamatan dari pabrik.

Perancangan tata letak pabrik yang rasional harus memasukkan unsur lahan proses, *storage* (persediaan) dan lahan *alternative* (*areal handling*)

dalam posisi yang efisien dan dengan memperhatikan faktor-faktor berikut ini (Peters, 1991):

1. Urutan proses produksi.
2. Pengembangan lokasi baru atau penambahan/perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa mendatang.
3. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, *steam* proses, tenaga listrik dan bahan baku.
4. Pemeliharaan dan perbaikan.
5. Keamanan (safety) terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
6. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
7. Fleksibilitas perancangan tata letak pabrik dengan melihat kemungkinan perubahan dari pros/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.
8. Penanganan pembuangan limbah cair.
9. Servis area, meliputi kantin, tempat parkir, ruang ibadah dan sebagainya diatur secara efisien agar tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Dengan mengatur tata letak pabrik yang baik maka akan memberikan keuntungan, seperti :

1. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga mengurangi proses material *handling*.

2. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga memudahkan dalam perbaikan mesin dan peralatan yang rusak.
3. Mengurangi biaya produksi.
4. Meningkatkan keselamatan kerja.
5. Meningkatkan pengawasan operasional dan proses agar berjalan lebih baik.

Berdasarkan faktor diatas, maka pengaturan tata letak pabrik Asam sulfat untuk penempatan bangunan dalam kawasan pabrik tersebut diantaranya :

1. Area Proses

Merupakan tempat proses produksi dietil eter berlangsung, area ini diletakkan pada lokasi yang memudahkan suplay bahan baku dari tempat penyimpanan produk serta mempermudah pengawasan dan perbaikan alat-alat.

2. Area Penyimpanan

Bahan baku serta produk yang dihasilkan, disimpan dalam area ini. Penyimpanan tersebut diletakkan di daerah yang mudah dijangkau oleh peralatan pengangkutan.

3. Area Utilitas / Sarana Penunjang

Area yang merupakan lokasi dari alat-alat penunjang produksi seperti air, tenaga listrik, pemanas, bahan bakar dan sarana pengolahan limbah.

4. Area Perkantoran

Merupakan pusat dari kegiatan administrasi pabrik untuk urusan-urusan dengan pihak-pihak luar maupun dalam pabrik.

#### 5. Area Laboratorium

Sebagai tempat melakukan penelitian dan pengembangan, serta sebagai tempat *quality control* produk maupun bahan baku.

#### 6. Fasilitas Umum

Seperti fasilitas umum pada biasanya yang terdiri dari kantin, lapangan parkir, klinik pengobatan serta tempat peribatan seperti mushola. Penempatan fasilitas ini bertujuan untuk memberi rasa nyaman kepada karyawan agar memanfaatkan fasilitas tersebut.

#### 7. Area Perluasan

Tujuan area ini adalah untuk kebutuhan pabrik dimasa mendatang, seperti halnya peningkatan kapasitas produksi akibat peningkatan produk.

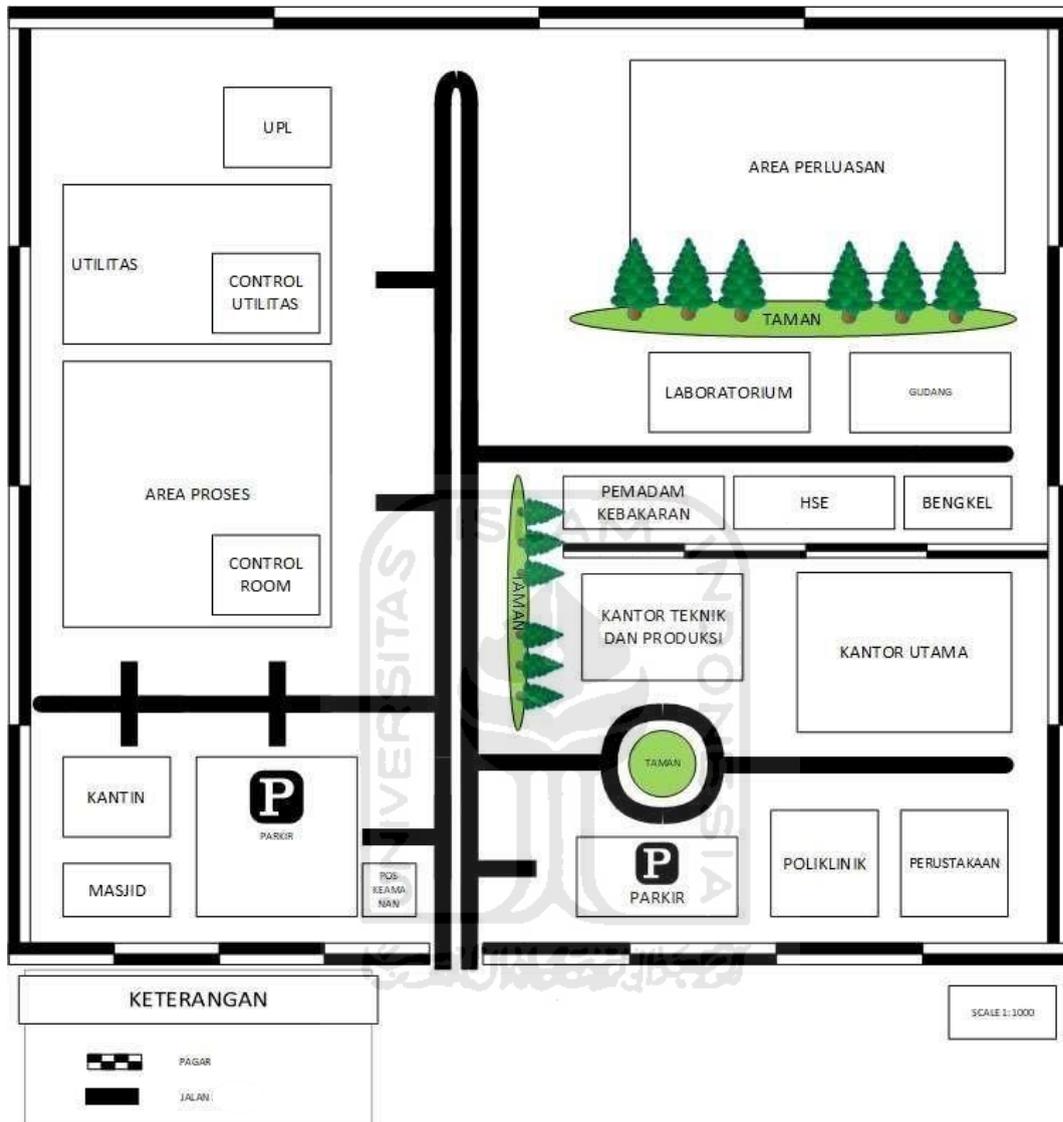
#### 8. Area Pemeliharaan dan Perawatan Pabrik

Kegiatan perawatan serta perbaikan peralatan sesuai kebutuhan pabrik dilakukan area ini. Area ini juga bisa disebut sebagai area perbengkelan (*maintenance*).

Pembangunan pabrik Asam sulfat direncanakan akan menggunakan areal seluas 26.141 m<sup>2</sup>. Adapun perinciannya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4. 1. Rician Luas Tanah**

No.	Lokasi	panjang, m	lebar, m	luas, m <sup>2</sup>
1	Area Proses	50	50	2500
2	Area Utilitas	50	30	1500
3	HSE	30	10	300
4	Bengkel	20	10	200
5	Gudang Peralatan	30	15	450
6	Kantin	20	15	300
7	Kantor Teknik dan Produksi	30	20	600
8	Kantor Utama	40	30	1200
9	Laboratorium	20	15	300
10	Parkir Utama	40	20	800
11	Parkir Truk	30	25	750
12	Perpustakaan	20	20	400
13	Poliklinik	20	20	400
14	Pos Keamanan	3	3	9
15	Control Room	20	15	300
16	Control Utilitas	20	15	300
17	Area Rumah Dinas	50	30	1500
18	Area Mess	60	30	1800
19	Masjid	20	10	200
20	Unit Pemadam Kebakaran	30	10	300
21	Unit Pengolahan Limbah	20	15	300
22	Taman 1	80	6	480
23	Taman 2	48	4	192
24	Taman 3	13	13	169
25	Jalan	1000	8	8000
26	Daerah Perluasan	70	40	2800
			371	
		<b>Luas Tanah</b>	<b>Luas Bangunan</b>	
	<b>Total</b>	<b>26141</b>	<b>14419</b>	<b>40560</b>



**Gambar 4. 2. Denah tata letak pabrik**

Gambar denah tata letak pabrik ini dibuat dengan skala 1 : 10 m.

#### **4.3. Tata Letak Mesin/Alat (*Machines*)**

Pemasangan alat-alat proses produksi harus diperhatikan terutama pada aliran bahan baku dan produk, lalu lintas alat berat dan jarak antar alat proses. Tujuannya agar kelancaran produksi, keamanan, dan keselamatan terjaga

sehingga dapat menekan biaya produksi dan meningkatkan keuntungan. Dalam perencanaan tata letak peralatan proses ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

#### 1. Aliran bahan baku dan produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Penempatan pipa juga perlu diperhatikan, dimana untuk pipa diatas tanah perlu dipasang pada ketinggian tiga meter atau lebih, sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas bekerja.

#### 2. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan di sekitar area proses diperhatikan supaya lancar. Hal ini bertujuan untuk menghindari stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya. Sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja, sehingga perlu juga diperhatikan hembusan angin.

#### 3. Pencahayaan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.

#### 4. Lalu lintas manusia

Dalam hal perancangan tata letak peralatan perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Jika

terjadi gangguan alat proses maka harus cepat diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

#### 5. Tata letak alat proses

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

#### 6. Jarak antara alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lain. Sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat proses lainnya.

#### 7. *Maintenance*

Maintenance berguna untuk menjaga sarana dan fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktivitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi bahan baku yang diharapkan.

### **4.4. Tata Letak Alat Proses**

Tata letak peralatan proses adalah tempat kedudukan dari alat-alat yang digunakan dalam proses produksi. Tata letak alat-alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga :

1. Kelancaran proses produksi lebih terjamin.
2. Dapat mengefektifkan penggunaan luas lantai.
3. Biaya material handling menjadi lebih rendah dan menyebabkan turunnya/terhindarnya pengeluaran untuk hal-hal yang tidak penting.

4. Jika tata letak peralatan diatur sesuai dengan urutan-urutan proses maka proses produksi akan lancar, sehingga perusahaan tidak perlu membeli alat angkut tambahan sehingga lebih efisien.
5. Karyawan mendapatkan kenyamanan dalam bekerja sehingga akan meningkatkan semangat kerja yang menyebabkan meningkatnya produktivitas kerja.

Hal yang harus diperhatikan juga :

1. Letak alat dalam ruangan yang cukup, sehingga tersedia ruang gerak untuk keperluan perawatan, perbaikan maupun penggantian alat.
2. Pengaturan tata letak diusahakan menurut urutan proses.
3. Penempatan alat control atau alat bantu pada alat maupun pipa aliran proses dapat terjangkau atau dapat terlihat jelas untuk pengawasan proses.

Faktor - faktor yang dipertimbangkan dalam penyusunan tata letak alat proses pabrik Asam Sulfat, yaitu :

1. Pertimbangan ekonomis

Biaya konstruksi diminimumkan dengan jalan menempatkan peralatan yang memberikan sistem pemipaan sependek mungkin diantara alat proses, sehingga akan mengurangi daya tekan alat terhadap bahan, akibatnya akan mengurangi biaya variable.

2. Kemudahan operasi

Letak tiap alat diusahakan agar dapat memberikan keleluasaan bergerak pada para pekerja dalam melaksanakan aktifitas produksi.

### 3. Kemudahan pemeliharaan

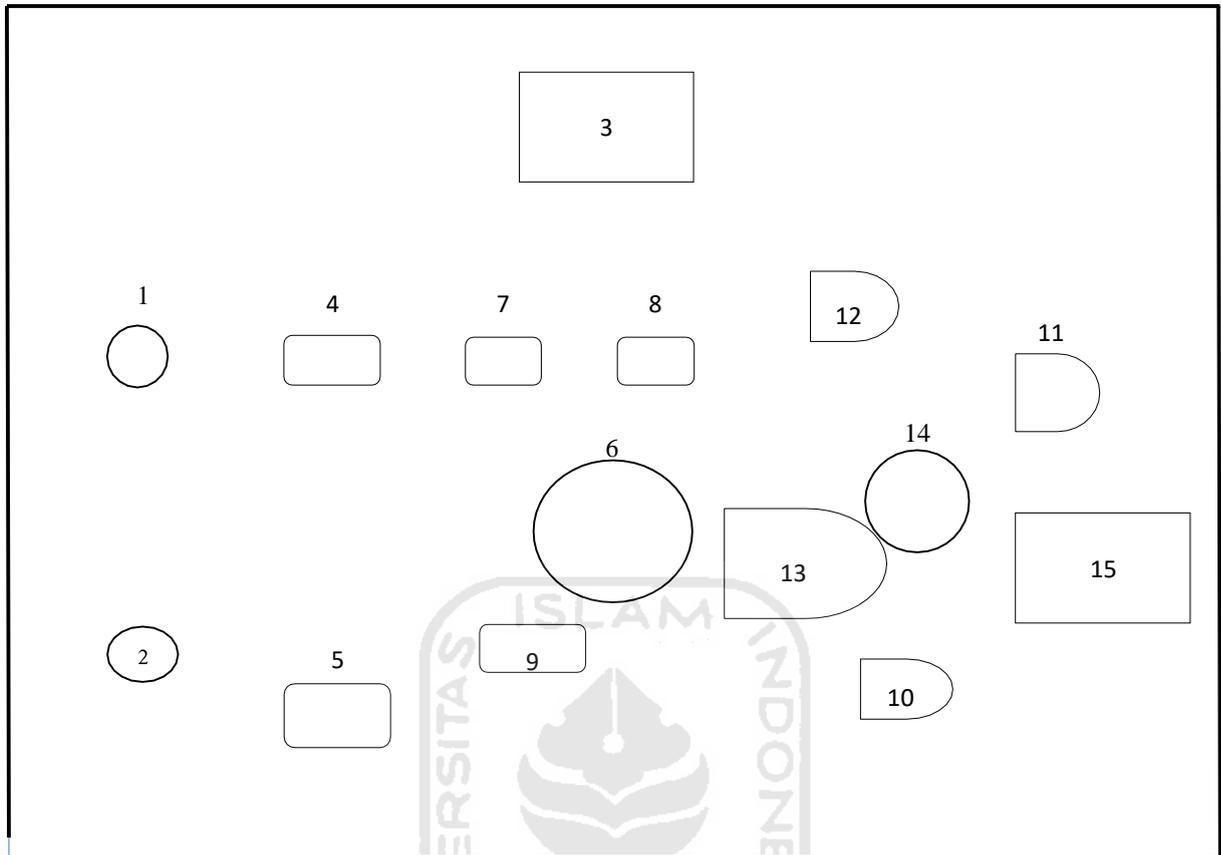
Kemudahan pemeliharaan alat juga dapat dipertimbangkan dalam penempatan alat-alat proses. Hal ini disebabkan karena pemeliharaan alat merupakan hal yang penting untuk menjaga alat beroperasi sebagaimana mestinya dan berumur panjang. Penempatan alat yang baik akan memberikan ruang gerak yang cukup untuk memperbaiki maupun untuk membersihkan peralatan.

### 4. Keamanan

Untuk alat-alat yang bersuhu tinggi diisolasi dengan bahan isolator, sehingga tidak membahayakan pekerja. Selain itu perlu disediakan pintu keluar darurat sehingga memudahkan para pekerja untuk menyelamatkan diri jika terjadi sesuatu yang tidak diinginkan.

### 5. Perluasan dan Pengembangan Pabrik

Setiap pabrik yang didirikan diharapkan dapat berkembang dengan penambahan unit sehingga diperlukan susunan pabrik yang memungkinkan adanya perluasan.



**Gambar 4. 3. Tata Letak Alat Proses Pabrik**

Skala tata letak alat proses 1 : 100 cm

Keterangan:

- 1 : Blower (B-01)
- 2 : Blower (B-02)
- 3 : Furnace (F-01)
- 4 : Heat Exchanger (HE-01)
- 5 : Heat Exchanger (HE-02)
- 6 : Reaktor Multibed (R-01)

- 7 : Intercooler (IC-01)
- 8 : Intercooler (IC-02)
- 9 : Cooler (C-01)
- 10 : Cooler (C-02)
- 11 : Cooler (C-03)
- 12 : Cooler (C-04)
- 13 : Condenser (CD-01)
- 14 : Separator (SP-01)
- 15 : Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (T-01)

#### 4.5. Aliran Proses dan Material

##### 4.5.1. Neraca Massa Alat

##### 1. Neraca Massa Furnace (F-01)

**Tabel 4. 2. Neraca Massa Furnace (F-01)**

Komponen	Massa Input (Kg/jam)	Massa Output (Kg/jam)
	Arus 1	Arus 3
Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S)	4.688,940	0,000
Karbon Disulfida (CS <sub>2</sub> )	5,17	0,000
Air (H <sub>2</sub> O)	7,38	2.507,267
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	37.115,334	37.115,334
Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	0,090	73,329
Metana (CH <sub>4</sub> )	5,270	0,000
Hidrogen (H <sub>2</sub> )	1,050	0,000
Karbonil Sulfida (COS)	76,160	0,000
Oksigen (O <sub>2</sub> )	11.258,881	4.558,251
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	0,000	8.904,093
<b>Total</b>	<b>53.158,274</b>	<b>53.158,274</b>

## 2. Neraca Massa Reaktor (R-01)

**Tabel 4. 3. Neraca Massa Reaktor (R-01)**

Komponen	Massa Input (Kg/jam)	Massa Output (Kg/jam)
	Arus 3	Arus 6
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	8.904	447,943
Air (H <sub>2</sub> O)	2.507	2.507
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	37.115	37.115
Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	73,329	73,329
Oksigen (O <sub>2</sub> )	4.558	2.446
Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	0,000	10.568
<b>Total</b>	<b>53.158</b>	<b>53.158</b>

## 3. Neraca Massa Cooler (C-02)

**Tabel 4. 4. Neraca Massa Cooler-02**

Komponen	Massa Input (Kg/jam)	Massa Output (Kg/jam)
	Arus 6	Arus 7
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	447,943	447,943
Air (H <sub>2</sub> O)	2.507	1.746
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	37.115	37.115
Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	73,329	73,329
Oksigen (O <sub>2</sub> )	2.446	2.446
Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	10.568	7.186
Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	0,000	4.142
<b>Total</b>	<b>53.158</b>	<b>53.158</b>

#### 4. Neraca Massa Condenser (CD-01)

**Tabel 4. 5. Neraca Massa Condenser (CD-01)**

Komponen	Massa Input (Kg/jam)	Massa Output (Kg/jam)
	Arus 7	Arus 8
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	447,943	447,943
Air (H <sub>2</sub> O)	1.746	290,984
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	37.115	37.115
Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	73,329	73,329
Oksigen (O <sub>2</sub> )	2.446	2.446
Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	7.186	718,626
Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	4.142	12.065
<b>Total</b>	<b>53.158</b>	<b>53.158</b>

#### 5. Neraca Massa Separator (SP-01)

**Tabel 4. 6. Neraca Massa Separator (SP-01)**

Komponen	Massa Input (Kg/jam)	Massa Output (Kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	447,943	447,943	0,000
Air (H <sub>2</sub> O)	290,984	0,000	290,984
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	37.115	37.115	0,000
Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	73,329	73,329	0,000
Oksigen (O <sub>2</sub> )	2.446	2.446	0,000
Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	718,626	652,575	66,051
Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	12.065	0,000	12.065
<b>Total</b>	<b>53.158</b>	<b>40.296</b>	<b>12.681</b>
	<b>53.158</b>	<b>53.158</b>	

#### 4.5.2. Neraca Energi Alat

##### 1. Neraca Energi Furnace (F-01)

**Tabel 4. 7. Neraca Energi Furnace (F-01)**

Komponen	QInput (Kj/jam)	Output (Kj/jam)
	Arus 1	Arus 3
Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S)	1.159.930	0,000
Karbon Disulfida (CS <sub>2</sub> )	796,787	0,000
Air (H <sub>2</sub> O)	3.319	5.564.592
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	9.132.716	42.052.898
Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	20,113	85.252
Metana (CH <sub>4</sub> )	3.230	0,000
Hidrogen (H <sub>2</sub> )	3.563	0,000
Karbonil Sulfida (COS)	13.660	0,000
Oksigen (O <sub>2</sub> )	2.510.080	4.869.340
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	0,000	7.276.701
QPemanas	47.021.467	0,000
<b>Total</b>	<b>59.848.786</b>	<b>59.848.786</b>

## 2. Neraca Energi Cooler (C-01)

**Tabel 4. 8. Neraca Energi Cooler (C-01)**

Komponen	QInput (Kj/jam)	Qoutput (Kj/jam)
	Arus 3	Arus 3
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	5.724.138	2.450.042
Air (H <sub>2</sub> O)	4.338.438	1.887.228
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	33.363.593	15.092.110
Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	66.390	28.076
Oksigen (O <sub>2</sub> )	3.850.513	1.701.416
QPendingin	0,000	26.184.201
<b>Total</b>	<b>47.343.075</b>	<b>47.343.075</b>

## 3. Neraca Energi Reaktor (R-01)

**Tabel 4. 9. Neraca Energi Reaktor (R-01)**

Komponen	QInput (Kj/jam)	Qoutput (Kj/jam)
	Arus 3	Arus 6
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	1.423.837	23.039
Air (H <sub>2</sub> O)	212.032	2.201.440
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	1.585.333	17.512.359
Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	22.325.606	32.978
Oksigen (O <sub>2</sub> )	19.900	1.023.587
Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	2.928.684	3.858.672
QPendingin		1.407
<b>Total</b>	<b>24.650.670</b>	<b>24.650.670</b>

#### 4. Neraca Energi Cooler (C-02)

**Tabel 4. 10. Neraca Energi Cooler (C-02)**

Komponen	QInput (Kj/jam)		Qoutput (Kj/jam)	
	Arus 6		Arus 7	
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	23.039		12.244	
Air (H <sub>2</sub> O)	2.201.440		821.045	
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	17.512.359		9.723.241	
Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	32.978		17.517	
Oksigen (O <sub>2</sub> )	1.023.587		559.102	
Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	3.858.672		1.370.884	
Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	0,000		1.081.985	
QPendingin			11.074.672	
<b>Total</b>	<b>24.652.078</b>		<b>24.652.078</b>	

#### 5. Neraca Energi Condenser (CD-01)

**Tabel 4. 11. Neraca Energi Condenser (CD-01)**

Komponen	QInput (Kj/jam)		Qoutput (Kj/jam)	
	Arus 7		Arus 8	
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	12.244		3.016	
Air (H <sub>2</sub> O)	821.045		64.261	
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	9.723.241		3.088.299	
Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	17.517		5.284	
Oksigen (O <sub>2</sub> )	559.102		174.842	
Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	1.370.884		36.612	
Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	1.081.985		773.714	
H Kondensasi	7.000.528		0,000	
Q Pendingin	0,000		16.422.421	
<b>Total</b>	<b>20.586.646</b>		<b>20.586.646</b>	

## 6. Neraca Energi Separator (SP-01)

**Tabel 4. 12. Neraca Energi Separator (SP-01)**

Komponen	QInput (Kj/jam)	Qoutput (Kj/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	3.016	3.016	0,000
Air (H <sub>2</sub> O)	64.261	0,000	64.261
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	3.088.299	3.088.299	0,000
Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	5.284	5.284	0,000
Oksigen (O <sub>2</sub> )	174.842	174.842	0,000
Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	54.804	36.612	64.261
Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	773.714	0,000	773.714
<b>Total</b>	4.164.225	3.308.056	856.168
	<b>4.164.225</b>	<b>4.164.225</b>	

## 7. Neraca Energi Cooler 3 (C-03)

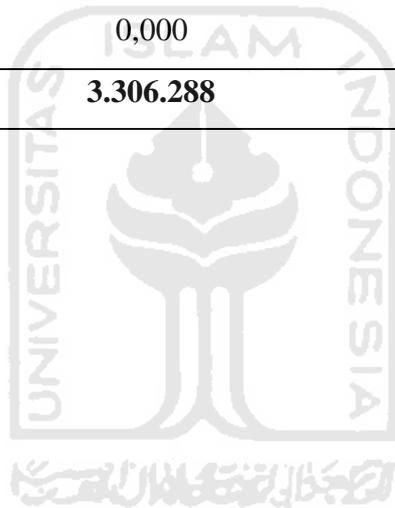
**Tabel 4. 13. Neraca Energi Cooler 3 (C-03)**

Komponen	QInput (Kj/jam)	Qoutput (Kj/jam)
	Arus 10	Arus 10
Air (H <sub>2</sub> O)	64.261	344,856
Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	64.261	139,236
Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	773.714	108.073
QPendingin	0,000	747.610
<b>Total</b>	<b>856.168</b>	<b>856.168</b>

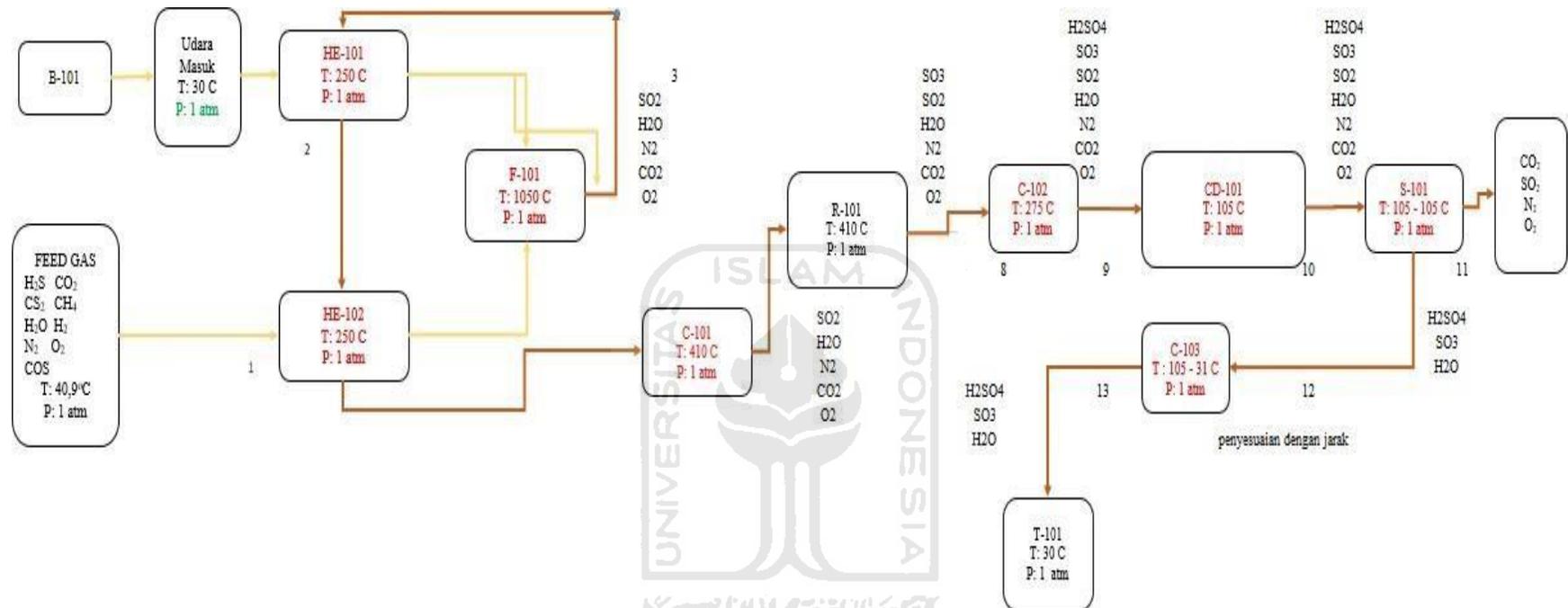
## 8. Neraca Energi Cooler 4 (C-04)

Tabel 4. 14. Neraca Energi Cooler 4 (C-04)

Komponen	QInput (Kj/jam)	Qoutput (Kj/jam)
	Arus 8	Arus 9
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	3.16,774	267,408
Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	36.316	2.616
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	3.308.299	231.528
Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	5.284	384,879
Oksigen (O <sub>2</sub> )	174.842,	12.970
Qpendingin	0,000	3.062.904
<b>Total</b>	<b>3.306.288</b>	<b>3.306.288</b>

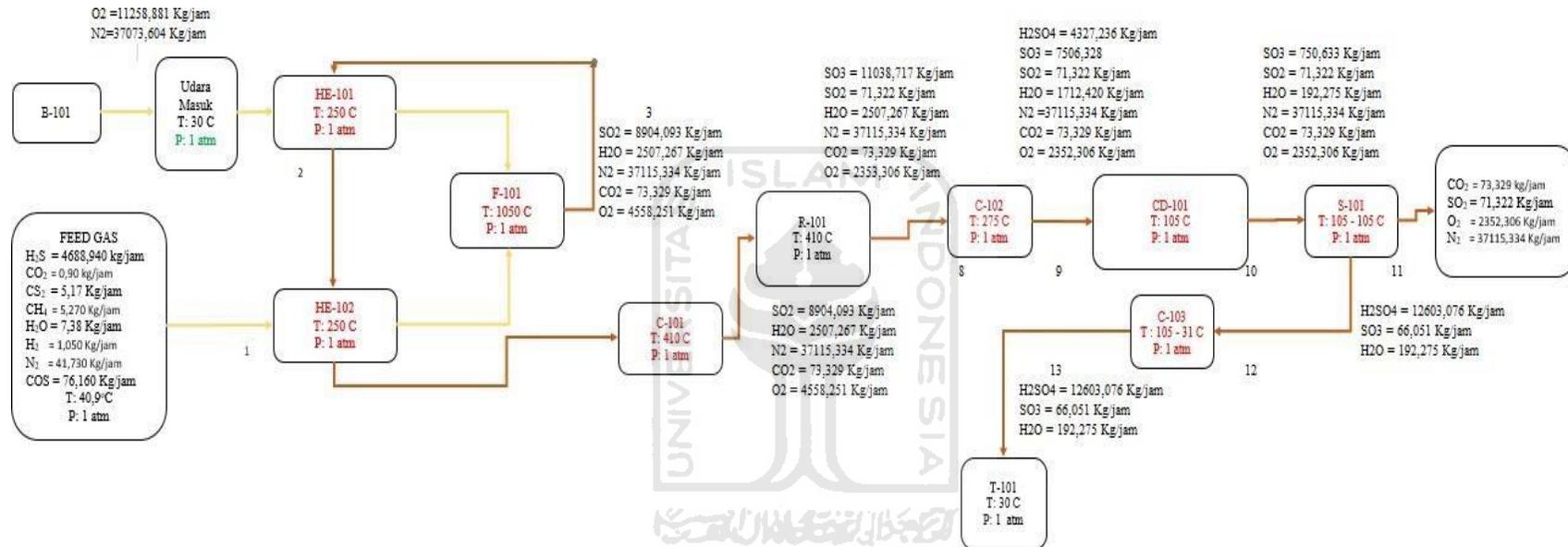


### 4.4.3. Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4. 4. Diagram Alir Kualitatif

#### 4.4.4. Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4. 5. Diagram Alir Kuantitatif.

#### 4.5. Perawatan (*Maintenance*)

Maintenance berguna untuk menjaga sarana maupun fasilitas peralatan yang ada di pabrik dengan cara memelihara dan memperbaiki alat agar proses produksi dapat berjalan lancar dan produktivitas menjadi tinggi sehingga dapat produksi dapat mencapai target dan produk yang dihasilkan memenuhi spesifikasi yang diharapkan.

Untuk menjaga alat agar tetap bersih dan terhindar dari kerusakan, maka dilakukan tindakan perawatan preventif yang dilakukan setiap hari. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan prosedur yang ada. Proses penjadwalan perawatan preventif dibuat sedemikian rupa sehingga masing-masing alat mendapatkan perawatan secara bergantian. Alat-alat produksi beroperasi secara kontinyu dan akan berhenti jika mengalami kerusakan.

Perawatan alat-alat proses dilakukan sesuai prosedur yang tepat. Adapun perawatan mesin tiap-tiap alat meliputi :

1. *Overhead* 1 x 1 tahun

Proses perawatan ini merupakan perbaikan dan pengecekan serta leveling alat secara menyeluruh meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang mengalami kerusakan untuk dikembalikan ke kondisi seperti semula.

## 2. *Repairing*

Proses ini merupakan proses *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat. Biasanya dilakukan setelah pemeriksaan. Faktor yang mempengaruhi *maintenance* :

### a. Umur alat

Semakin bertambah usia umur suatu alat, semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan agar alat tersebut tetap optimal dalam bekerja. Sehingga menyebabkan bertambahnya biaya untuk perawatan.

### b. Bahan baku

Pemilihan kualitas bahan baku sangat mempengaruhi kinerja dari alat. Bahan baku yang memiliki kualitas yang kurang dapat menyebabkan kerusakan pada alat sehingga diperlukan adanya pembersihan pada alat.

### c. Tenaga manusia

Dengan memanfaatkan tenaga kerja yang kompeten maka akan menghasilkan pekerjaan yang baik pula, sehingga dapat meminimalisir terjadinya kerusakan pada alat proses.

## 4.6. Pelayanana Teknik (Utilitas)

Utilitas adalah sekumpulan unit-unit atau bagian dari sebuah pabrik kimia yang berfungsi untuk menyediakan kebutuhan penunjang proses produksi. Unit utilitas keberadaannya sangat penting dan harus ada dalam perancangan suatu pabrik. Unit utilitas pabrik tidak semuanya sama, semua tergantung dari

beberapa faktor, diantaranya karakteristik proses produksi, kompleksitas proses produksi, proses-proses penunjang yang ada di dalam pabrik dan jenis produk yang dihasilkan. Unit pendukung proses (unit utilitas) yang tersedia dalam perancangan pabrik Asam Sulfat ini terdiri dari:

1. Unit pengolahan air

Unit ini berfungsi menyediakan air pendingin, air umpan boiler dan air sanitasi untuk air perkantoran dan air untuk perumahan.

2. Unit penyediaan listrik

Unit ini berfungsi menyediakan tenaga penggerak untuk peralatan proses, keperluan pengolahan air, peralatan-peralatan elektronik atau listrik AC, dan penerangan. Listrik diperoleh dari PLN dan Generator Set sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan.

3. Unit penyediaan bahan bakar

Unit ini berfungsi menyediakan bahan bakar untuk Furnace dan Generator.

4. Unit penyediaan udara tekan

Unit ini berfungsi menyediakan udara tekan untuk menjalankan sistem instrumentasi. Udara tekan diperlukan untuk alat kontrol pneumatik.

#### **4.6.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air**

Dalam memenuhi kebutuhan air suatu pabrik, air yang digunakan pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau, dan air laut. Suatu pabrik sangat membutuhkan sistem penyediaan air untuk keberlangsungan

pabriknya. Adapun unsur-unsur yang membentuk suatu system penyediaan air meliputi :

1. Sumber pengadaan air

Sumber pengadaan air untuk industri dapat diperoleh dari berbagai sumber, seperti sungai, danau, waduk, sumber air tanah (sumur) ataupun air laut.

2. Sarana penampungan

Untuk menunjang terpenuhinya kebutuhan air, maka diperlukan adanya sarana penampungan air. Biasanya letak penampungan air diletakkan didekat sumber penyediannya.

3. Sarana penyaluran

Untuk menyalurkan air menuju sarana pengolahan, maka diperlukan adanya sarana penyaluran.

4. Sarana pengolahan

Karena air yang didapat dari sumbernya belum dapat digunakan secara langsung, maka diperlukan sarana pengolahan agar mutu air sesuai dengan ketentuan.

5. Sarana penyaluran (dari pengolahan)

Sarana ini berfungsi untuk menyalurkan air yang sudah diolah menuju sarana-sarana penampungan sementara serta kesatu atau beberapa titik distribusi.

## 6. Sarana-sarana distribusi

Untuk membagikan air yang sudah diolah ke berbagai unit, maka diperlukan adanya sarana distribusi.

Air yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air dalam operasional pada prarancangan pabrik Asam Sulfat yaitu air yang berasal dari Sungai Citarum yang terletak di Kabupaten Puwakarta dan masih mengandung pasir, mineral-mineral, ion-ion, dan kotoran yang harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan. Pengolahan air ini bertujuan untuk menjaga alat - alat proses agar tidak cepat rusak serta menjaga adanya kontaminan yang akan menyebabkan reaksi antara reaktan-reaktan yang terdapat dalam proses. Pemilihan air sungai memiliki pertimbangan sebagai berikut :

1. Air sungai relatif lebih mudah pengolahannya, sederhana dan biayanya lebih murah dibandingkan dengan pengolahan air laut yang lebih rumit dan biayanya lebih mahal.
2. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya tinggi sehingga persediaan air tercukupi.
3. Jumlah persediaan air sungai lebih banyak dibandingkan dengan air sumur.
4. Letak sungai berada didekat lokasi pabrik.

Proses penyediaan air untuk pabrik Asam Sulfat terdiri dari beberapa langkah, yaitu :

1. Pengadaan air
  - a. Air pendingin

Sumber air yang sudah diolah agar kualitas airnya sesuai dengan syarat air pendingin. Faktor-faktornya sebagai berikut:

1. Air dapat diperoleh dengan jumlah yang banyak.
2. Mudah untuk diolah dan diatur.
3. Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
4. Tidak mudah terdekomposisi

b. Air Sanitasi

Untuk memenuhi keperluan perumahan, perkantoran, laboratorium, masjid dan lainnya diperlukan air sanitasi. Air yang memenuhi kualitas sebagai air sanitasi memiliki syarat sebagai berikut :

1. Syarat fisik yang meliputi :

- Suhu : dibawah suhu udara
- Warna : jernih
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau

2. Syarat kimia yang meliputi :

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlaru di dalam air.
- Tidak mengandung bakteri.

#### 4.6.2. Unit Pengolahan Air

Air yang berasal dari Sungai Citarum akan diolah di unit pengolahan air dengan tahapan pengolahan sebagai berikut :

##### 1. Penyaringan Kasar

Air dari Sungai Citarum akan dilakukan penyaringan terlebih dahulu agar kandungan padatan seperti sampah, daun, plastik dan lainnya yang terbawa oleh air dapat terpisah.

##### 2. Clarifier

Sumber air yang diperoleh dari sungai Citarum yang terletak di dekat lokasi pabrik akan diolah terlebih dahulu agar spesifikasinya sesuai dengan ketentuan. Adapun pengolahan air tersebut meliputi pengolahan secara fisika dan kimia, penambahan *desinfektan* maupun dengan penggunaan *ion exchanger*.

Langkah pertama yaitu raw water diumpankan ke dalam tangki kemudian diaduk dengan putaran tinggi sambil menginjeksikan bahan-bahan kimia yang terdiri dari :

- a.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  yang berfungsi sebagai flokulan
- b.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang berfungsi sebagai flokulan

Kemudian air baku dimasukkan ke dalam clarifier agar lumpur dan partikel padat lainnya yang terganggu dapat mengendap dengan cara menginjeksikan alum ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ), koagulan acid sebagai pembantu pembentuk flok dan NaOH sebagai pengatur pH. Air baku ini akan masuk ke clarifier melalui bagian tengah dan diaduk menggunakan

agitator. Kemudian air bersih akan keluar dari pinggi *clarifier* secara *overflow*, sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan akan di *blowdown* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang sebelum masuk *clarifier* memiliki nilai *turbidity* sekitar 42 ppm diharapkan akan turun menjadi lebih kecil dari 10 ppm setelah keluar dari *clarifier*.

### 3. Penyaringan

Air keluaran dari *clarifier* kemudian dialirkan menuju *sand filter* yang berperan untuk memisahkan partikel-partikel solid yang masih lolos atau terbawa air dari *clarifier*. Air yang keluar dari *sand filter* akan memiliki nilai *turbidity* kira-kira 2 ppm, kemudian akan dialirkan ke dalam tangki penampungan (*filter water reservoir*).

Air bersih yang sudah ditampung di tangki penampungan, kemudian didistribusikan ke menara air dan unit demineralisasi. Untuk memaksimalkan kerja *sand filter* dalam proses penyaringan, maka diperlukan regenerasi secara periodik dengan cara *back washing*.

### 4.6.3. Kebutuhan Air

#### 1. Kebutuhan air pendingin

**Tabel 4. 15. Kebutuhan Air Pendingin**

Alat	Kode alat	Kebutuhan Air (Kg/Jam)
Condenser-01	CD-01	39.185,87
Cooler-03	CL-03	1.783,89
Cooler-04	CL-04	7.302,22
<b>Total</b>		<b>48.271,98</b>

Perancangan dibuat overdesign sebesar 20%, sehingga kebutuhan air pendingin menjadi 57.926,371 kg/jam.

#### 2. Kebutuhan air domestik

Total kebutuhan air untuk 1 orang menurut standar WHO adalah 100 – 120 liter/hari. Kebutuhan air untuk setiap karyawan adalah sebesar 4,0735 kg/jam. Jumlah karyawan yang bekerja di pabrik Asam Sulfat sebanyak 150 orang. Sehingga total kebutuhan air karyawan sebesar 639 kg/jam. Pabrik berencana mendirikan mess sebanyak 20 rumah dan perkiraan kebutuhan air yang diperlukan untuk mess sebesar 3333 kg/jam. Sehingga total kebutuhan air domestik sebesar 3973 kg/jam.

#### 3. Kebutuhan air *service water*

Perkiraan kebutuhan air yang digunakan untuk pemakaian layanan umum (*service water*) sebesar 700 kg/jam.

#### 4.6.4. Unit Penyedia *Refigerrant* NH<sub>3</sub>

Untuk mendinginkan *Cooler* (C-101); *Cooler* (C-102) dan Reaktor (R-101) menggunakan pendingin jenis *Refigerrant* NH<sub>3</sub>. Alasan dipilihnya pendingin jenis *Refigerrant* NH<sub>3</sub> yaitu jenis pendingin ini mampu bekerja pada suhu tinggi. Apabila menggunakan air pendingin biasa untuk menurunkan suhu *Cooler* (C-101) maka proses pendinginan akan menjadi tidak efektif. Hal ini disebabkan air pendingin pada saat proses pendinginan dimungkinkan ikut menjadi panas dan menguap sebagian terlebih dahulu sebelum proses pendinginan berakhir. Sehingga pemilihan jenis pendingin yang digunakan memiliki sifat fisik dan kimia yang lebih ringan dan dapat bertahan pada suhu tinggi.

*Refigerrant* NH<sub>3</sub> yang akan digunakan yaitu dalam fase gas dikarenakan pertimbangan ekonomis seperti jenis *Refigerrant* ini yang mudah ditemukan dipasaran dalam fase gas. Suhu *Refigerrant* NH<sub>3</sub> yang digunakan pada proses pendinginan ini yaitu pada suhu input -33,33 °C dan outputnya -33,33 °C dikarenakan saturated maka dari itu suhu outputnya tidak berubah. Jumlah *Refigerrant* NH<sub>3</sub> yang dibutuhkan untuk mendinginkan *Cooler* (C-101) sebesar 15.450,07 kg/jam, sedangkan untuk mendinginkan Reaktor (R-101) membutuhkan *Refigerrant* NH<sub>3</sub> sebesar 10.353,25 kg/jam, dan untuk mendinginkan *Cooler* (C-102) sebesar 8.083,51 kg/jam.

#### 4.6.6. Unit Pembangkit Listrik (Power Plant System)

Unit pembangkit listrik berfungsi untuk menyediakan kebutuhan listrik pabrik yang meliputi peralatan proses, peralatan utilitas, dan kebutuhan perkantoran. Adapun rincian dari kebutuhan listrik adalah sebagai berikut :

##### 1. Kebutuhan Listrik Proses

- Alat utilitas

**Tabel 4. 16. Kebutuhan Listrik Alat Utilitas**

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	BU-01	2,0000	1.491
Blower Cooling Tower	BL-01	3,000	2237
Kompresor Udara	CP-01	7,5000	5.592
Pompa-01	PU-01	7,500	5.592
Pompa-02	PU-02	7,500	5.592
Pompa-03	PU-03	7,500	5.592
Pompa-04	PU-04	0,050	37,285
Pompa-05	PU-05	30,000	22.371
Pompa-06	PU-06	7,500	5.592
Pompa-07	PU-07	2,000	1.491
Pompa-08	PU-08	3,000	2.237
Pompa-09	PU-09	2,000	1.491
Pompa-10	PU-10	0,050	37,285
Pompa-11	PU-11	0,500	372,850
Pompa-12	PU-12	0,500	372,850
Pompa-13	PU-13	0,083	61,893
Pompa-14	PU-14	0,083	61,893
Pompa-15	PU-15	1,500	1.118
Pompa-16	PU-16	1,000	745,700
<b>Total</b>		<b>83,266</b>	<b>62.091</b>

- Alat Proses

**Tabel 4. 17. Kebutuhan Listrik Peralatan Proses**

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa-01	P-01	0,500	372,850
Pompa-02	P-02	0,500	372,850
Blower-01	BL-01	3,000	2.237
Blower-02	BL-02	0,250	186,425
Blower-03	BL-03	15,000	11.185
Blower-04	BL-04	7,500	5.592
Blower-05	BL-05	7,500	5.592
Blower-06	BL-06	7,500	5.592
<b>Total</b>			<b>31.132</b>

## 2. Kebutuhan listrik lainnya

Kebutuhan listrik untuk AC dan penerangan masing-masing sebesar 20 kW dan 150 kW. Sedangkan kebutuhan listrik untuk laboratorium dan bengkel diperkirakan sebesar 100 kW dan listrik untuk instrumentasi sebesar 30 kW.

Kebutuhan listrik secara keseluruhan yang ada di pabrik mencapai 393 kW diperoleh dari dua sumber yaitu Perusahaan Listrik Nasional (PLN) dan generator. Generator berfungsi untuk tenaga cadangan ketika

PLN terjadi gangguan dan untuk menggerakkan alat-alat seperti pengaduk dan sejumlah pompa.

Generator beroperasi menggunakan solar dan udara yang di tekan untuk menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan akan digunakan untuk memutar poros engkol sehingga generator dapat menghasilkan listrik, kemudian listrik tersebut didistribusikan menggunakan panel. Energi listrik dari generator digunakan sebagai sumber utama untuk menggerakkan alat proses.

Berikut adalah spesifikasi generator yang digunakan :

Kapasitas	: 1600 kW
Jenis	: AC Generator
Tegangan	: 220/360
Jumlah	1

#### 4.6.7. Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control* . Udara tekan dipilih memiliki tekanan 6 bar dan suhu 30°C. Adapun jumlah alat kontrol sebanyak 40 buah dengan total kebutuhan udara tekan keseluruhan sebesar 68 m<sup>3</sup>/jam. Kebutuhan udara tekan diperoleh dari kompresor yang dilengkapi dengan dryer yang berisi *silica gel*.

Spesifikasi kompresor yang dibutuhkan :

Kode	: KU-01
Fungsi	: mengompres udara menjadi udara bertekanan
Jenis	: <i>Single Stage Reciprocating Compressor</i>

Jumlah	: 1
Kapasitas	: 56 m <sup>3</sup> /jam
Tekanan suction	: 1 atm
Tekanan discharge	: 6 atm
Suhu udara	: 30°C
Efisiensi	: 85%
Daya kompresor	: 7,5 Hp

#### **4.6.8. Unit Penyedia Bahan Bakar**

Unit penyedia bahan bakar berfungsi untuk menyediakan bahan bakar yang diperlukan untuk proses pembakaran pada *Furnace*. Bahan bakar yang digunakan untuk *Furnace* dan generator yaitu solar. Solar memiliki *heating value* sebesar 35.677 – 36.235 kJ/liter. Adapun jumlah kebutuhan solar sebanyak 655,33 kg/jam dan juga kebutuhan batubara sejumlah 1.488,331 kg/jam.

#### **3.6.9 Unit Pengolahan Limbah**

Gas-gas keluaran proses industri harus disesuaikan dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Menurut peraturan pemerintah Republik Indonesia No, 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, baku mutu udara ambien adalah sebagai berikut.

**Tabel 4. 18. Standar baku mutu PP No.41 Tahun 1999**

Komponen	Standar
SO <sub>2</sub>	60µg/Nm <sup>3</sup> untuk pengukuran 1 tahun
Karbon Monoksida (CO)	10.000 µg/Nm <sup>3</sup> untuk pengukuran 24 jam
Indeks Sulfat	1 mg SO <sub>3</sub> / 100 cm <sup>3</sup> dari Lead Peroksida untuk pengukuran 30 hari

Hasil gas keluaran pabrik ini terdiri dari SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, dan SO<sub>3</sub> dan hasil kadar Pabrik Asam Sulfat sebagai berikut.

**Tabel 4. 19. Kadar Baku mutu Pabrik Asam Sulfat**

Senyawa	Kadar (µg/Nm <sup>3</sup> )	Standar PP No.41 Th.1999 (µg/Nm <sup>3</sup> )	Spesifikasi
SO <sub>2</sub>	0,196	60	<--Memenuhi
CO <sub>2</sub>	0,202	10.000	<--Memenuhi
SO <sub>3</sub>	2,049	1E+11	<--Memenuhi

Sumber: Peraturan Pemerintah RI no 41 Tahun 1999

#### 4.7. Spesifikasi Alat – Alat Utilitas

##### 4.7.1. Saringan / Screening (FU-01)

Fungsi : Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar, misalnya : daun, ranting dan sampah-sampah lainnya.

Bahan : Alumunium

Jumlah air : 69.575,8059 kg/jam

Dimensi bak :

Panjang = 12,0408 m

Lebar = 12,0408 m

Tinggi = 6,0204 m

Harga = \$ 21.535

4.7.2 Bak Pengendapan awal (B-01) / Sedimentasi

Fungsi : Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi.

Tipe : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang

Jumlah air : 66.097,0156 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 9,7651 m

- Lebar = 9,7651 m

- Tinggi = 4,8825 m

Harga = \$ 15.298

4.7.3 Bak Floktuator/ Bak Penggumpal (B-02)

Fungsi : Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan, untuk menggumpalkan kotoran.

Jumlah air : 62.792,1648 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 4,5441 m

- Tinggi = 4,5441 m

Pengaduk :

- Jenis = *Marine propeller 3 blade*

- Diameter = 1,5147 m

- Power = 2 Hp

Harga = \$ 16.710

4.7.4 Tangki Larutan Alum (TU-01)

Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5%  
untuk 2 minggu operasi.

Kebutuhan : 0,5259 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 0,7380 m

- Tinggi = 1,4760 m

Harga = \$ 2.471

4.7.5 Bak Pengendap I (BU-01)

Fungsi : Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang  
terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi  
(menghilangkan flokulasi).

Tipe : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang

Jumlah air : 313.894,5146 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 16,4140 m

- Lebar = 16,4140 m

- Tinggi = 8,2070 m

Harga = \$ 16.710

4.7.6 Bak Pengendap II (BU-02)

Fungsi : Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi ke 2).

Tipe : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang

Jumlah air : 59.652,6 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 8,1268 m

- Lebar = 9,4369 m

- Tinggi = 9,4369 m

Harga = \$ 3.530

#### 4.7.7 Sand Filter (FU-02)

Fungsi : Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai.

Jumlah air : 56.669,9287 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 2,4972 m

- Lebar = 2,4972 m

- Tinggi = 1,2486 m

Harga = \$ 11.768

#### 4.7.8 Bak Penampung Sementara (BU-03)

Fungsi : Menampung sementara *raw water* setelah disaring di *sand filter*

Jumlah air : 33.609,8824 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 5,0173 m
- Lebar = 5,0173 m
- Tinggi = 2,5086 m
- Harga = \$ 3.530

4.7.9 Tangki Klorinasi (TU-02)

Fungsi : Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga.

Jumlah air : 3.972,7218 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 1,8245 m
- Tinggi = 1,8245 m
- Harga = \$ 12.592

4.7.10 Tangki Kaporit (TU-03)

Fungsi : Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan kedalam tangki Klorinasi (TU-01).

Jumlah bahan : 0,0286 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 0,2374 m
- Tinggi = 0,2374 m
- Harga = \$ 471

4.7.11 Tangki Air Bersih (TU-04)

Fungsi : Menampung air keperluan kantor dan rumah tangga.

Tipe : Tangki silinder tegak

Jumlah air : 3.972,7218 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 5,2626 m

- Tinggi = 5,2626 m

Harga = \$ 92.496

4.7.12 Tangki *Service Water* (TU-05)

Fungsi : Menampung air untuk keperluan layanan umum.

Tipe : Tangki silinder tegak

Jumlah air : 700 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 2,9504 m

- Tinggi = 2,9504 m

Harga = \$ 19.064

4.7.13 Tangki Air Bertekanan (TU-06)

Fungsi : Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum

Tipe : Tangki silinder tegak

Jumlah air : 700 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 2,9504 m

- Tinggi = 2,9504 m

Harga = \$ 19.064

4.7.14 Bak Air Pendingin (BU-04)

Fungsi : Menampung kebutuhan air pendingin.

Tipe : Bak persegi panjang

Jumlah air : 49.163,7105 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 4,9048 m

- Lebar = 4,9048 m

- Tinggi = 2,4524 m

Harga = \$ 3.530

4.7.15 *Cooling Tower* (CT-01)

Fungsi : Mendinginkan air pendingin setelah digunakan.

Jumlah air : 49.163,7105 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 2,5464 m

- Lebar = 2,5464 m

- Tinggi = 1,6487 m

Harga = \$ 149.925

4.7.16 Blower Cooling Tower (BL-01)

Fungsi : Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan.

Jumlah udara : 1.146.047,3508 ft<sup>3</sup>/jam

Daya motor : 3 Hp

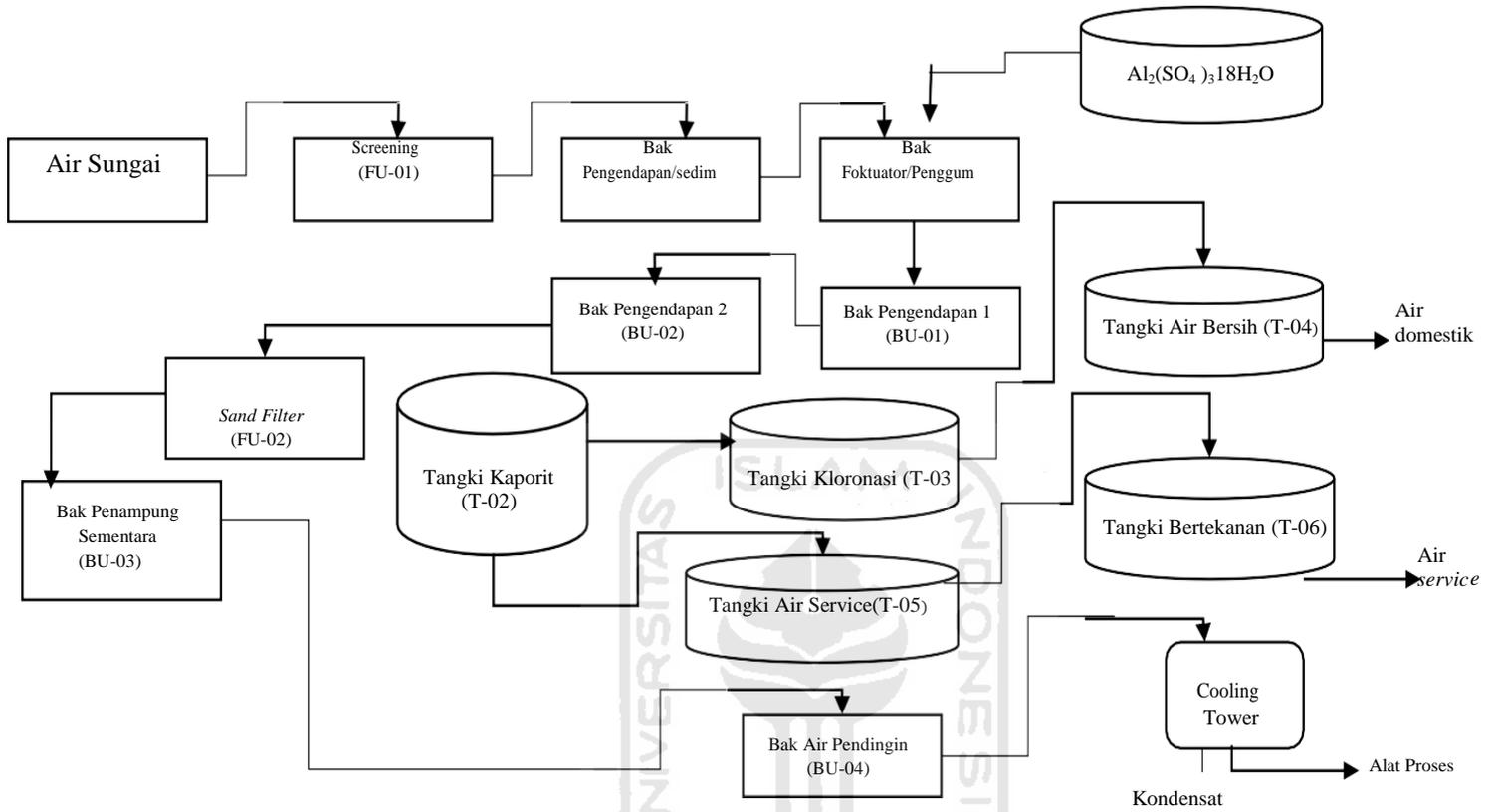
Harga = \$ 284.195

4.7.24. Pompa Utilitas

**Tabel 4. 20. Spesifikasi Pompa Utilitas**

<b>Kode</b>	<b>Jumla</b>	<b>Diameter</b>	<b>Effisiensi</b>	<b>Daya (Hp)</b>		<b>Kapasitas</b>
<b>Alat</b>	<b>h</b>	<b>(in)</b>	<b>Pompa (%)</b>	<b>Pompa</b>	<b>Motor</b>	<b>(gpm)</b>
PU-01	1	5,40	80%	5,407	7,5	359,552
PU-02	1	6,065	80%	5,268	7,5	341,574
PU-03	1	6,065	80%	4,642	7,5	324,496
PU-04	1	0,364	16%	0,0001	0,05	0,0027
PU-05	1	12,090	90%	22,403	30	1.622
PU-06	1	6,065	80%	4,721	7,5	308,271
PU-07	1	6,065	79%	1,383	2	292,857
PU-08	1	6,065	79%	2,259	3	278,215
PU-09	1	6,065	79%	1,123	2	278,215
PU-10	1	0,269	16%	0,000	0,05	0,0001
PU-11	1	2,067	52%	0,259	0,5	20,530
PU-12	1	2,067	52%	0,259	0,5	20,530
PU-13	1	1,049	20%	0,048	0,083	3,617
PU-14	1	1,049	20%	0,048	0,083	3,617
PU-15	1	6,065	79%	0,802	1,5	254,067
PU-16	1	6,065	60%	0,764	1	254,067

4.7.25. Diagram Alir Pengolahan Air



Gambar 4. 6. Diagram Alir Pengolahan Air

#### **4.8. Organisasi Perusahaan**

Struktur organisasi adalah salah satu faktor penting penunjang kemajuan perusahaan. Agar mendapatkan suatu sistem organisasi yang baik maka perlu diperhatikan beberapa pedoman antara lain : perumusan tujuan perusahaan, pembagian tugas kerja, kesatuan perintah dan tanggung jawab, sistem pengendalian pekerjaan, dan organisasi perusahaan. Tanpa manajemen yang teratur, baik dari kinerja sumber daya manusia maupun terhadap fasilitas yang ada secara otomatis organisasi akan berkembang.

##### **4.8.1. Bentuk Organisasi Perusahaan**

Arti dari organisasi, berasal dari kata Latin "*organum*" yang dapat berarti alat, anggota badan James D. Mooney, mengatakan: "Organisasi adalah bentuk setiap perserikatan manusia untuk mencapai suatu tujuan bersama.", sedangkan Chester I. Barnard memberikan pengertian organisasi sebagai: "Suatu system daripada aktivitas kerjasama yang dilakukan dua orang atau lebih".

Dari pendapat para ahli dapat diambil arti dari kata organisasi, yaitu kelompok orang yang secara sadar bekerja sama untuk mencapai tujuan bersama dengan menekankan wewenang dan tanggung jawab masing-masing. Secara ringkas, ada tiga unsur utama dalam organisasi, yaitu :

1. Adanya sekelompok orang
2. Adanya hubungan dan pembagian tugas
3. Adanya tujuan yang ingin dicapai

### 3.8.2. Manajemen Perusahaan

Umumnya perusahaan mempunyai pengolahan (manajemen) organisasi yang bertugas untuk mengatur, merencanakan, melaksanakan dan mengendalikan perusahaan dengan efektif dan efisien. Selain itu untuk mendapat profit yang optimal juga harus didukung oleh pembagian tugas dan wewenang yang jelas dari setiap personil atau individu yang terlibat dalam perusahaan. Hal ini disebabkan oleh aktivitas yang terdapat dalam suatu perusahaan atau suatu pabrik diatur oleh manajemen. Dengan kata lain bahwa manajemen bertindak memimpin, merencanakan, menyusun, mengawasi, dan meneliti hasil pekerjaan. Perusahaan dapat berjalan dengan baik secara menyeluruh, apabila perusahaan memiliki manajemen yang baik antara atasan dan bawahan.

Fungsi dari manajemen adalah meliputi usaha memimpin dan mengatur faktor-faktor ekonomis sedemikian rupa, sehingga usaha itu memberikan perkembangan dan keuntungan bagi mereka yang ada di lingkungan perusahaan.

Dengan demikian, jelaslah bahwa pengertian manajemen itu meliputi semua tugas dan fungsi yang mempunyai hubungan yang erat dengan permulaan dari pembelanjaan perusahaan (*financing*).

Dengan penjelasan ini dapat diambil suatu pengertian bahwa manajemen itu diartikan sebagai seni dan ilmu perencanaan (*planning*), pengorganisasian, penyusunan, pengarahan, dan pengawasan dari sumber daya manusia untuk mencapai tujuan (*criteria*) yang telah ditetapkan.

Menurut Siagian (1992), manajemen dibagi menjadi tiga kelas pada perusahaan besar, yaitu:

1. *Top* manajemen
2. *Middle* manajemen
3. *Operating* manajemen

Orang yang memimpin (pelaksana) manajemen disebut dengan manajer. Manajer ini berfungsi atau bertugas untuk mengawasi dan mengontrol agar manajemen dapat dilaksanakan dengan baik sesuai dengan ketentuan yang digariskan bersama. Menurut Madura (2000), syarat - syarat manajer yang baik adalah:

1. Harus menjadi contoh (teladan)
2. Harus dapat menggerakkan bawahan
3. Harus bersifat mendorong
4. Penuh pengabdian terhadap tugas-tugas.
5. Berani dan mampu mengatasi kesulitan yang terjadi
6. Bertanggung jawab, tegas dalam mengambil atau melaksanakan keputusan yang diambil
7. Berjiwa besar

#### **4.8.3. Bentuk Hukum Badan Usaha**

Dalam mendirikan suatu perusahaan yang dapat menjadi tujuan dari perusahaan itu secara terus-menerus, maka harus dipilih bentuk perusahaan apa yang harus didirikan agar tujuan itu tercapai. Menurut Sutarto (2002), bentuk-bentuk badan usaha yang ada dalam praktek di Indonesia, antara lain adalah:

1. Perusahaan Perorangan
2. Persekutuan Firma
3. Persekutuan Komanditer (CV)
4. Perseroan Terbatas (PT)
5. Koperasi
6. Usaha Daerah
7. Perusahaan Negara

Bentuk badan usaha dalam Pabrik Asam Sulfat direncanakan adalah perusahaan yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas adalah badan hukum yang didirikan berdasarkan perjanjian, melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham, dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam UU No. 1 tahun 1995 tentang Perseroan Terbatas (UUPT), serta peraturan pelaksanaannya.

Syarat-syarat pendirian Perseroan Terbatas adalah:

1. Didirikan oleh dua orang atau lebih, yang dimaksud dengan “orang” adalah orang perseorangan atau badan hukum.
2. Didirikan dengan akta otentik, yaitu di hadapan notaris.
3. Modal dasar perseroan, yaitu paling sedikit Rp. 20.000.000,- (dua puluh juta rupiah) atau 25% dari modal dasar, tergantung mana yang lebih besar dan harus telah ditempatkan dan telah disetor.

Prosedur pendirian Perseroan Terbatas adalah:

1. Pembuatan akta pendirian di hadapan notaris

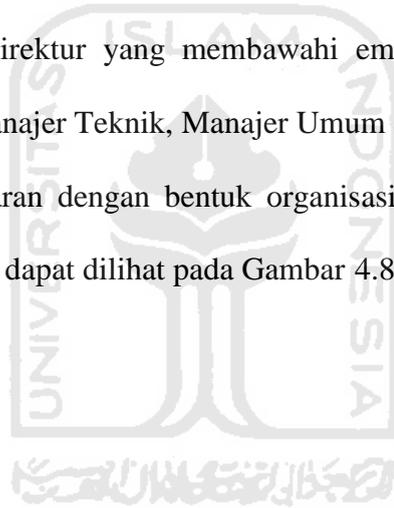
2. Pengesahan oleh Menteri Kehakiman
3. Pendaftaran Perseroan
4. Pengumuman dalam tambahan berita negara.

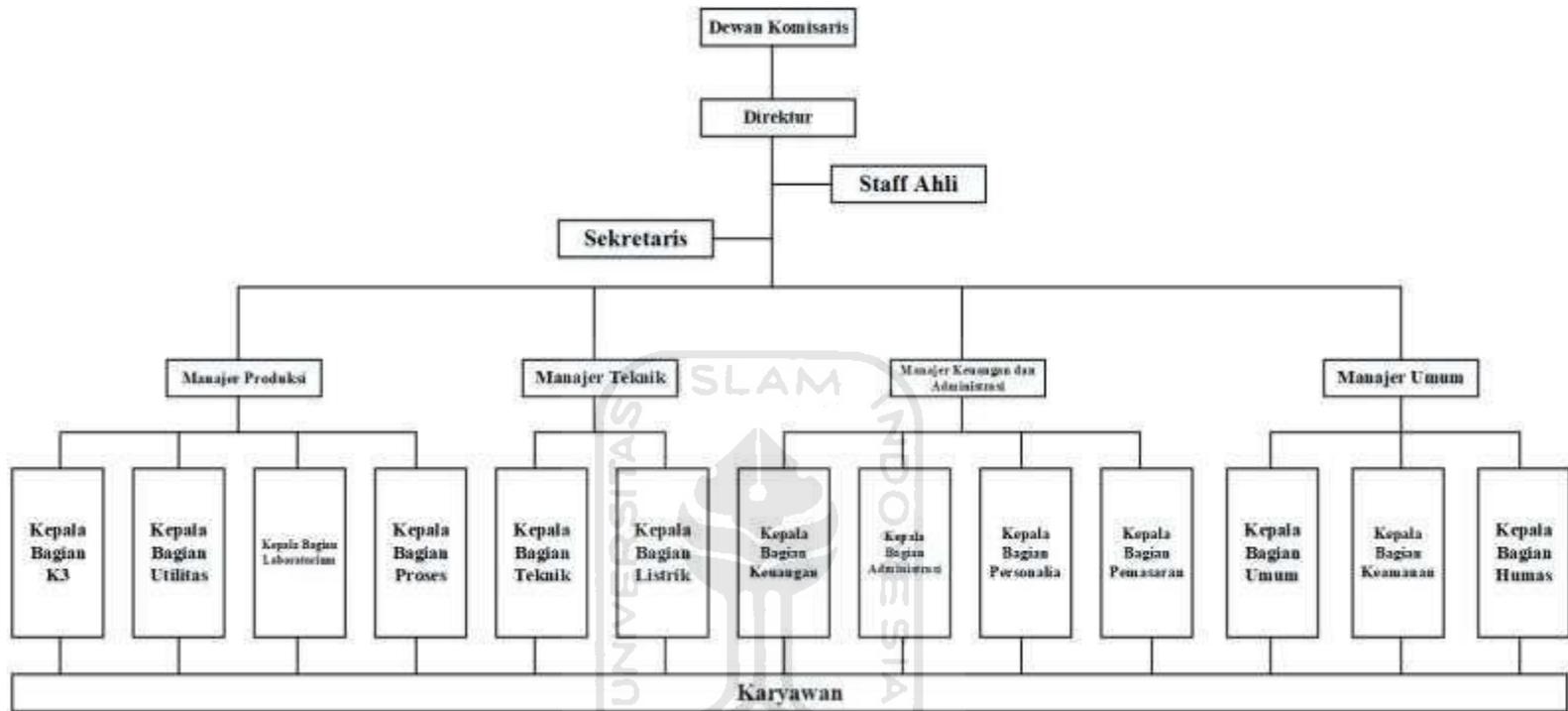
Dasar-dasar pertimbangan pemilihan bentuk perusahaan PT adalah sebagai berikut:

Menurut Widjaja (2003), landasan dalam pemilihan bentuk perusahaan ini berdasarkan atas beberapa faktor, antara lain:

1. Mudah untuk mendapat modal dengan menjual saham di pasar modal.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan beserta karyawan.
3. Pemilik dan pengurus terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah para pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi yang diawasi oleh dewan komisaris.
4. Kelangsungan perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan.
5. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang berpengalaman.
6. Suatu perseroan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usaha.
7. Merupakan bisang usaha yang memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa kerja sama antar sumber daya manusia di dalam suatu perusahaan yang baik diperlukan agar tercipta lingkungan yang baik dan menghasilkan kinerja yang baik. Oleh karena itu diperlukan struktur organisasi yang tersusun dengan baik. Perusahaan akan didirikan dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT). Kekuasaan tertinggi dalam perusahaan akan dipegang oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Perwakilan dari pemegang saham akan dipilih oleh RUPS sebagai dewan komisioner yang akan mengawasi jalannya perusahaan. Dewan komisioner akan dibantu oleh Direktur yang membawahi empat orang manajer yaitu Manajer Produksi, Manajer Teknik, Manajer Umum & Keuangan dan Manajer Pembelian & Pemasaran dengan bentuk organisasi garis dan staf. Struktur organisasi perusahaan dapat dilihat pada Gambar 4.8.





Gambar 4. 7. Struktur Organisasi Perusahaan

#### 4.8.4. Uraian Tugas, Wewenang, dan Tanggung Jawab

##### 1. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris dipilih dalam RUPS untuk mewakili para pemegang saham dalam mengawasi jalannya perusahaan. Dewan Komisaris ini bertanggung jawab kepada RUPS. Tugas-tugas Dewan Komisaris adalah:

- Menentukan garis besar kebijaksanaan perusahaan.
- Mengadakan rapat tahunan para pemegang saham.
- Meminta laporan pertanggungjawaban Direktur secara berkala.
- Melaksanakan pembinaan dan pengawasan terhadap seluruh kegiatan dan pelaksanaan tugas Direktur.

##### 2. Direktur

Pimpinan utama di pabrik pembuatan Asam Sulfat dijabat oleh seorang Direktur yang memiliki tugas sebagai berikut:

- Memimpin dan membina perusahaan secara efektif dan efisien.
- Meyusun dan melaksanakan kebijaksanaan umum pabrik sesuai dengan kebijaksanaan RUPS.
- Mengadakan kerjasama dengan pihak luar demi kepentingan perusahaan.
- Mewakili perusahaan dalam mengadakan hubungan maupun perjanjian-perjanjian dengan pihak ketiga.
- Merencanakan dan mengawasi pelaksanaan tugas setiap personalia yang bekerja pada perusahaan.

Dalam menjalankan Pabrik Pembuatan Asam Sulfat, Direktur dibantu oleh tiga orang manajer yang masing-masing membawahi sebuah departemen.

Adapun ketiga manajer dalam perusahaan adalah:

- 1) Manajer Produksi, yang membawahi 4 divisi yang dikepalai oleh supervisor. Secara umum, departemen produksi mengatur dan mengawasi segala sesuatu yang berhubungan langsung dengan jalannya proses produksi. Beberapa divisi yang terdapat dalam departemen produksi antara lain adalah:
  - a. Divisi proses, yang memiliki tugas untuk mengawasi kelancaran dari proses produksi sehingga dapat mencapai target jumlah produksi yang telah ditetapkan. Tugas lain divisi proses adalah pengaturan jadwal *shift* dari karyawan, menghitung kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang yang dibutuhkan hingga engemasan produk sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar.
  - b. Divisi Utilitas yang memiliki tugas dalam hal penyediaan *steam*, air pendingin, udara tekan, bahan bakar, serta listrik yang menunjang proses produksi. Selain itu, divisi ini bertanggung jawab atas seluruh peralatan yang digunakan dalam proses penyediaan utilitas yang ada.
  - c. Divisi Laboratorium yang bertanggung jawab atas proses pengecekan kualitas produk yang dihasilkan serta bertugas

untuk melakukan pengembangan teknologi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkan.

- d. Divisi Kesehatan dan Keselamatan Kerja yang bertanggung jawab atas keamanan bekerja baik itu dalam keamanan alat maupun pelindung dari semua pegawai di area pabrik, guna mengurangi terjadinya kecelakaan saat pabrik berjalan.
- 2) Manajer Teknik, yang memiliki tugas mengkoordinir segala kegiatan yang berhubungan dengan masalah teknik baik di lapangan maupun di kantor. Dalam menjalankan tugasnya manajer teknik dibantu oleh lima supervisor divisi, yaitu Supervisor Listrik, dan Supervisor Teknik.
  4. Manajer Umum bertanggung jawab langsung kepada Direktur dalam mengawasi dan mengatur keamanan, gudang/logistik dan humas. Dalam menjalankan tugasnya Manajer Umum dibantu oleh enam Kepala Bagian (Kabag.), yaitu Kepala Bagian Umum, Kepala Bagian Keamanan dan Kepala Bagian Humas.
  5. Manajer Keuangan dan Administrasi bertanggung jawab langsung kepada Direktur dalam mengawasi dan mengatur Keuangan dan Administrasi. Dalam menjalankan tugasnya Manajer Umum dibantu oleh enam Kepala Bagian (Kabag.), yaitu Kepala Bagian Keuangan, Kepala Bagian Administrasi, Kepala Bagian Personalia dan Kepala Bagian Pemasaran.

## 6. Staf Ahli

Staf ahli di Pabrik Pembuatan Asam Sulfat ini memiliki tugas untuk memberikan masukan, baik berupa saran nasehat, maupun pandangan terhadap segala aspek operasional perusahaan khususnya pada aspek keselamatan kerja seluruh karyawan.

## 7. Sekretaris

Dalam menjalankan tugasnya, selain keempat manajer tersebut, direktur juga mengangkat seorang Sekretaris untuk menangani masalah surat-menyurat untuk pihak perusahaan, menangani kearsipan dan pekerjaan lainnya untuk membantu Direktur dalam menangani administrasi perusahaan.

### 4.8.5. Struktur Tenaga Kerja

#### 1. Pembagian Struktur Tenaga Kerja

Pabrik pembuatan Asam Sulfat ini direncanakan beroperasi 330 hari per tahun secara kontinu 24 jam sehari. Berdasarkan pengaturan jam kerja, karyawan dapat digolongkan menjadi dua golongan, yaitu karyawan reguler atau *non-shift* dan karyawan *shift*.

##### a. Karyawan *non-shift*

Waktu kerja bagi karyawan reguler atau *non-shift* adalah 5 hari kerja, dimana hari Sabtu dan Minggu dijadikan hari libur. Untuk karyawan *shift* digunakan jadwal kerja berdasarkan giliran *shift* masing-masing. Jam kerja karyawan *non-shift* ditetapkan

sesuai Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor: Kep.234/Men/2003 yaitu 8 jam sehari atau 40 jam per minggu dan jam kerja selebihnya dianggap lembur. Perhitungan uang lembur menggunakan acuan 1/173 dari upah sebulan (Pasal 10 Kep.234/Men/2003) dimana untuk jam kerja lembur pertama dibayar sebesar 1,5 kali upah sejam dan untuk jam lembur berikutnya dibayar 2 kali upah sejam. Adapun perincian waktu kerja baik bagi karyawan regular maupun karyawan *shift* adalah sebagai berikut:

Senin s.d. Kamis : 08.00 – 17.00 WIB

(Istirahat: 12.00 – 13.00 WIB)

Jumat : 08.00 – 17.00 WIB

(Istirahat: 11.30 – 13.00 WIB)

b. Karyawan *shift*

Untuk pekerjaan yang langsung berhubungan dengan proses produksi yang membutuhkan pengawasan terus menerus selama 24 jam, para karyawan diberi pekerjaan bergilir (*shift work*). Pekerjaan dalam satu hari dibagi tiga *shift*, yaitu tiap *shift* bekerja selama 8 jam dan 15 menit pergantian *shift* dengan pembagian sebagai berikut:

*Shift* pagi (I) : 07.00 – 15.00 WIB

*Shift* siang (II) : 15.00 – 23.00 WIB

*Shift* malam (III) : 23.00 – 07.00 WIB

Karyawan yang termasuk dalam kerja *shift* dibagi menjadi empat kelompok, yaitu kelompok A, B, C, dan D. Pola pembagian waktu kerja adalah pergantian dari *shift* pagi, sore, malam, dan hari libur. Karyawan yang telah bekerja selama 2 kali *shift* malam akan mendapatkan hari libur selama 2 hari.

Berikut ini adalah tabel jadwal giliran kerja untuk karyawan *shift* :

**Tabel 4. 21. Shift Kerja Karyawan**

Grup	Hari							
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Senin
A	I	I	II	II	III	III	--	--
B	II	II	III	III	--	--	I	I
C	III	III	--	--	I	I	II	II
D	--	--	I	I	II	II	III	III

#### 4.8.6. Jumlah Karyawan dan Tingkat Pendidikan

Dari data karyawan *shift* dan non-*shift* jumlah karyawan pada pabrik Asam Sulfat adalah 150 orang. SDM yang digunakan pada pabrik Metil Merkaptan perlu diperhatikan, adapun perinciannya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 4. 22. Tingkat Pendidikan Karyawan**

Jabatan	Jumlah	Pendidikan Terakhir
Dewan Komisaris	1	Teknik (S1)
Direktur	3	Teknik Kimia (S1)
Sekretaris	1	Akuntansi (S1)/ Kesekretariatan (D3)
Staff Ahli	1	Teknik Kimia (S1) dan Berpengalaman minimal 5 tahun
Manajer Produksi	1	Teknik Kimia (S1) dan Berpengalaman minimal 3 tahun
Manajer Teknik	1	Teknik Mesin (S1) dan Berpengalaman minimal 3 tahun
Manajer Administrasi dan Keuangan	1	Ekonomi/Akuntanasi (S1) dan Berpengalaman minimal 3 tahun
Kepala Bagian Proses	1	Teknik Kimia (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Keapala Bagian Laboratorium	1	Teknik Kimia (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Kepala Bagian Utilitas	1	Teknik Kimia (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun

**Tabel 4.22. Lanjutan**

Jabatan	Jumlah	Pendidikan Terakhir
Kepala Bagian Listrik	1	Teknik Elektro (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Kepala Bagian Pemasaran	1	Teknik Kimia (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Manajer Umum	1	Teknik Industri (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Kepala Bagian Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1	Teknik Kimia/ Kesehatan Masyarakat (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Kepala Bagian Keuangan	1	Akuntansi/Ekonomi (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Kepala Bagian Administrasi	1	Akuntansi/Ekonomi (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Kepala Bagian Personalia	1	Manajemen/Akuntansi (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Kepala Bagian Humas	1	Hukum (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Kepala Bagian Keamanan	1	Pensiunan ABRI
Karyawan Proses	8	Teknik Kimia (S1)

**Tabel 4.22. Lanjutan**

Jabatan	Jumlah	Pendidikan Terakhir
Karyawan Laboratorium R&D	4	MIPA Kimia (S1)/ Kimia Analis (D3)
Karyawan Utilitas	5	Teknik Kimia (S1)
Karyawan Unit Pemeliharaan	5	Teknik Elektro/Mesin (S1)
Karyawan Instrumentasi Pabrik	3	Teknik Instrumentasi Pabrik (D4)
Karyawan Pemasaran	4	Teknik Kimia (S1)/ Manajemen(D3)
Karyawan Kesehatan dan Keselamatan Kerja	4	Teknik Kimia/ Kesehatan Masyarakat (S1) atau (D3)
Karyawan Bag. Keuangan	4	Akutansi/Manajemen (D3)
Karyawan Bag. Administrasi	2	Ilmu Komputer (D1)
Karyawan Bag. Personalia	2	Akutansi/Manajemen (D3)
Karyawan Bag. Humas	2	Akutansi/Manajemen (D3)
Operator Proses	52	Teknik Kimia (D3)
Operator Utilitas	4	Teknik Kimia (D3)
Petugas Keamanan	4	SLTP/STM/SMU/D1

**Tabel 4.22. Lanjutan**

Jabatan	Jumlah	Pendidikan Terakhir
Karyawan Perpustakaan	1	Minimal D3
Dokter	2	Kedokteran, Profesi (S1)
Perawat	4	Akademi Perawat (D3)
Petugas Kebersihan	7	SLTP/SMU
Supir	3	SMU/STM
Jumlah	150	

Setiap karyawan di perusahaan memiliki hak dan kewajiban yang diatur oleh undang-undang ketenagakerjaan. Terdapat dua jenis karyawan berdasarkan jenis kontrak kerjanya, yaitu:

- Karyawan Pra-Kontrak merupakan karyawan baru yang akan mengalami masa percobaan kerja selama 6 bulan. Setelah 6 bulan, kinerja karyawan akan dievaluasi untuk kemudian diambil keputusan mengenai pengangkatan menjadi karyawan tetap.
- Karyawan Tetap merupakan karyawan yang telah memiliki kontrak kerja secara tertulis dengan perusahaan.

Baik karyawan pra-kontrak maupun karyawan tetap memiliki hak serta kewajiban yang sama. Hak karyawan meliputi masalah gaji, tunjangan, serta cuti karyawan.

1. Hak Karyawan

- Gaji Pokok

Gaji pokok karyawan diatur berdasarkan jabatan, keahlian dan kecakapan karyawan, masa kerja, serta prestasi kerja. Kenaikan gaji pokok dilakukan per tahun sesuai dengan pertumbuhan ekonomi serta prestasi dari karyawan. Daftar gaji karyawan dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 4. 23. Gaji Karyawan**

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/orang (Rp)	Total Gaji (Rp)
1	Dewan Komisaris	1	45.000.000	45.000.000
2	Direktur	3	35.000.000	105.000.000
3	Sekretaris	1	30.000.000	30.000.000
4	Staff Ahli	1	25.000.000	25.000.000
5	Manajer Produksi	1	30.000.000	30.000.000
6	Manajer Teknik	1	30.000.000	30.000.000
7	Manajer Adminitrasi dan Keuangan	1	25.000.000	25.000.000
8	Manajer Umum	1	25.000.000	25.000.000
9	Kepala Seksi Proses	1	25.000.000	25.000.000
10	Keapala Seksi Laboratorium	1	25.000.000	25.000.000
11	Kepala Seksi Utilitas	1	25.000.000	25.000.000
12	Kepala Seksi Listrik	1	20.000.000	20.000.000

**Tabel 4.23. Lanjutan**

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/orang (Rp)	Total Gaji (Rp)
13	Kepala Seksi Pemasaran	1	20.000.000	20.000.000
14	Kepala Seksi Umum	1	20.000.000	20.000.000
14	Kepala Keuangan	1	25.000.000	25.000.000
15	Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1	20.000.000	20.000.000
16	Kepala Seksi Proses	1	25.000.000	25.000.000
17	Kepala Seksi Administrasi	1	20.000.000	20.000.000
18	Kepala Seksi Personalia	1	20.000.000	20.000.000
19	Kepala Seksi Humas	1	20.000.000	20.000.000
20	Kepala Seksi Keamanan	1	20.000.000	20.000.000
21	Kepala Seksi Pemeliharaan	1	20.000.000	20.000.000
22	Karyawan Proses	8	10.000.000	80.000.000

**Tabel 4.23. Lanjutan**

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/orang (Rp)	Total Gaji (Rp)
23	Karyawan Laboratorium	4	9.000.000	36.000.000
24	Karyawan Utilitas	4	9.000.000	36.000.000
25	Karyawan Unit Pemeliharaan	5	9.000.000	45.000.000
26	Karyawan Instrumentasi Pabrik	3	12.000.000	36.000.000
27	Karyawan Pemasaran	2	7.000.000	14.000.000
29	Karyawan Kesehatan dan Keselamatan Kerja	4	7.000.000	28.000.000
30	Karyawan Bag. Keuangan	4	7.000.000	28.000.000
31	Karyawan Bag. Administrasi	2	7.000.000	14.000.000
32	Karyawan Bag. Personalia	2	7.000.000	14.000.000
33	Karyawan Bag. Humas	2	7.000.000	14.000.000

**Tabel 4.23. Lamjutan**

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/orang (Rp)	Total Gaji (Rp)
34	Petugas Keamanan	4	7.000.000	28.000.000
36	Dokter	2	10.000.000	20.000.000
37	Perawat	4	5.000.000	20.000.000
38	Petugas Kebersihan	7	4.197.000	19.379.210
39	Supir	3	4.197.000	12.591.090
40	Operator Proses	51	6.000.000	3.06.000.000
41	Utilitas	4	9.000.000	36.000.000
<b>Total</b>		150	770.950.000	1.378.550.000

- **Tunjangan dan Fasilitas bagi Karyawan**

Selain gaji pokok, setiap karyawan juga mendapatkan tunjangan yang diatur oleh perusahaan. Beberapa jenis tunjangan dan fasilitas yang diberikan oleh perusahaan antara lain adalah:

- a. **Tunjangan makan**

Makan siang disediakan oleh perusahaan dan setiap karyawan berhak makan siang yang disediakan. Namun karyawan juga dapat makan siang di luar wilayah perusahaan dan akan diberikan uang makan yang besarnya disesuaikan dengan jabatan karyawan.

b. Tunjangan kesehatan

Setiap karyawan akan memiliki asuransi yang diatur oleh perusahaan, sesuai dengan undang-undang Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2004 tentang Sistem Jaminan Sosial Nasional Pasal

18. Jenis program jaminan sosial meliputi:

- Jaminan kesehatan
- Jaminan kecelakaan kerja
- Jaminan hari tua
- Jaminan pension dan kematian

Sehingga karyawan mengalami kecelakaan ataupun sakit dan harus dirawat, maka perusahaan akan mengganti seluruh biaya perawatan.

c. Tunjangan hari raya

Setiap karyawan akan mendapatkan tunjangan hari raya sebesar 1 bulan gaji setiap tahunnya.

d. Tunjangan keluarga

Karyawan yang telah memiliki keluarga akan mendapatkan tunjangan bagi istri dan anaknya (maksimal 2 anak) yang ketentuannya telah diatur oleh perusahaannya.

e. Tunjangan hari tua

Karyawan yang telah berumur 60 tahun akan memasuki usia pensiun dan akan diberikan uang pensiun sebesar 10% dari gaji total selama karyawan tersebut bekerja.

- Penyediaan fasilitas bagi karyawan
  - a. Penyediaan sarana transportasi / bus karyawan.
  - b. Penyediaan fasilitas tempat ibadah yang dilengkapi dengan sarana air dan listrik.
  - c. Beasiswa kepada anak-anak karyawan yang berprestasi.
  - d. Memberikan tanda penghargaan dalam bentuk tanda mata kepada pekerja yang mencapai masa kerja berturut-turut 10 tahun.
  - e. Penyediaan fasilitas perumahan yang dilengkapi dengan sarana air dan listrik.
- Cuti dan Hari Libur Nasional

Setiap karyawan tetap akan mendapatkan cuti kerja sebanyak 15 hari per tahunna dan hal ini tidak berlaku akumulatif. Selain itu pada hari libur nasional, karyawan *non-shift* akan libur, namun karyawan *shift* yang memiliki jadwal kerja pada hari tersebut tidak libur namun jam kerjanya akan dihitung sebagai jam kerja lembur.

## 2. Kewajiban Karyawan

Hak yang diterima oleh karyawan perlu diimbangi juga dengan kewajiban yang harus diberikan oleh setiap karyawan. Beberapa kewajiban karyawan antara lain adalah:

- Wajib turut serta menyukseskan visi dan misi perusahaan

- Wajib mentaati kontrak kerja yang telah disepakati sebelumnya antara perusahaan dan karyawan
- Wajib menjaga kerahasiaan proses produksi pabrik
- Wajib untuk menciptakan lingkungan kerja yang kondusif

#### **4.8.7. Keselamatan Kerja**

Keselamatan kerja bagi karyawan sangat penting. Hal ini pun diatur oleh pemerintah dalam undang-undang. Oleh karena itu diperlukan adanya staf ahli kesehatan dan keselamatan kerja (K3) yang berfungsi untuk memberikan pelatihan kepada seluruh karyawan, terutama karyawan yang berada di area produksi untuk memperhatikan keselamatan kerja. Pelatihan juga dapat berupa uji coba sirine bahaya kebakaran, dll.

Perusahaan juga menyediakan beberapa jenis alat pelindung diri (APD) bagi setiap karyawan, dan setiap karyawan wajib memakai di dalam area produksi. APD tersebut antara lain adalah sepatu pengaman, *earplug*, *helmet*, baju tangan panjang, serta masker. Unit K3 juga menyediakan poster-poster yang berisikan himbauan kepada karyawan tentang keselamatan kerja.

#### **4.9. Evaluasi Ekonomi**

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan

keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidaknya untuk didirikan. Dalam evaluasi ekonomi ini faktor-faktor yang ditinjau adalah:

- a. *Return On Investment (ROI)*
- b. *Pay Out Time (POT)*
- c. *Discounted Cash Flow*
- d. *Break Event Point (BEP)*
- e. *Shut Down Point (SDP)*

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

1. Penentuan modal industry (*Total Capital Investment*)

Meliputi:

- a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
- b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

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

Meliputi:

- a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
- b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)

3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap

- a. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya variable (*Variable Cost*)

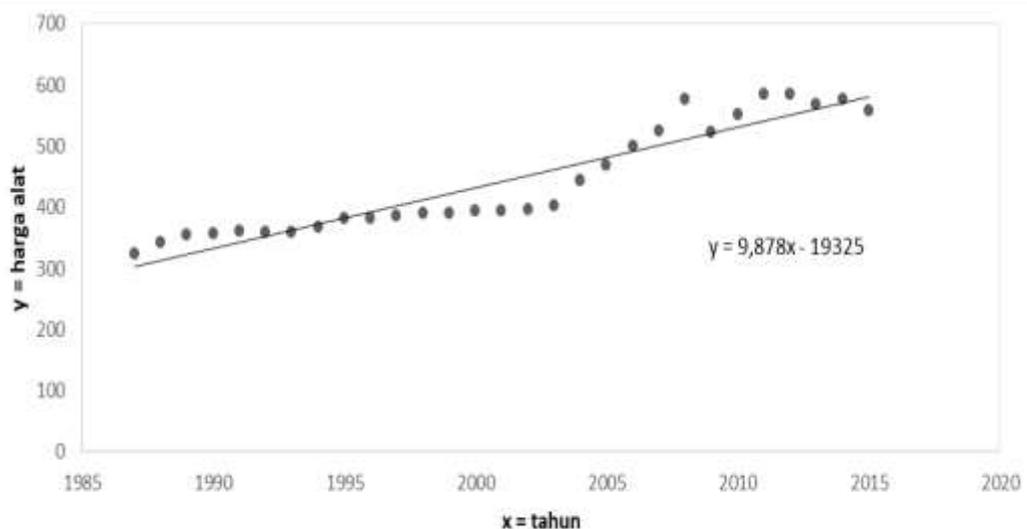
c. Biaya tak pasti/mengambang (*Regulated Cost*)

#### 4.9.1. Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan diperlukan metode atau cara untuk memperkirakan harga alat tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Pabrik Asam Sulfat ini beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari dan tahun evaluasi pada tahun ke 20. Di dalam analisa ekonomi harga-harga alat maupun harga-harga lainnya diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari indeks pada tahun analisa.

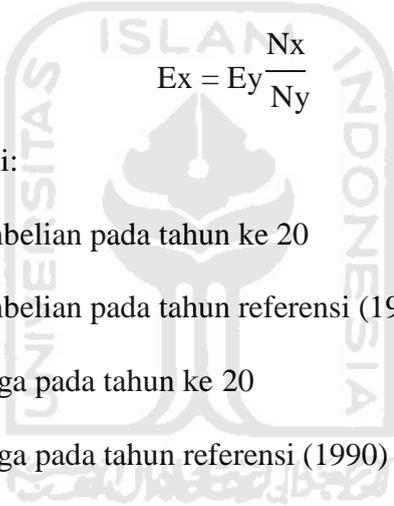
Harga indeks tahun ke 20 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1987 sampai tahun 2015, dicari dengan persamaan regresi linear.



Gambar 4. 8. Indeks Harga Alat

Persamaan yang diperoleh adalah  $y = 9,878x - 19325$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun ke 20 yaitu sebesar 668,072. Harga-harga alat lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dari referensi buku Peters & Timmerhaus pada tahun 1990 dan Aries Newton pada tahun 1955. Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan:


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

Dalam hubungan ini:

- $E_x$  : Harga pembelian pada tahun ke 20
- $E_y$  : Harga pembelian pada tahun referensi (1990)
- $N_x$  : Indeks harga pada tahun ke 20
- $N_y$  : Indeks harga pada tahun referensi (1990)

#### 4.9.2. Dasar Perhitungan

##### A. *Capital Investment*

*Capital Investment* adalah banyaknya pengeluaran – pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya.

*Capital investment* terdiri dari :

##### a. *Fixed Capital Investment*

*Fixed Capital Investment* adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

b. *Working Capital Investment*

*Working Capital Investment* adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

B. *Manufacturing Cost*

*Manufacturing Cost* merupakan jumlah *Direct*, *Indirect*, dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk. Menurut Aries dan Newton (Tabel 23), *Manufacturing Cost* meliputi :

a. *Direct Cost*

*Direct Cost* adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. *Indirect Cost*

*Indirect Cost* adalah pengeluaran – pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

c. *Fixed Cost*

*Fixed Cost* adalah biaya – biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak bergantung waktu dan tingkat produksi.

C. *General Exspense*

*General Expense* atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran – pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

#### 4.9.3. Analisa Kelayakan

Studi kelayakan dari pabrik Asam Sulfat dari Hidrogen Sulfida ini dapat dilihat dari parameter – parameter ekonomi. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

##### A. *Return on Investment* (ROI):

*Return On Investmen* digunakan sebagai sebuah pertimbangan penting karena ROI menunjukkan seberapa cepat pengembalian investasi berdasarkan pada keuntungan.

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

Keuntungan atau profit dihitung berdasarkan *annual sales* (Sa) dan *total manufacturing cost*. *Finance* akan dihitung sebagai komponen yang berisikan pengembalian utang selama pembangunan pabrik. *Finance* akan berkontribusi terhadap *cash flow* dari pabrik ini. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai minimum ROI *before tax* sebesar 11% sedangkan pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai minimum ROI *before tax* sebesar 44%.

##### B. *Pay Out Time* (POT)

*Pay Out Time* (POT) adalah

- a. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang

diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.

- b. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
- c. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.
- d. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai POT maksimal 2 tahun.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Profit} + \text{Depresiasi})}$$

### C. *Break Even Point* (BEP)

*Break Even Point* (BEP) adalah

- a. Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
- b. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.

- c. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.
- d. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai berkisar 40% - 60%

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

Dalam hal ini:

- Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum
- Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum
- Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum
- Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

#### D. *Shut Down Point* (SDP)

*Shut Down Point* adalah

- a. Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bias juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan *profit*)
- b. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabilan tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.

- c. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.
- d. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

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

#### E. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)*

*Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)* adalah

- a. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFRR dibuat dengan menggunakan nilai mata uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
- b. Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
- c. Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.
- d. Asumsi yang digunakan dalam perhitungan DCFRR adalah
  - Umur ekonomis pabrik yaitu 10 tahun
  - *Annual profit* dan *taxes* konstan setiap tahun
  - Depresiasi sama setiap tahun

Persamaan untuk menentukan DCFRR:

$$(FC+WC)(I+i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (I+i)^n + WC + SV$$

Dimana:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow*

: *profit after taxes + depresiasi + finance*

n : *Umur pabrik*

i : *Nilai DCFRR*

#### 4.9.4. Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik Asam Sulfat ini memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah layak atau tidaknya pabrik ini didirikan. Hasil perhitungan disajikan pada tabel-tabel di bawah.

**Tabel 4. 24. Physical Plant Cost**

No	<i>Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	102.017.175.233	6.973.435
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	25.504.293.808	1.743.359
3	Instalasi cost	9.075.716.916	620.375
4	Pemipaan	7.153.264.915	488.965
5	Instrumentasi	7.120.776.377	486.744
6	Insulasi	2.072.832.043	141.689
7	Listrik	10.201.717.523	697.344
8	Bangunan	87.000.000.000	5.946.929
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	182.987.000.000	12.508.168
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		433.132.776.814	29.607.009

**Tabel 4. 25. Direct Plant Cost**

No	<i>Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	86.626.555.363	5.921.402
<i>Total (DPC + PPC)</i>		519.759.332.177	35.528.411

**Tabel 4. 26. Fixed Capital Investment**

No	<i>Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	519.759.332.117	35.528.411
2	Kontraktor	20.790.373.287	1.421.136
3	Biaya tak terduga	51.975.933.218	3.552.841
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		592.525.638.682	40.502.388

**Tabel 4. 27. Direct Manufacturing Cost**

No	<i>Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	75.162.050.607	5.137.739,798
2	<i>Labor</i>	26.958.000.000	1.842.727,658
3	<i>Supervision</i>	2.695.800.000	184.272,7658
4	<i>Maintenance</i>	11.850.512.774	810.047,765
5	<i>Plant Supplies</i>	1.777.576.916	121.507,1648
6	<i>Royalty and Patents</i>	4.388.820.000	300.000
7	<i>Utilities</i>	50.643.814.641	3.461.783,439
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		<b>173.476.574.937</b>	<b>11.858.079</b>

**Tabel 4. 28. Indirect Manufacturing Cost**

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	4.043.700.000	276.409
2	<i>Laboratory</i>	2.695.800.000	184.273
3	<i>Plant Overhead</i>	13.479.000.000	921.364
4	<i>Packaging and Shipping</i>	21.944.100.000	1.500.000
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		<b>42.162.600.000</b>	<b>2.882.046</b>

**Tabel 4. 29. Fixed Manufacturing Cost**

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	47.402.051.095	3.240.191
2	<i>Propertu taxes</i>	11.850.512.774	810.048
3	<i>Insurance</i>	5.925.256.387	405.024
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		<b>65.177.820.255</b>	<b>4.455.263</b>

**Tabel 4. 30. Manufacturing Cost**

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	173.476.574.937	11.858.079
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	42.162.600.000	2.882.046
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	65.177.820.255	4.455.263
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		<b>280.816.995.192</b>	<b>19.195.387</b>

**Tabel 4. 31. Working Capital**

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	20.498.741.075	1.401.201,763
2	<i>In Process Inventory</i>	425.480.295,7	29.083,91976
3	<i>Product Inventory</i>	76.586.453.234	5.235.105,557
4	<i>Extended Credit</i>	9.309.618.182	636.363,6364
5	<i>Available Cash</i>	25.528.817.745	1.745.035,186
<i>Working Capital (WC)</i>		<b>132.349.110.531</b>	<b>9.046.790</b>

**Tabel 4. 32. General Expense**

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	8.424.509.856	575.861,6113
2	<i>Sales expense</i>	14.040.849.760	959.769,3521
3	<i>Research</i>	9.828.594.832	671.838,5465
4	<i>Finance</i>	28.994.989.969	1.981.967,133
<i>General Expense (GE)</i>		<b>61.288.944.416</b>	<b>4.189.437</b>

**Tabel 4. 33. Total Production Cost**

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	280.816.995.192	19.195.387
2	<i>General Expenses (GE)</i>	61.288.944.416	4.189.437
<i>Total Production Cost (TPC)</i>		<b>342.105.939.608</b>	<b>23.384.824</b>

**Tabel 4. 34. Fixed Cost**

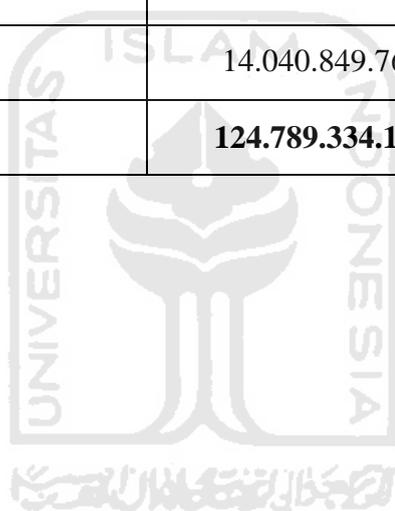
No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	47.402.051.095	3.240.191
2	<i>Property taxes</i>	11.850.512.774	810.048
3	<i>Insurance</i>	5.925.256.387	405.024
<i>Fixed Cost (Fa)</i>		65.177.820.255	4.455.263

**Tabel 4. 35. Variable Cost**

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	75.162.050.607	5.137.740
2	<i>Packaging &amp; shipping</i>	21.944.100.000	1.500.000
3	<i>Utilities</i>	50.643.814.641	3.461.783
4	<i>Royalties and Patents</i>	4.388.820.000	300.000
<i>Variable Cost (Va)</i>		<b>152.138.785.248</b>	<b>10.399.523</b>

**Tabel 4. 36. Regulated Cost**

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	26.958.000.000	1842727,658
2	<i>Plant overhead</i>	13.479.000.000	921363,829
3	<i>Supervision</i>	4.043.700.000	276409,1487
4	<i>Laboratory</i>	2.695.800.000	184272,7658
5	<i>Sales expense</i>	2.695.800.000	184272,7658
6	<i>General Expense</i>	8.424.509.856	575861,6113
7	<i>Maintenance</i>	28.994.989.969	1981967,133
8	<i>Plant supplies</i>	14.040.849.760	959769,3521
<b><i>Regulated Cost (Ra)</i></b>		<b>124.789.334.105</b>	<b>8.530.038</b>



#### 4.9.5 Hasil Analisa Kelayakan

Penjualan :

1. Asam Sulfat

Produksi = 100.000,000 kg/tahun

Harga Jual = Rp 4.388,82 /kg

Total Penjualan = Rp 438.882.000.000 /tahun

Pajak = 25 %

Biaya Pajak = Rp 24.194.015.098

Keuntungan setelah pajak = Rp 72.582.045.294

Pajak ditentukan sebesar 25% berdasarkan nilai pajak di Indonesia.

A. *Return on Investment* (ROI)

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

ROI sebelum pajak = 16,33 %

ROI setelah pajak = 12,25 %

B. *Pay Out Time* (POT)

$$\text{POT} = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi})}$$

POT sebelum pajak = 4,1 tahun

POT setelah pajak = 4,90 tahun

C. *Break Even Point* (BEP)

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

BEP = 51,46 %

D. *Shut Down Point (SDP)*

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

$$SDP = 18,78 \%$$

E. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)*

Umur pabrik = 10 tahun

*FCI* = Rp 592.525.638.682

*Working Capital* = Rp 132.349.110.531

*Salvage Value (SV)* = Rp 47.402.051.095

*Cash flow (CF)* = Annual Profit + Depresiasi + Finance  
= Rp 101.580.275.454

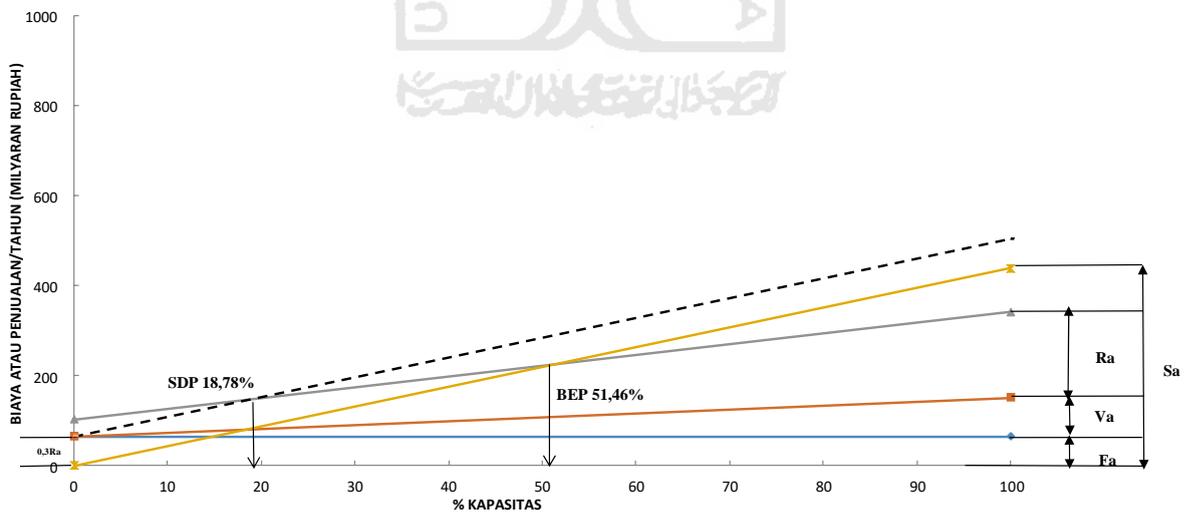
$$(FC + WC)(I + i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (I + i)^N + WC + SV$$

R = S

Dengan *trial & error* diperoleh nilai  $i = 11,33 \%$

**Tabel 4. 37. Analisis Kelayakan**

Parameter	Terhitung	Persyaratan	Kriteria
ROI sebelum pajak	16,33 %	Industrial Chemical Min. 11%/low risk Aries&Newton P.193	Memenuhi
POT sebelum pajak	4,1 tahun	Industrial Chemical (max. 5th/low risk) Aries&Newton P.196	Memenuhi
BEP	51,46 %	40-60%	Memenuhi
DCFRR	11,33 %	<i>Interest</i> = 1,5 x bunga simpanan bank (4 %)	Memenuhi



**Gambar 4. 9. Korelasi Kapasitas Produksi dengan Biaya atau Penjualan**

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dalam prarancangan pabrik Asam Sulfat dari Hidrogen Sulfida dengan kapasitas 100.000 ton/tahun dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Pendirian pabrik Asam Sulfat diharapkan dapat memenuhi kebutuhan Asam Sulfat dalam negeri sehingga dapat mengurangi jumlah impor dan menambah devisa negara dengan mengekspor keluar negeri serta dapat mengurangi tingkat pengangguran di Indonesia.
2. Pabrik Asam Sulfat berbentuk Perseroan Terbatas (PT) didirikan di kawasan industri Cilangkap daerah Purwakarta, Provinsi Jawa Barat di atas tanah seluas 26.141 m<sup>2</sup> dengan jumlah karyawan 150 orang dan beroperasi 330 hari/tahun.
3. Berdasarkan proses, kondisi operasi, dan sifat-sifat bahan baku pembuatan Asam Sulfat maka pabrik ini tergolong pabrik beresiko rendah.
4. Pabrik Asam Sulfat dari Hidrogen Sulfida dengan kapasitas 100.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut, Berdasarkan Pertimbangan sebagai berikut:

- Keuntungan pabrik sebelum pajak diperoleh sebesar Rp. 96.776.060.392. Sedangkan keuntungan pabrik setelah pajak diperoleh sebesar Rp. 72.582.045.294
- Nilai ROI sebelum pajak sebesar 16,33% dan nilai ROI sesudah pajak sebesar 12,25%. Menurut Aris Newton (1955), untuk pabrik kimia beresiko rendah harga ROI sebelum pajak minimum sebesar 11%, sehingga memenuhi syarat.
- *Pay Out Time* sebelum pajak adalah 4,1 tahun dan sesudah pajak adalah 4,78 tahun. Nilai ini berada dibawah POT maksimum yang besarnya 5 tahun untuk pabrik beresiko rendah.
- Diperoleh nilai *Break Even Point* (BEP) sebesar 51,46%. Untuk pabrik di Indonesia nilai BEP sekitar 40% sampai 60%.
- Diperoleh nilai *shut down point* (SDP) sebesar 18,78%
- Nilai *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) diperoleh sebesar 11,33%.

## 5.2. Saran

Dalam prarancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman tentang konsep-konsep dasar yang dapat memudahkan dalam hal perancangannya. Misalnya, pemilihan alat proses, atau alat penunjang, bahan baku, kondisi operasi, dan lain-lain. Selain itu juga harus melakukan pencarian data-data yang diperlukan sebelum membangun suatu pabrik kimia sehingga dengan informasi dan data-data yang lengkap dapat mempermudah suatu prarancangan pabrik kimia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brown, G.G., 1950, "Unit Operation", John Wiley and Sons Inc, New York.
- Brownell, L.E and Young, E.H., 1959., "Equipment Design", John Willey & Sons, inc., New York.
- Coulson, J.M., Richardson, J.F., 1983, "Chemical Engineering Design", Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford
- Geankoplis, J.C., 1978, "*Transport Process and Unit Operation*" *Third Edition*, Prentice Hall International Inc., United States of America.
- Kementrian Perindustrian Indonesia. 2019. "Pemerintah Pacu Industri Kimia Jadi Penggerak Ekonomi Nasional". Jakarta.
- Harga Alat, [www.matche.com](http://www.matche.com), diakses pada tanggal 25 September 2020
- Harga Bahan, [www.indonesian.alibaba.com](http://www.indonesian.alibaba.com), diakses pada tanggal 15 Oktober 2020
- Kern, D.Q., 1950, "Process Heat Transfer", McGraw-Hill International Book Company Inc., New York.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1982, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3rd Edition, vol. 4, New york., Interscience Publishing Inc.
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1984, "Perry's Chemical Engineer's Handbook", 6th ed., McGraw-Hillo Book Company, New York.

Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* 4th Ed. New York: McGraw-Hill Book Company.

Seader, J.D., and Henley, E.J., 2006, *Separation Process Principles, Second Edition*, New York : John Wiley & Sons, Inc.

Smith, J.M., Van Ness, H.G., and Abbott, M., 1997, "*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*", *Sixth Edition.*, New York : Mc Graw Hill Book Companies, Inc.

Ullmann, (1987), "*Encyclopedia of Industrial Chemistry*", Vol, A.10, 5th edition, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim Federal Republic of Germany.

Friedman, L.J. and Friedman S.J. (2004) *The wet gas sulphuric acid plant (part2). Sulphur*, 293, july-august 2004, 29-35.

Lovejoy, E.R., Hanson, D.R., Huey, L.G.(1996) *Kinetics and products of the gas-Phase Reaction of SO<sub>3</sub> with water. J phys Chem*, 100, pp 19911-19916

BASF (2004) BASF catalyst (Technical leaflet)

Laursen, J.K., Haldor, T.A., "*details advances in sulfur recovery by the WSA process*"

Hamzehlouyan, Et.al (2014) *Experimental and Kinetic Study Of SO<sub>2</sub> Oxidation on a PT/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst.*

WALAS, S.M., "*Chemical Equipment Process*", ButterworthHeinemann, Woburn, 1990.

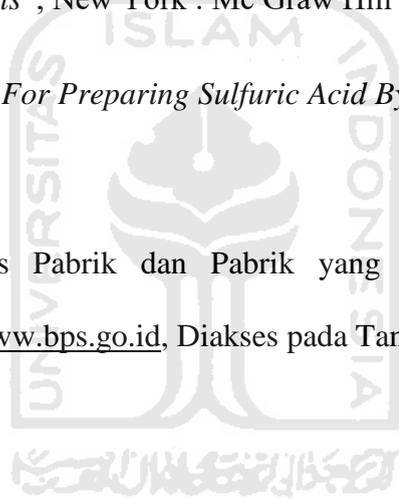
Peters, M. S., and Timmerhouse, K. D., "Plant Design and Economics Chemical Engineers", 3rd ed., Mc. Graw Hill Book Co., New York, 1968.

Sander, U.H.F., Fischer, H., Rothe, U., Kola, R. And More, A.I. (1984) *suphur, sulphur dioxide and sulphuric acid: an introduction to their Industrial Chemistry and Technology*. British Sulphur Corp., London, UK, 283.

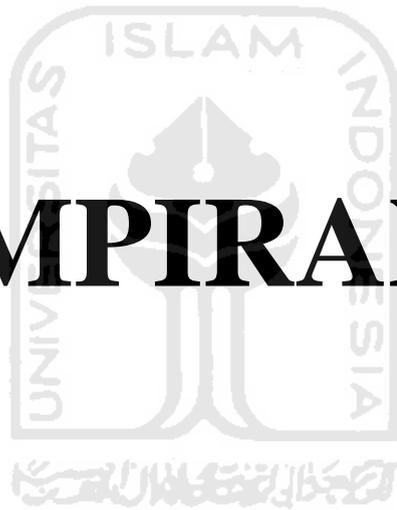
Yaws, C.L., 1999, "*Chemical Properties Handbook Physical, Thermodynamic, Enviromental, Transport, Safety, and Health Related Properties For Organic and Inorganic Chemicals*", New York : Mc Graw Hill Book Companies, Inc.

Zhou, *et al.* 2014. *Method For Preparing Sulfuric Acid By Using Hydrogen Sulfide*. Patent, US 2014/0205534.

Pencarian data Kapasitas Pabrik dan Pabrik yang sudah berdiri , Impor [www.bppt.go.id](http://www.bppt.go.id) dan [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id), Diakses pada Tanggal 5 April 2020.



# LAMPIRAN A



## LAMPIRAN A

### Perhitungan Reaktor

- Jenis : Reaktor *Fixed Bed Multibed*
- Fungsi : Tempat berlangsungnya Oksidasi Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ ) pada fase gas, dengan katalis padat Vanadium Pentaoksida ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ), sehingga membentuk produk utama berupa Sulfur Trioksida ( $\text{SO}_3$ )
- Kondisi Operasi : Suhu =  $410\text{ }^\circ\text{C}$   
Tekanan =  $1\text{ atm}$   
Konversi =  $95\%$   
Reaksi Ekostermis, non-sothermal Adiabatis
- Tujuan Perancangan :
1. Menentukan jenis reaktor
  2. Menghitung neraca massa
  3. Menghitung neraca panas
  4. Perancangan Reaktor

## Neraca Massa Reaktor

**Tabel 1. Neraca Massa di Reaktor**

Komponen	Massa Input (Kg/jam)	Massa Output (Kg/jam)
	Arus 4	Arus 8
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	8.904,093	447,943
Air (H <sub>2</sub> O)	2.507,267	2.507,267
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	37.115,334	37.115,334
Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	73,329	73,329
Oksigen (O <sub>2</sub> )	4.558,251	2.446
Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	0,000	10.568
<b>Total</b>	<b>53.158,274</b>	<b>53.158,274</b>

### Reaksi yang terjadi di dalam reaktor



#### **1. Menentukan Jenis Reaktor**

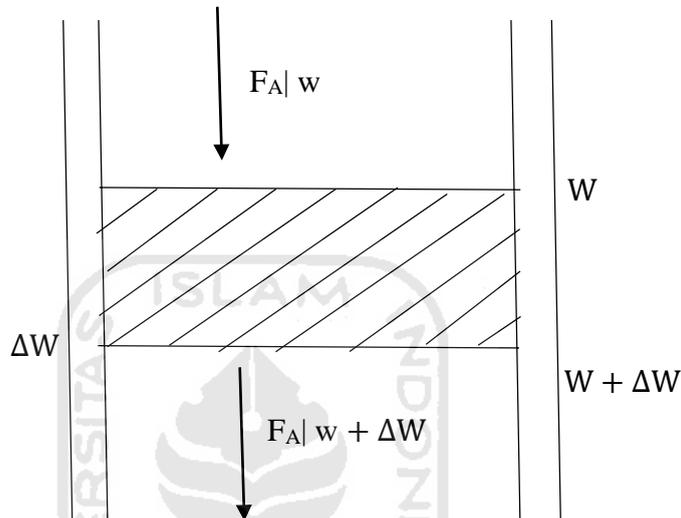
Dipilih reaktor *fixed bed multibed* dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a. Reaksi berlangsung pada fase gas dengan katalis padat.
- b. Katalis yang digunakan berumur panjang.
- c. Perawatan, perbaikan, dan operasional mudah.
- d. Pemakaian tidak terbatas pada kondisi reaksi tertentu (eksotermis atau endotermis) sehingga pemakaian lebih fleksibel.
- e. Konstruksi sederhana.

## 2. Menghitung Neraca massa

Reaksi berlangsung dalam keadaan *steady state* dalam reaktor setebal  $\Delta W$

dengan konversi X. Neraca massa  $\text{SO}_2$  pada elemen volume :



- **NM  $\text{SO}_2$  Pada Fixed Bed Reaktor di elemen volume Pada Kondisi *Steady state***

*rate of input* – *rate of output* – *rate of reaction* = *rate of accumulation* (2)

karna *steady state*, maka  $R_{acc} = 0$

$$F_{A|_w} - F_{A|_{w+\Delta w}} - (-r_a) \times \Delta w = 0 \quad (3)$$

Kedua ruas dibagi dengan  $\Delta W$  sehingga :

$$\frac{F_{A|_{w+\Delta w}} - F_{A|_w}}{\Delta w} = -(r_a') \quad (4)$$

$$\lim_{\Delta w \rightarrow 0} \frac{F_{A|_{w+\Delta w}} - F_{A|_w}}{\Delta w} = -(r_a') \quad (5)$$

Dilimitkan untuk mendapatkan *Differensiasi* sehingga :

$$\frac{dFA}{dW} = -(ra') \quad (6)$$

Dimana  $FA = FA_0(1-x)$  maka  $dFA = -FA_0 dx$

$$\frac{FA_0 dx}{dW} = (ra') \quad (7)$$

$$\int_0^w dW = \int_0^x \frac{FA_0 dx}{(-ra')} \quad (8)$$

$$W = \int_0^x \frac{FA_0}{(-ra')} dX \quad (9)$$

Dengan  $W = P_b.V$ , Maka didapat persamaan volume reaktor :

$$V = \int_0^x \frac{FA_0}{P_b \cdot (-ra')} dX \quad (10)$$

Keterangan :  $V$  = Volume Fixed Bed Reaktor

$FA_0$  = Laju alir  $SO_2$

$P_b$  = Bulk density katalis

$(-ra)$  = Kecepatan reaksi

$dX$  = Perubahan Konversi persatuan volume

- Dikarenakan kondisi operasinya Non-Isotermal sehingga nilai Kecepatan Reaksinya berubah ubah maka untuk meninjau hal tersebut dapat dicari melalui persamaan sebagai berikut :

Diketahui reaksinya reversibel didapat juga referensi dari jurnal Friedman, L.J. and Friedman, S.J. (2004) The wet gas sulphuric acid plant (part 2). Sulphur, 293, July-August 2004, 29 35. [www.britishtsulphur.com](http://www.britishtsulphur.com) sehingga  $(-ra)$  sebagai berikut .

$$(-ra) = k(PA^2 \cdot PB - \frac{PC^3}{K(T)})$$

Ket :  $SO_2 = A$

$O_2 = B$

$SO_3 = C$

- Mencari Persamaan K(T) dengan melihat data yang ada maka digunakan persamaan Vant Hoff

$$\frac{d(\ln K)}{dT} = -\frac{\Delta HR}{R \cdot T^2} \quad (12)$$

$$\int_{K_0}^K \frac{d(\ln K)}{dT} = - \int_{T_0}^T \frac{\Delta HR}{R \cdot T^2} \quad (13)$$

Sehingga didapat persamaan K(T) :

$$K(T) = K_0(T) \text{Exp.} \left[ \frac{\Delta HR}{R} \cdot \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right] \quad (14)$$

Dengan  $K_0$  terdapat di jurnal dengan Suhu 410 °C dapat melihat grafik dari jurnal Friedman, L.J. and Friedman, S.J. (2004) The wet gas sulphuric acid plant (part 2). Sulphur, 293, July-August 2004, 29-35.



- Tabel Stokiometri

Komponen	Mula''	Reaksi	Sisa
A	Fao	FaoX	FA=Fao-FaoX
B	Fbo	FaoX	FB=Fbo-FaoX
C	-	FaoX	FC= FaoX
Total	Fto = Fao-Fbo		FT=Fto-FaoX

Asumsi SO<sub>2</sub>=A ; O<sub>2</sub>=B ; SO<sub>3</sub>=C

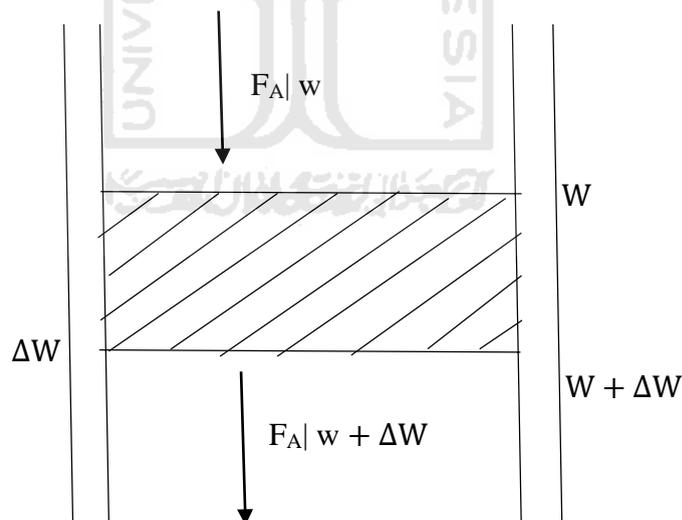
$$P_A = F_A/FT.P ; P_B = F_B/FT.P ; P_C = F_C/FT.P$$

$$V = \int_0^x \frac{F_{Ao}}{P_b \cdot k \cdot \left[ P_A^2 \cdot P_B - \frac{P_C^3}{K(T)} \right]} \cdot dX \quad (14)$$

Sehingga didapat persamaan Volume reaktor FBR Sebagai Berikut:

$$V = \frac{1}{P_b \cdot F_{Ao} \cdot Pt^2} \int_0^x \frac{dx}{k(T) \cdot \left[ \frac{139 \cdot (1-x)^3 \cdot Pt}{[142 + 139(1-x)]^3} - \frac{1}{K(T)} \cdot \frac{x^2}{[142 + 139(1-x)]^2} \right]}$$

### 3. Menghitung neraca panas pada elemen volume



*heat of input – heat of output - Rate of Reaction + rate of heat generation = Acc*

(17)

karna *steady state*, maka  $R_{acc} = 0$  dan juga Adiabatis maka  $Q = 0$  sehingga

persamaan nya:

$$\frac{dT}{dX} = \frac{\Delta H_{RA} \cdot F_{Ao}}{\sum F_i \cdot C_{pi}} \quad (17)$$

#### 4. Perancangan Reaktor

- Data – data fisis umpan reaktor

##### a. Menentukan Kapasitas Panas Gas Umpan (C<sub>pg</sub>)

$$C_{pg} = A + BT + CT^2 + DT^3 \quad (18)$$

- **BED-01**

Komponen	Massa (Kg/Jam)	n (KMol/Jam)	C <sub>pd</sub> (Joule/Mol)
H <sub>2</sub> O	2507,267	139,174	13560,208
N <sub>2</sub>	37115,334	1324,914	11391,015
CO <sub>2</sub>	73,329	1,666	16850,614
O <sub>2</sub>	4558,251	142,451	11943,900
SO <sub>2</sub>	8904,093	138,990	17627,461

Diketahui:

Ko =	150	kmol/jam.atm.Kg.catalyst
A =	1E+15	1/s
EA =	-1500000	J/mol
ko =	3371	
R =	8,314	J/molK
Pt =	1	Atm
Tmasuk =	683	K
Tkeluar =	813	K
R =	8,314	Kj/kmol. K
Fv =	10694,24385	m <sup>3</sup> /jam
ΔH <sub>rx</sub> =	-98,9	Kj/kmol. K
C <sub>p</sub> A =	6721	Kj/kmol. K
C <sub>p</sub> B =	4327	Kj/kmol. K
C <sub>p</sub> C =	23742	Kj/kmol. K
F <sub>ao</sub> =	139	Kmol/jam
F <sub>bo</sub> =	142	kmol/jam

Friedman, L.J. and Friedman, S.I. (2004) The wet gas sulphuric acid plant (part 2). Sulphur, 293, July-August 2004, 29-35. www.britishtsulphur.com

T. Hamzehlouyan et al. / Applied Catalysis B: Environmental 152-153 (2014) 108-116

Design Equation :

$$V = \frac{1}{P_b \cdot F_{ao} \cdot Pt^2} \int_0^x \frac{dx}{k(T) \cdot \left[ \frac{139 \cdot (1-x)^3 \cdot Pt}{[142 + 139(1-x)]^3} - \frac{1}{K(T)} \cdot \frac{x^2}{[142 + 139(1-x)]^2} \right]}$$

Diselesaikan dengan metode penyelesaian numeris menggunakan metode Trapezoida rule dengan inkremen =0,05 dengan konversi 25%

$$\begin{aligned} \Delta HRA (T) &= \Delta Hrx(Tr) + C_{pproduk} - C_{preaktan}(T-Tr) \\ &= 1609586,5 \quad \text{Kj/kmol} \end{aligned}$$

$$\sum F_i \cdot C_{p i} = F_{aox}(F_{ao} \cdot C_{pa} + F_{bo} \cdot C_{pb} - C_{pb} + C_{pc}) \frac{dT}{dx}$$

NP di RAP :  $\frac{dT}{dx}$  .....

$$\text{Sehingga : } T = T_o - \frac{\Delta HRA}{F_{ao} \cdot C_{pa} + F_{bo} \cdot C_{pb} - C_{pb} + C_{pc}} \cdot \ln x$$

$$K(T) = K_o(T) \cdot \text{Exp} \left[ \frac{\Delta HR}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_o} \right) \right]$$

$$k(T) = k_o(T) \cdot \text{Exp} \left[ \frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_{max}} - \frac{1}{T_o} \right) \right]$$

X	T(K)	k(T)	K(T)		F(x)
0,00	683,00	49,36	150,000000	159626,1942	3234
0,05	686,08	55,57	42,019346	172705,7408	3108
0,10	688,44	60,82	15,947887	188083,6841	3092
0,15	690,39	65,49	7,214585	206547,2939	3154
0,20	692,04	69,70	3,693847	229861,2027	3298
0,25	693,47	73,53	2,080492	262934,4307	3576

Lalu didapat F(x) sebagai Berikut:

$$F(x) = \int_0^x \frac{dx}{k(T) \cdot \left[ \frac{139 \cdot (1-x)^3}{[142 + 139(1-x)]^3} - \frac{1}{K(T)} \cdot \frac{x^2}{[142 + 139(1-x)]^2} \right]}$$

$$F(x) = 802,8448017$$

$$V = \frac{F(x)}{P_b \cdot F_{ao} \cdot Pt^2}$$

Sehingga didapat Volume Fbr Multibed pada Bed-01 :

V=	85,842636	m <sup>3</sup>
----	-----------	----------------

waktu tinggal (detik) =		0,4816197	Menit
feed masuk =		53158,27	kg/jam
Volumetrik rate =	Q = m / ρ gas	10694,24	m <sup>3</sup> /jam
volume gas =	Q x t	85,84	m <sup>3</sup>

Volume katalis = jumlah SO<sub>3</sub> yang terbentuk / aktivasi katalis

Massa Katalis (WV205) =	Massa Feed per jam / WHSV	42869,58	Kg
Volume Katalis =	WV205 / densitas V205	32,98	m <sup>3</sup>

#### Menentukan volume total

V	118,82	m <sup>3</sup>
Over Design 20%	142,58	m <sup>3</sup>
	37666,46	Galoon

#### Menentukan dimensi reactor

ditentukan H=3D

Volume reactor =  $(\pi \times ID^2 \times H) / 4$

D <sup>3</sup> =	3,78	
D=	2	m
H=	4,67	m
Luas selimut kolom=	22,87	m <sup>2</sup>
mencari luas tranfer panas (A)=	386,52961	m <sup>2</sup>

- **BED-02**

Diselesaikan dengan metode penyelesaian numeris menggunakan metode Trapezoida rule dengan inkremen =0,05 dengan Konversi 85%

x	T(K)	k(T)	K(T)		F(x)
0,25	683,00	49,36	150,000000	254753,4893	5162
0,30	684,24	51,77	89,896125	287855,3909	5560
0,35	685,31	53,96	57,612116	330099,5197	6117
0,40	686,25	55,94	39,116506	386154,1134	6903
0,45	687,07	57,72	27,938092	465097,815	8057
0,50	687,79	59,31	20,873808	587323,0917	9902
0,55	688,40	60,72	16,241423	809622,7837	13334
0,60	688,92	61,94	13,111769	1367795,349	22082
0,65	689,37	62,99	10,949014	5883993,039	93411
0,70	689,73	63,87	9,432620	2117958,277	33160
0,75	690,03	64,59	8,364946	818976,9031	12679
0,80	690,26	65,15	7,621287	475530,0623	7299
0,85	690,42	65,57	7,121900	318178,6837	4853

$$F(x) = \int_0^x \frac{dx}{k(T) \cdot \left[ \frac{139 \cdot (1-x)^3}{[142+139(1-x)]^3} + \frac{1}{K(T) \cdot [142+139(1-x)]^2} \right]}$$

F(x) =	11175,558
--------	-----------

$$V = \frac{F(x)}{Pb \cdot Fao \cdot Pt^2}$$

Sehingga didapat Volume Fbr Multibed pada Bed-02 :

$$V = 1194,93 \text{ m}^3$$

waktu tinggal (detik) =	6,70	menit
feed masuk =	53158,27	kg/jam
Volumetrik rate =	Q = m / ρ	10694,24 m <sup>3</sup> /jam
	gas	

volume gas	= Q x t	1194,93	m <sup>3</sup>
------------	---------	---------	----------------

Volume katalis = jumlah SO<sub>3</sub> yang terbentuk / aktivasi katalis

Massa Katalis (WV2O5) =	Massa Feed per jam / WHSV	42869,58	kg
Volume Katalis =	WV2O5 / densitas V2O5	32,98	m <sup>3</sup>

menentukan volume total

V	1227,90	m <sup>3</sup>
Over Design 20%	1473,48	m <sup>3</sup>
	389252,69	galoon

Menentukan dimensi reactor

ditentukan H=4D

$$\text{Volume reactor} = (\pi \times ID^2 \times H) / 4$$

$$D^3 = 29,33$$

$$D = 2 \text{ m}$$

$$H = 6,98 \text{ m}$$

$$\text{Luas selimut kolom} = 51,02 \text{ m}^2$$

$$\text{mencari luas tranfer panas (A)} = 386,52961 \text{ m}^2$$

• **BED-03**

Diselesaikan dengan metode penyelesaian numeris menggunakan metode Trapezoida rule dengan inkremen =0,05 dengan Konversi 95 %

x	T(K)	k(T)	K(T)		F(x)
0,85	683,00	49,36	150,000000	21855174,53	442803
0,90	686,08	55,57	42,019346	1476817,845	26576
0,95	686,13	55,68	41,119234	1070019,465	19216

$$F(x) = \int_0^x \frac{dx}{k(T) \left[ \frac{139(1-x)^3}{[142+139(1-x)]^3} - \frac{1}{K(T)[142+139(1-x)]^2} \right]}$$

$$F(x) = 12879,2648749$$

$$V = \frac{F(x)}{Pb.Fao.Pt^2}$$

$$V = 1377,091 \text{ m}^3$$

waktu tinggal (detik) = 7,7261599 menit

feed masuk = 53158,27 kg/jam

Volumetrik rate =  $Q = m / \rho$  gas 10694,24 m<sup>3</sup>/jam

volume gas =  $Q \times t$  1377,09 m<sup>3</sup>

Volume katalis = jumlah SO<sub>3</sub> yang terbentuk / aktivasi katalis

Massa Katalis (WV2O5) =  $\frac{\text{Massa Feed per jam}}{\text{WHSV}}$  42869,58 Kg

Volume Katalis =  $\frac{\text{WV2O5}}{\text{densitas V2O5}}$  32,98 m<sup>3</sup>

menentukan volume total

V 1410,07 m<sup>3</sup>

Over Design 20% 1692,08 m<sup>3</sup> 1 m<sup>3</sup>

447000,34 galoon

Menentukan dimensi reactor pada Bed-03

ditentukan  $H=4D$

Volume reactor =  $(\pi \times ID^2 \times H) / 4$

$$D^3 = 33,68$$

$$D = 2 \quad \text{M}$$

$$H = 7,23 \quad \text{M}$$

$$\text{Luas selimut kolom} = 54,67 \quad \text{m}^2$$

$$\text{mencari luas tranfer panas (A)} = 386,52961 \quad \text{m}^2$$

- **Mechanical Design Reaktor**

**a. Menentukan Tebal Shell**

Bahan yang digunakan Stainless Steel SA-316 Grade 11

Diketahui :

$$P_{operasi} = 1 \text{ atm} = 14,6959 \text{ psi}$$

$$P_{design} = (120/100) \times 14,6959 \text{ psi} = 17,6351 \text{ psi}$$

$$D = 89,46 \text{ in} = r = 44,73 \text{ in}$$

$$\text{Tekanan yang diizinkan (f)} = 18750 \text{ psi}$$

$$\text{Efisiensi pengelasan (E)} = 0,8$$

$$\text{Faktor korosi} = 0,125 \text{ in}/10 \text{ tahun}$$

Maka :

$$\text{Tebal Shell (ts)} = \frac{P \times r}{f \times E - 0,6P} + C \quad (60)$$

$$= 0,872 \text{ in}$$

Dipilih tebal dinding reaktor standar, yaitu 1 in. . (Tabel 5.6, halaman 88,

Brownell) Diameter luar reaktor =  $ID + 2 \times ts$  (61)

$$= 89,46 \text{ in} + 2(1) \text{ in}$$

$$= 91,46 \text{ in}$$

Dipilih Diameter luar reaktor standar, yaitu 96 in. (Tabel 5.7, halaman 90,

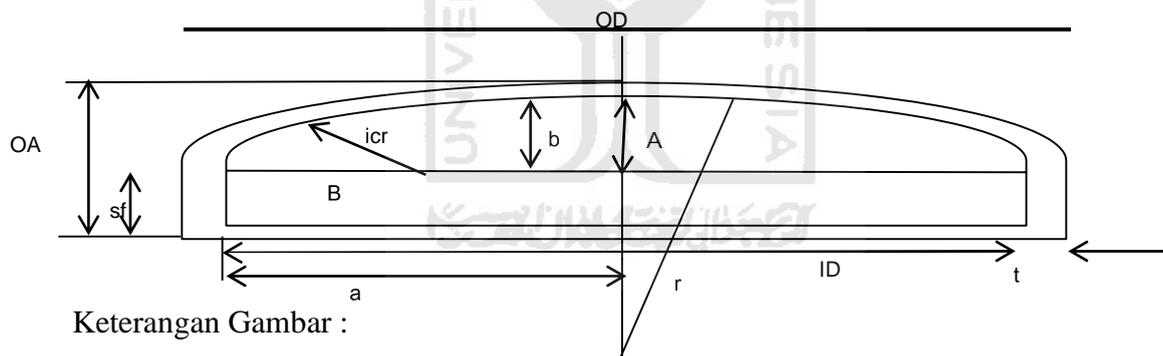
Brownell)

## b. Menentukan Head Reaktor

### - Tebal Head Reaktor

Bentuk Head = *Torispherical head*

Bahan konstruksi = Stainless Steel SA-316 Grade 11



Keterangan Gambar :

ID = Diameter dalam head

OD = Diameter luar head

a = Jari – jari dalam head

t = Tebal head

r = Jari – jari head

icr = Jari – jari dalam sudut dish

b = Tinggi head

sf = *Straight Flange*

OA = Tinggi total head

Diketahui :

Poperasi = 1 atm = 14,6959 psi

Pdesign = (120/100) x 14,6959 psi = 17,6351 psi

D = 89,46 in = r = 44,73 in

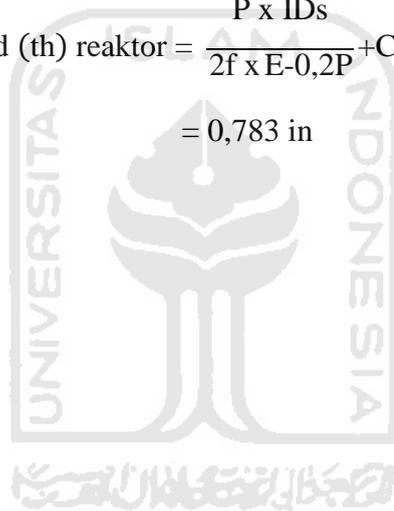
Tekanan yang diizinkan (f) = 18750 psi

Efisiensi pengelasan ( E ) = 0,8

Faktor korosi = 0,125 in/10 tahun

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Tebal head (th) reaktor} &= \frac{P \times ID_s}{2f \times E - 0,2P} + C \quad (62) \\ &= 0,783 \text{ in} \end{aligned}$$



Dipilih tebal dinding reaktor standar, yaitu 1 in. . (Tabel 5.6, halaman 88, Brownell)

### - Tinggi Head Reaktor

Diketahui :

$$\text{ODs} = 96 \text{ in}$$

$$t_s = 1 \text{ in}$$

didapat :  $i_{cr} = 5,875 \text{ in}$

$$r = 96 \text{ in}$$

$$a = \text{IDs}/2 = 58,52 \text{ in}$$

$$AB = a - i_{cr} = 57,77 \text{ in}$$

$$BC = r - i_{cr} = 113,25 \text{ in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{1/2} = 97,4101 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 16,5899 \text{ in}$$

Dari tabel 5.6 Brownell halaman 88 dengan  $t_h = 1 \text{ in}$  didapat  $s_f = 1,5 - 4 \text{ in}$

perancangan digunakan  $s_f = 2,5 \text{ in}$

Tinggi head reaktor dapat dihitung dengan persamaan :

$$hH = t_h + b + s_f \quad (63)$$

$$= (1 + 16,5899 + 2,5) \text{ in}$$

$$= 20,0899 \text{ in} = 1,674 \text{ ft} = 0,5103 \text{ m}$$

### - Tinggi Total Reaktor

Tinggi Total Reaktor = Tinggi bed 1 +Tinggi Bed 2+ Tinggi bed 3 + 2.Tinggi head reaktor (64)

$$= (6,35 + 9,09 + 4,56 + 2(0,5103) ) \text{ m}$$

$$= 21,02 \text{ m} = 68,9633 \text{ ft}$$

**- Volume Reaktor**

$$\text{Volume head (Vh)} = 0,000049 \times ID_s^3 \quad (65)$$

$$= 0,0002 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Shell (Vs)} = V_{\text{bed 1}} + V_{\text{bed 2}} + V_{\text{bed 3}} \quad (66)$$

$$= 1493,63 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Reaktor (Vr)} = 2 \text{Volume head} + \text{Volume Shell} \quad (67)$$

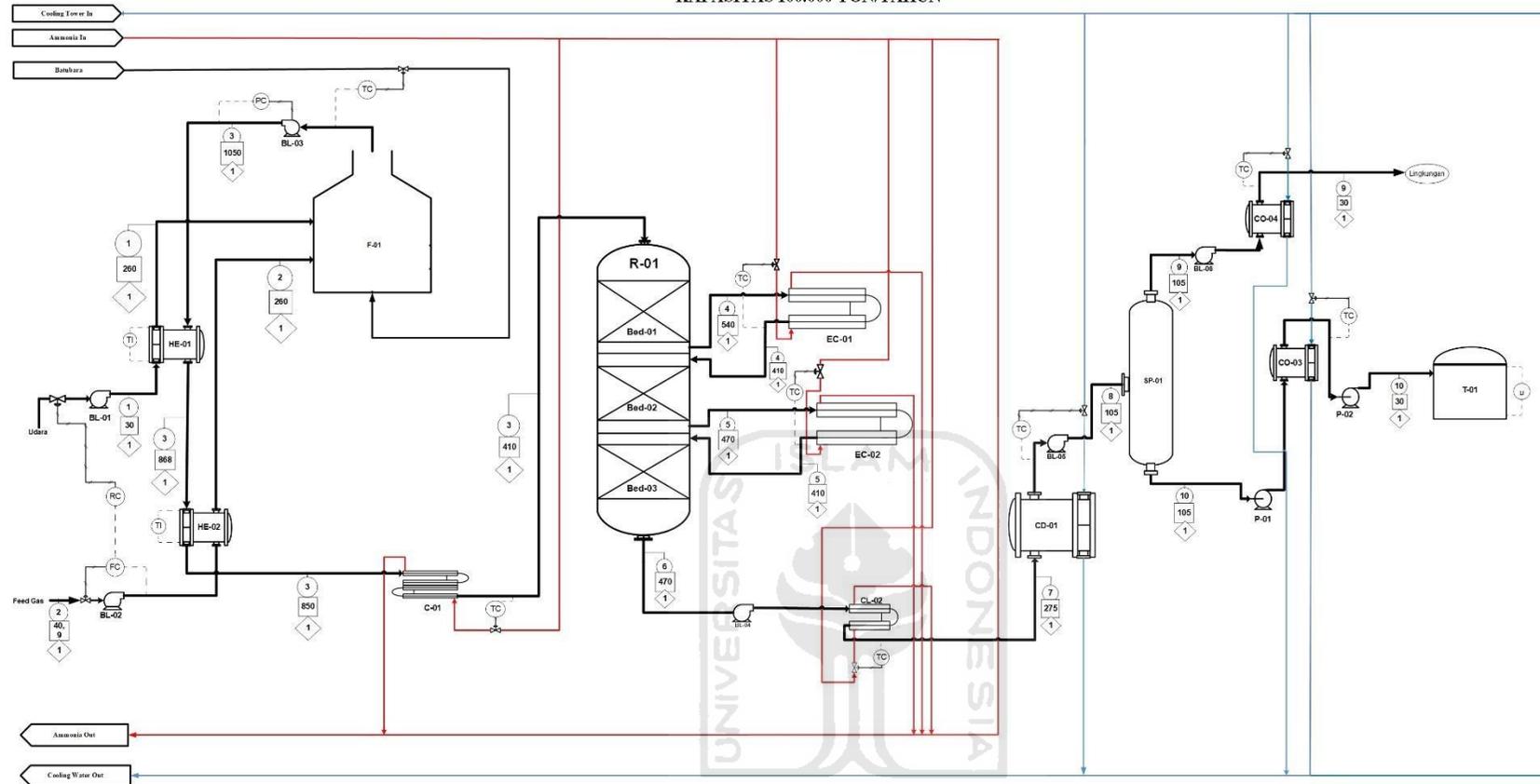
$$= 1493,6304 \text{ m}^3$$



# LAMPIRAN B



**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM**  
**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM SULFAT DARI HIDROGEN SULFIDA DENGAN**  
**KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**



Komponen	Arus (Kg/Jam)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H <sub>2</sub> S	4689	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CS <sub>2</sub>	5,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H <sub>2</sub> O	7,38	-	2507	2507	2507	2507	1746	290,98	-	290,98
N <sub>2</sub>	41,73	37074	37115	37115	37115	37115	37115	37115	37115	-
CO <sub>2</sub>	0,9	-	73,33	73,33	73,33	73,33	73,33	73,33	73,33	-
CH <sub>4</sub>	5,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H <sub>2</sub>	1,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COS	76,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub>	-	11259	4558	4002	3141	2446	2446	2446	2446	-
SO <sub>2</sub>	-	-	8904	6678	3228	447,94	447,94	447,94	447,94	-
SO <sub>3</sub>	-	-	-	2782	7094	10586	7186	718,63	652,58	66,05
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	-	-	-	-	4143	12066	-	12066
<b>Total</b>	<b>4828</b>	<b>48332</b>	<b>53158</b>	<b>53158</b>	<b>53158</b>	<b>53158</b>	<b>53158</b>	<b>53158</b>	<b>40297</b>	<b>12861</b>

Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan
TI	Temperature Indikator	BL	Blower
LI	Level Indikator	CD	Condensor
PC	Pressure Control	F	Furnace
FC	Flow Control	CO	Cooler
RC	Ratio Control	HE	Heat Exchanger
TC	Temperatur Control	P	Pompa
○	Nomor Arus	R	Reaktor
□	Suhu, °C	SP	Separator
◇	Tekanan, atm	T	Tangki Penyimpanan
—	Pneumatic		
⊗	Control Valve		
—	Piping		
—	Electric Connector		

**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**

---

*PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM*  
 PRA RANCANGAN PABRIK ASAM SULFAT DARI  
 HIDROGEN SULFIDA DENGAN KAPASITAS 100.000 TON/  
 TAHUN

---

Disusun oleh:

1. Muhammad Fadila Putra      16521194  
 2. Ikrom Abu Amar              16521185

---

Dosen Pembimbing:

1. Dr. Khamdan Cahyari, ST., MSc.  
 2. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.