

**PRARANCANGAN PABRIK *FERROUS SULFATE*
DARI *STEEL PICKLING LIQUOR* DAN ASAM
SULFAT DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

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



Oleh:

Nama : Syafa Catur Srihadi Putri

Nama : Dina Aulia Fuad

No. Mahasiswa : 18521155

No. Mahasiswa : 18521175

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

2022

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRARANCANGAN PABRIK**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Syafa Catur Srihadi Putri

Nama : Dina Aulia Fuad

NIM : 18521155

NIM : 18521175

Yogyakarta, 8 September 2022

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Syafa Catur Srihadi Putri

NIM: 18521155



Dina Aulia Fuad

NIM: 18521175

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRARANCANGAN PABRIK *FERROUS SULPHATE* DARI *STEEL*
PICKLING LIQUOR DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 10.000
TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK
ISLAM

Oleh:

Nama : Syafa Catur Srihadi Putri	Nama : Dina Aulia Fuad
No. Mahasiswa : 18521155	No. Mahasiswa : 18521175

Yogyakarta, 15 September 2022

UNIVERSITAS INDONESIA



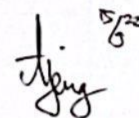
Pembimbing I



Pembimbing II



Suharno Rusdi, Ir., Ph.D
NIK. 845210102



Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.
NIK. 155211305

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PRARANCANGAN PABRIK FERROUS SULFATE DARI STEEL
PICKLING LIQUOR DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 10.000
TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Syafa Catur Srihadi Putri Nama : Dina Aulia Fuad
No. Mahasiswa : 18521155 No. Mahasiswa : 18521175

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

Yogyakarta, 11 Oktober 2022

Tim Penguji,

Suharno Rusdi, Ir., Ph.D.
Ketua

14-10-2022

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

11-10-2022

Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng
Anggota II

12-10-2022

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Iffa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIK. 155210506

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga pada kesempatan kali ini penulis dapat menyusun dan menyelesaikan naskah tugas akhir dengan judul "*Prarancangan Pabrik Ferrous Sulfate dari Steel Pickling Liquor dan Asam Sulfat dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun*".

Naskah tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah prarancangan pabrik (TA) serta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia di Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dengan selesainya naskah tugas akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang Maha Esa, karena dengan izinnya penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan penelitian ini dengan baik.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan dan doanya.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof.,Dr., Ir., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Suharno Rusdi, Ir., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir 1.
6. Ibu Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir 2.
7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
8. Rekan-rekan yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung sehingga laporan penelitian ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu.

Penulis menyadari bahwa naskah tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan kesalahan serta masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Penulis berharap semoga naskah tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu Teknik Kimia kedepannya. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 15 September 2022

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	i
PRARANCANGAN PABRIK.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
ABSTRAK.....	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik.....	2
1.2.1 Kapasitas Pabrik <i>Ferrous Sulfate</i> yang Telah Berdiri.....	2
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku.....	3
1.2.3 Kebutuhan Produk di Indonesia	4
1.3 Tinjauan Pustaka.....	7
1.3.1 <i>Ferrous Sulfate</i>	7
1.3.2 Proses Pembuatan	7
1.3.3 Pemilihan Proses	10
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	12
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	15
2.1 Spesifikasi Produk	15
2.1.1 <i>Ferrous Sulfate</i>	15
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	16
2.2.1 <i>Steel Pickling Liquor</i>	16
2.2.2 Asam Sulfat	17
2.3 Pengendalian Kualitas	18
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku (<i>Input</i>)	18

2.3.2 Pengendalian Proses	18
2.4 Pengendalian Kualitas Produk	19
BAB III PERANCANGAN PROSES.....	21
3.1 Diagram Alir Proses dan Material	21
3.2 Uraian Proses	23
3.3 Spesifikasi Alat	24
3.3.1 Alat Besar	24
3.3.2 Alat Penyimpanan Bahan	29
3.3.3 Alat Transportasi Bahan	31
3.3.4 Alat Penukar Panas	36
3.4 Neraca Massa.....	36
3.4.1 Neraca Massa Total	36
3.4.2 Neraca Massa Alat.....	37
3.5 Neraca Panas.....	39
BAB IV PERANCANGAN PABRIK	41
4.1 Lokasi Pabrik	41
4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	41
4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik.....	43
4.2 Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	45
4.3 Tata Letak Mesin / Alat Proses (<i>Machines Layout</i>)	47
4.4 Organisasi Perusahaan	49
4.4.1 Bentuk Perusahaan	49
4.4.2 Struktur Organisasi	50
4.4.3 Tugas dan Wewenang.....	53
4.4.5 Jadwal Kerja Karyawan.....	57
4.4.6 Perincian Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji Pegawai	60
4.4.7 Kesejahteraan Karyawan	62
4.4.8 Fasilitas Karyawan	62
BAB V UTILITAS.....	65
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	65
5.1.1 Unit Penyediaan Air	65

5.1.2 Unit Pengolahan Air	68
5.1.3 Kebutuhan Air	72
5.3 Unit Pembangkit Steam	75
5.4 Unit Pembangkit Listrik	75
5.5 Unit Penyedia Udara Tekan.....	76
5.6 Unit Penyedia Bahan Bakar.....	77
5.7 Unit Pengolahan Limbah	77
BAB VI EVALUASI EKONOMI	79
6.1 Penaksiran Harga Peralatan	80
6.2 Dasar Perhitungan.....	81
6.3 Perhitungan Biaya.....	82
6.3.1 <i>Capital Investment</i>	82
6.3.2 <i>Manufacturing Cost</i>	82
6.3.3 <i>General Expanse</i>	83
6.4 Analisa Kelayakan	83
6.4.1 <i>Percent Return on Investment (ROI)</i>	83
6.4.2 <i>Pay Out Time (POT)</i>	83
6.4.3 <i>Break Even Point (BEP)</i>	83
6.4.4 <i>Shut Down Point (SDP)</i>	84
6.4.5 <i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)</i>	84
6.5 Hasil Perhitungan.....	85
6.6 Analisa Keuntungan.....	88
6.7 Hasil Kelayakan Ekonomi	89
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	90
6.1 Kesimpulan	90
6.2 Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	92

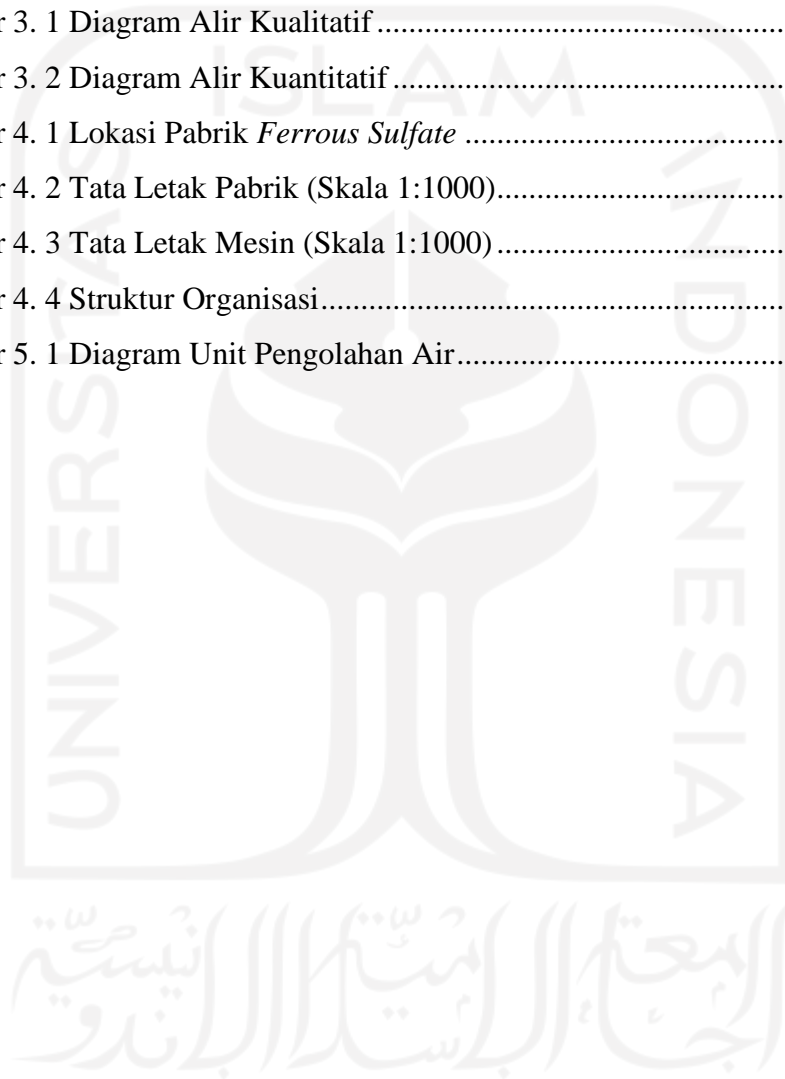
DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Produsen <i>Ferrous Sulfate</i>	3
Tabel 1. 2 Pabrik Besi Baja di Indonesia	4
Tabel 1. 3 Pabrik Asam Sulfat di Indonesia.....	4
Tabel 1. 4 Kebutuhan Impor <i>Ferrous Sulfate</i> di Indonesia.....	5
Tabel 1. 5 Kebutuhan Ekspor <i>Ferrous Sulfate</i> di Indonesia	6
Tabel 1. 6 Perbandingan Proses	11
Tabel 2. 1 Identifikasi <i>Hazard Ferrous Sulfate</i>	15
Tabel 2. 2 Identifikasi <i>Hazard Steel Pickling Liquor</i>	16
Tabel 2. 3 Identifikasi <i>Hazard Asam Sulfat</i>	17
Tabel 3. 1 Spesifikasi Pompa	31
Tabel 3. 2 Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i>	36
Tabel 3. 3 Neraca Massa Total.....	36
Tabel 3. 4 Neraca Massa <i>Mixer</i>	37
Tabel 3. 5 Neraca Massa Reaktor	37
Tabel 3. 6 Neraca Massa Evaporator	37
Tabel 3. 7 Neraca Massa <i>Crystallizer</i>	38
Tabel 3. 8 Neraca Massa <i>Centrifuge</i>	38
Tabel 3. 9 Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i>	38
Tabel 3. 10 Neraca Panas <i>Mixer</i>	39
Tabel 3. 11 Neraca Panas Reaktor	39
Tabel 3. 12 Neraca Panas Evaporator	39
Tabel 3. 13 Neraca Panas <i>Crystallizer</i>	40
Tabel 3. 14 Neraca Panas <i>Centrifuge</i>	40
Tabel 3. 15 Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i>	40
Tabel 4. 1 Luas Lokasi Pabrik.....	47
Tabel 4. 2 Jadwal Pembagian Kerja Karyawan Shift.....	59
Tabel 4. 3 Gaji Karyawan	61
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin.....	72
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Proses	72
Tabel 5. 3 Kebutuhan Air <i>Steam</i>	72

Tabel 5. 4 Kebutuhan Air Sanitasi	73
Tabel 6. 1 <i>Chemical Engineering Plant Cost Index</i>	80
Tabel 6. 2 <i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	85
Tabel 6. 3 <i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	85
Tabel 6. 4 <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	85
Tabel 6. 5 <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	86
Tabel 6. 6 <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	86
Tabel 6. 7 <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	86
Tabel 6. 8 <i>Manufacturing Cost (MC)</i>	86
Tabel 6. 9 <i>Working Capital (WC)</i>	87
Tabel 6. 10 <i>General Expenses (GE)</i>	87
Tabel 6. 11 <i>Total Production Cost (TPC)</i>	87
Tabel 6. 12 <i>Total Fixed Cost (Fa)</i>	87
Tabel 6. 13 <i>Total Variable Cost (Va)</i>	88
Tabel 6. 14 <i>Total Regulated Cost (Ra)</i>	88
Tabel 6. 15 Hasil Kelayakan Ekonomi	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik hubungan antara kebutuhan impor <i>ferrous sulfate</i> pada tahun ke-n.....	5
Gambar 1. 2 Grafik hubungan antara kebutuhan ekspor <i>ferrous sulfate</i> pada tahun ke-n.....	6
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif	21
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif	22
Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik <i>Ferrous Sulfate</i>	44
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik (Skala 1:1000).....	46
Gambar 4. 3 Tata Letak Mesin (Skala 1:1000).....	49
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi.....	52
Gambar 5. 1 Diagram Unit Pengolahan Air.....	74



ABSTRAK

Kebutuhan bahan kimia saat ini cukup tinggi di Indonesia salah satunya yaitu bahan kimia *ferrous sulfate*. Saat ini, *ferrous sulfate* masih belum diproduksi di dalam negeri sehingga untuk memenuhi kebutuhan tersebut perlu mengimport *ferrous sulfate* dari luar negeri. Oleh karena itu, Prarancangan Pabrik *Ferrous Sulfate* ini bertujuan untuk dapat memenuhi kebutuhan bahan kimia *ferrous sulfate* di dalam negeri dengan cara memanfaatkan limbah industri logam. Limbah dari industri logam ini diolah untuk dijadikan sebagai bahan utama dari pembuatan *ferrous sulfate*. Produk yang dihasilkan dari Pabrik *Ferrous Sulfate* sebagian besar digunakan untuk proses *water treatment*. Pabrik *ferrous Sulfate* dari *steel pickling liquor* dan asam sulfat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun akan didirikan pada tahun 2027 di Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Pabrik beroperasi selama 330 hari pertahun dengan jumlah karyawan sebanyak 130 orang. *Ferrous sulfate* diproduksi dengan cara mereaksikan asam sulfat dengan limbah dari industri logam yaitu *steel pickling liquor* pada suhu 85°C tekanan 1 atm. Reaktor yang digunakan untuk mereaksikan bahan tersebut adalah Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Kebutuhan utilitas yaitu air sebanyak 117.367 kg/jam, listrik sebesar 431 kWh, bahan bakar *fuel oil* sebanyak 162 kg/jam, solar 59,2 kg/jam dan kebutuhan unit penyedia udara tekan sebesar 30,58 m³/jam. Dari hasil perhitungan evaluasi ekonomi, diperoleh modal tetap sebesar Rp. 478.144.133.868, modal kerja sebesar Rp. 648.748.231.373, biaya produksi sebesar Rp. 537.199.659.179. Keuntungan yang didapatkan sebelum pajak sebesar Rp. 103.484.532.710 dan setelah pajak sebesar Rp. 82.787.626.168. *Return on Investment* (ROI) yang diperoleh sebelum pajak sebesar 21,64% dan setelah pajak 17,31%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 4,62 tahun dan setelah pajak 5,78 tahun. *Break Even Point* (BEP) didapatkan hasil sebesar 42,52%, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 15,96% dan *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 8%. Berdasarkan hasil yang telah disimpulkan, pabrik *ferrous sulfate* dari *steel pickling liquor* dan asam sulfat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan dan dikaji lebih lanjut terkait realisasi pendirian pabrik.

Kata kunci: Asam Sulfat, *Ferrous Sulfate*, Limbah, *Steel Pickling Liquor*

ABSTRACT

The current demand for chemicals is quite high in Indonesia, one of which is ferrous sulfate. Currently, ferrous sulfate is still not produced domestically, so to meet this need it is necessary to import ferrous sulfate from abroad. Therefore, this Ferrous Sulfate Plant Design aims to be able to meet the domestic demand for ferrous sulfate chemicals by utilizing metal industrial waste. Waste from the metal industry is processed to be used as the main ingredient for the manufacture of ferrous sulfate. The products produced from the Ferrous Sulfate Plant are mostly used for the water treatment process. A ferrous sulfate plant from steel pickling liquor and sulfuric acid with a capacity of 10,000 tons/year will be established in 2027 in Gresik, East Java. The factory operates for 330 days per year with 130 employees. Ferrous sulfate is produced by reacting sulfuric acid with waste from the metal industry, namely steel pickling liquor at a temperature of 85°C pressure of 1 atm. The reactor used to react these materials is the Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR). The utility needs are 117,367 kg/hour water, 431 kWh electricity, 162 kg/hour fuel oil, 59.2 kg/hour diesel and 30.58 m³/hour compressed air supply unit needs. From the calculation of economic evaluation, obtained fixed capital of Rp. 478,144,133,868, working capital of Rp. 648,748,231,373, the production cost is Rp. 537,199,659,179. The profit earned before tax is Rp. 103,484,532,710 and after tax of Rp. 82,787,626,168. Return on Investment (ROI) obtained before tax is 21.64% and after tax is 17.31%. Pay Out Time (POT) before tax is 4.62 years and after tax is 5.78 years. Break Even Point (BEP) yielded 42.52%, Shut Down Point (SDP) was 15.96% and Discounted Cash Flow Rate (DCFR) was 8%. Based on the results that have been concluded, the ferrous sulfate plant from steel pickling liquor and sulfuric acid with a capacity of 10,000 tons/year is feasible to be established and further studied regarding the realization of the establishment of the plant.

Keywords: Ferrous Sulfate, Steel Pickling Liquor, Sulfuric Acid, Waste

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat ini perkembangan industri di Indonesia semakin lama semakin meningkat dan menunjukkan perkembangan yang sangat pesat, hal ini menunjukkan bahwa banyak peningkatan jumlah pabrik – pabrik termasuk pabrik yang memproduksi bahan kimia. Penyebab dari meningkatnya jumlah pabrik di Indonesia ini dikarenakan adanya peningkatan permintaan bahan-bahan kimia di sektor pasar Indonesia dan di seluruh dunia. Keberadaan industri kimia ini sangat penting karena bisa menjadi pendorong bagi sektor perekonomian Indonesia dan dapat menghasilkan pendapatan bagi negara.

Keberadaan industri ini dapat mengurangi dependensi impor bahan kimia dari negara lain. Selain memiliki banyak manfaat dan keuntungan bagi negara, hal ini juga dapat menimbulkan permasalahan diantaranya seperti limbah yang dihasilkan oleh pabrik kimia itu sendiri yang dapat menjadi pencemaran dan bisa merusak ekologi lingkungan di sekitarnya. Oleh karena itu sistem pengolahan limbah perlu diterapkan untuk mengurangi limbah dan menghilangkan polusi dari pabrik untuk mengubah limbah tersebut menjadi produk yang masih memiliki nilai yang layak untuk dijual.

Steel pickling liquor merupakan salah satu limbah yang dihasilkan oleh industri pengolahan besi baja dimana jika diolah limbah ini memiliki manfaat dan nilai jual. Berbagai cara telah dilakukan untuk mengolah limbah dari industri pengolahan baja ini agar bisa diproses semaksimal mungkin dengan berbagai metode dan diharapkan proses pengolahan limbah *Steel pickling liquor* cukup memuaskan.

Copperas atau dikenal dengan *ferrous sulfate* merupakan bahan kimia yang banyak digunakan dalam berbagai sektor industri seperti industri farmasi, industri *water treatment*, industri tekstil. *Ferrous sulfate* atau *Copperas* juga merupakan bahan kimia yang saat ini banyak dibutuhkan sebagai bahan baku dan bahan kimia penunjang industri kimia lainnya.

Di Indonesia kebutuhan akan bahan kimia cukup tinggi salah satunya yaitu bahan kimia *ferrous sulfate*. Saat ini, *ferrous sulfate* masih belum diproduksi di dalam negeri sehingga untuk memenuhi kebutuhan tersebut perlu mengimport *ferrous sulfate* dari luar negeri. Maka dari itu, keuntungan dari pendirian pabrik *ferrous sulfate* adalah:

1. Dapat memenuhi kebutuhan *ferrous sulfate* di Indonesia.
2. Mengurangi ketergantungan mengimport *ferrous sulfate* dari luar negeri.
3. Bahan baku bisa diperoleh dan didapatkan di Indonesia.
4. Mencegah polusi yang diakibatkan oleh limbah dari pabrik pengolahan besi baja di Indonesia.
5. Memiliki nilai jual yang tinggi dan memberikan kesempatan pada industri-industri lain yang akan berdiri untuk menggunakan *ferrous sulfate* sebagai bahan baku dan bahan penunjangnya.
6. Dapat meningkatkan pendapatan dan membuka lapangan pekerjaan di Indonesia.

1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik

Kapasitas produksi adalah hasil maksimum dari produksi yang dapat dihasilkan dalam satuan waktu tertentu (Kusuma,2009). Dalam penentuan kapasitas pabrik *ferrous sulfate* ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan, antara lain: kapasitas pabrik yang telah berdiri, ketersediaan bahan baku dan kebutuhan produk.

1.2.1. Kapasitas Pabrik *Ferrous Sulfate* yang Telah Berdiri

Penentuan kapasitas pabrik *ferrous sulfate* perlu mempertimbangkan pabrik-pabrik yang telah berdiri. Hal ini diperlukan untuk memberikan rentang kapasitas pabrik yang layak untuk didirikan karena hanya pabrik yang menguntungkan yang akan tetap berdiri.

Tabel 1. 1 Produsen *Ferrous Sulfate*

Produsen	Kapasitas (ton/tahun)	Negara
Cosmo Chemical Co. Ltd.	150.000	Korea Selatan
Rech Chemical Co. Ltd.	7.000	China
Zouping Boyi Chemical Industry Co., Ltd.	36.000	China
Arshine Pharmaceutical Co., Limited	6.000	China
Add-Iron Corporation	15.000	Amerika Serikat
Crown Technology	21.000	India
QC Corporation	45.000	Monaco
SEM Minerals	18.000	Amerika Serikat

Dari Tabel 1.1, dapat diketahui bahwa pendirian pabrik *ferrous sulfate* akan beroperasi dengan baik dan menguntungkan pada rentang kapasitas yang lebar yaitu antara 6.000 – 150.000 ton/tahun.

1.2.2. Ketersediaan Bahan Baku

Pertimbangan lain dalam menentukan kapasitas pabrik *ferrous sulfate* adalah ketersediaan bahan baku. Harus dipastikan pabrik yang akan didirikan dapat memperoleh *supply* bahan baku secara terus menerus. Bahan baku yang didapatkan sebisa mungkin dipenuhi dari dalam negeri. Impor dapat dilakukan jika produksi dalam negeri tidak dapat memenuhi kebutuhan, dengan mempertimbangkan dampak ekonomisnya.

Ketersediaan bahan baku berupa limbah dari pengolahan besi baja perlu mendapat perhatian ekstra. Hal ini dikarenakan limbah seringkali memiliki kesulitan dalam pengumpulannya dengan jumlahnya yang besar dan sulit untuk diimpor. Untuk mengetahui proyeksi ketersediaan bahan baku di Indonesia dapat dilihat melalui data produsen *steel pickling liquor* dan asam sulfat yang ditunjukkan pada Tabel 1.2 dan 1.3:

Tabel 1. 2 Pabrik Besi Baja di Indonesia

Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
PT. Gunawan Dian Jaya Steel, Surabaya	350.000
PT. Jaya Pari Steel Corp, Surabaya	100.000
PT. Krakatau Steel, Cilegon	850.000
PT. Hanil Jaya Steel, Sidoarjo	360.000
PT. Angkasa Raya Steel, Gresik	75.000

Tabel 1. 3 Pabrik Asam Sulfat di Indonesia

Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
PT. Petrokimia, Gresik	1.170.000
PT. Smelting, Gresik	920.000
PT. Petro Jordan Abadi, Gresik	600.000
PT. Indonesian Acids Industry, Cilegon	82.500
PT. Mahkota Indonesia, Jakarta	74.000

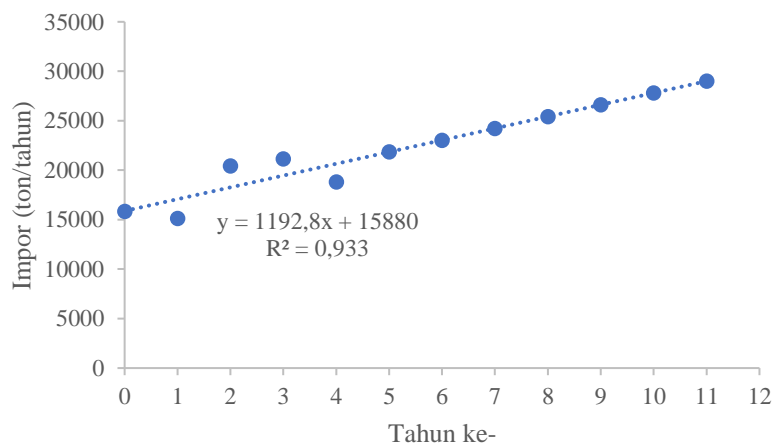
1.2.3. Kebutuhan Produk di Indonesia

Untuk mengetahui proyeksi kebutuhan *ferrous sulfate* di Indonesia dapat dilihat melalui data impor dan ekspor yang didapatkan dari UN Comtrade (2020) dengan kode HS 283329. Kode HS ini digunakan sebagai komoditas untuk mengetahui data dari produk *ferrous sulfate*. Data impor dan ekspor *ferrous sulfate* ditunjukkan pada Tabel 1.4 dan 1.5 berikut ini:

Tabel 1. 4 Kebutuhan Impor *Ferrous Sulfate* di Indonesia

No.	Tahun	Impor (ton/tahun)
1	2016	15.833,6
2	2017	15.138,9
3	2018	20.423,7
4	2019	21.130,8
5	2020	18.801,5
6	2021	21.844
7	2022	23.036,8
8	2023	24.229,600
9	2024	25.422,400
10	2025	26.615,200
11	2026	27.808,000
12	2027	29.000,800

Dari Tabel 1.4 dapat dibuat persamaan grafiknya dengan metode regresi linear hubungan antara kebutuhan impor *ferrous sulfate* pada tahun 2016 – 2020 untuk memprediksi besarnya impor di tahun 2027.



Gambar 1. 1 Grafik hubungan antara kebutuhan impor *ferrous sulfate* pada tahun ke-n

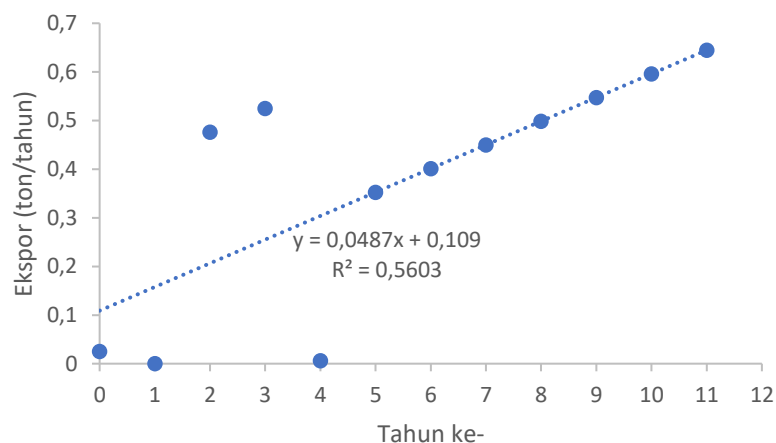
Dari Gambar 1.1 Grafik hubungan antara kebutuhan impor *ferrous sulfate* pada tahun ke-n diperoleh persamaan $y = 1192,8x + 15.880$. Jika pabrik direncanakan akan dibangun pada tahun 2027

(tahun ke-11) maka dengan menggunakan persamaan tersebut, dapat diperkirakan bahwa kebutuhan impor *ferrous sulfate* sebesar 29.000,8 ton/tahun.

Tabel 1. 5 Kebutuhan Ekspor *Ferrous Sulfate* di Indonesia

No.	Tahun	Ekspor (ton/tahun)
1	2016	0,025
2	2017	0
3	2018	0,476
4	2019	0,525
5	2020	0,006
6	2021	0,353
7	2022	0,401
8	2023	0,450
9	2024	0,499
10	2025	0,547
11	2026	0,596
12	2027	0,645

Dari Tabel 1.5 dapat dibuat persamaan grafiknya dengan metode regresi linear hubungan antara kebutuhan ekspor *ferrous sulfate* pada tahun 2016 – 2020 untuk memprediksi besarnya ekspor di tahun 2027.



Gambar 1. 2 Grafik hubungan antara kebutuhan ekspor *ferrous sulfate* pada tahun ke-n

Dari Gambar 1.2 Grafik hubungan antara kebutuhan ekspor *ferrous sulfate* pada tahun ke-n diperoleh persamaan $y = 0,0487x + 0,109$. Jika pabrik direncanakan akan dibangun pada tahun 2027 (tahun ke-11) maka dengan menggunakan persamaan tersebut, dapat diperkirakan bahwa kebutuhan ekspor *ferrous sulfate* sebesar 0,6447 ton/tahun.

Berdasarkan data kebutuhan *ferrous sulfate* di Indonesia yang telah diperhitungkan maka kapasitas pabrik yang dirancang adalah 10.000 ton/tahun dengan pertimbangan belum ada pabrik *ferrous sulfate* di Indonesia serta memperhatikan jumlah produksi dari pabrik-pabrik yang sudah didirikan di luar negeri dengan rentang kapasitas 6.000 – 150.000 ton/tahun. Diharapkan pabrik yang akan didirikan dapat memenuhi kebutuhan *ferrous sulfate* di Indonesia dan mengurangi impor dari luar negeri. Selain itu, kelebihan dari kapasitas produksi *ferrous sulfate* ini akan dijadikan sebagai komoditas ekspor ke luar negeri sehingga dapat meningkatkan perekonomian di Indonesia.

1.3. Tinjauan Pustaka

1.3.1. *Ferrous Sulfate*

Besi adalah kandungan terbanyak dari limbah besi baja. Besi bila dilarutkan dalam asam sulfat akan menghasilkan ferro sulfat (Sulistyo dkk., 2010). Ferro (II) sulfat merupakan senyawa kimia yang disebut juga sebagai belerang hijau, *copperas* atau *melanterite* sebuah mineral dengan rumus $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Ferro sulfat memiliki struktur kristal monoklinik yang mudah larut dalam air berwarna biru kehijauan (Sunardi dkk., 2016). Senyawa kimia ini akan teroksidasi dengan cepat menjadi feri sulfat berwarna kuning kecoklatan pada udara lembab (Lestari, 2008).

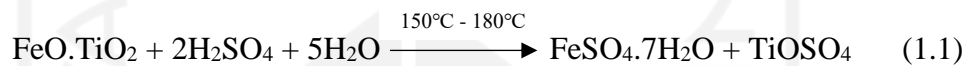
1.3.2. Proses Pembuatan

Proses pembuatan *ferrous sulfate* ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) dapat dilakukan dengan 3 proses pembuatan, yaitu:

1. Hasil Samping Pembuatan Titanium Dioksida (TiOSO₄)

Mineral ilmenit adalah hasil samping dari pembuatan titanium dioksida pengolahan timah. Ilmenit merupakan pasir atau batuan berwarna hitam yang memiliki rumus kimia FeTiO₃. Dalam pasir atau batuan ilmenit tersebut terdapat kandungan impuritis besi oksida dengan tiga valensi dan silika (Aman dkk., 2008).

Reaksi dari poses pembuatan TiO₂ sintesis ilmenit dengan menggunakan sulfat dapat dituliskan seperti berikut:



Ferri sulfat yang telah terbentuk direduksi dengan cara menambahkan *iron scrap*. Hasil reaksi tersebut akan membentuk kristal FeSO₄·7H₂O (Aman dkk., 2008). Proses ini dilakukan secara batch atau kontinyu dengan rentang suhu 150°C - 180°C dimana terjadi reaksi eksotermis yaitu pelepasan kalor ke lingkungan dan mengurangi energi di dalam sistem sehingga entalpi sistem memiliki nilai negatif. Perlu dilakukan pembakaran endapan yang dihasilkan pada suhu yang tinggi dengan suhu lebih dari 950°C untuk menghilangkan air dan residu yang akan menghasilkan titanium oksida.

2. Proses Reaksi Besi dengan Asam Sulfat

Besi bekas dilarutkan dengan menggunakan campuran dari asam sulfat encer dan larutan induk. Proses reaksi besi dengan asam sulfat ini harus berada pada suhu dibawah 80°C. Jika suhu melebihi 80°C maka akan terjadi pembentukan sedimentasi ferro sulfat monohidrat. Reaksi yang terjadi dapat dituliskan seperti berikut:



Hasil keluaran berupa larutan ini disaring yang bertujuan untuk menghilangkan *impurities* atau pengotor dari larutan ferro sulfat. Larutan tersebut kemudian dialirkan ke evaporator agar larutan menjadi pekat. Setelah itu, larutan yang telah pekat masuk ke proses pendinginan sebelum masuk ke dalam kristalizer. Hasil keluaran kristalizer merupakan kristal yang dipisahkan dengan menggunakan *centrifuge*.

Untuk kristal yang masih sedikit basah dikeringkan di dalam *rotary dryer*. Kristal ferro sulfat yang telah kering disimpan ke dalam silo untuk dilanjutkan ke proses pengemasan sedangkan *liquor* di daur ulang kembali menuju evaporator. Proses reaksi besi dengan asam sulfat ini hanya bisa dilakukan secara batch sehingga kapasitas yang digunakan tidak banyak dan hasil dari proses tersebut cenderung tidak sama.

3. Mereaksikan limbah *Steel Pickling Liquor* dengan Asam Sulfat

Proses pembuatan *ferrous sulfate* dari *steel pickling liquor* dan asam sulfat dilakukan dalam Reaktor Tangki Alir Berpengaduk (RATB) dengan kondisi operasi pada suhu 85°C tekanan 1 atm. Kondisi operasi pada suhu 85°C ini harus dipertahankan agar tidak terjadi oksidasi ferro sulfat menjadi ferri sulfat. Pada tekanan 1 atm dapat menghasilkan produk dengan kenaikan tekanan tidak berpengaruh. Waktu reaksi yang terjadi dalam reaktor berlangsung selama 4 jam. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Hasil reaksi larutan di reaktor kemudian dialirkan untuk dipisahkan dalam evaporator pada suhu 91°C dan tekanan 1 atm. Kemudian hasil keluaran dari evaporator dialirkan ke dalam *crystallizer* sampai dengan suhu 35°C dan tekanan 1 atm untuk membentuk kristal, proses ini berlangsung selama 4-9 jam. Kristal yang dihasilkan diumpukan ke proses penyaringan menggunakan

centrifuge untuk memisahkan kristal *ferrous sulfate* dari larutan induknya, kemudian kristal *ferrous sulfate* diumpankan ke proses pengeringan menggunakan *rotary dryer* hingga menghasilkan kristal yang benar-benar kering, sedangkan produk *liquid* di *recycle* kembali oleh evaporator. Dari hasil kristal *ferrous sulfate* diambil menggunakan *belt conveyor* dan *bucket elevator* dan disimpan dalam penyimpanan silo untuk ke tahap pengemasan.

1.3.3. Pemilihan Proses

Ditinjau dari tiga perbandingan proses pembuatan *ferrous sulfate*, dipilih proses dengan bahan *steel pickling liquor* dan asam sulfat karena bahan limbah dari pabrik besi baja dapat dimanfaatkan kembali untuk mengurangi pencemaran dan juga harga dari bahan tersebut lebih terjangkau. Selain itu, proses ini dapat dijalankan secara kontinyu ataupun batch sehingga pendirian pabrik *ferrous sulfate* dari *steel pickling liquor* dan asam sulfat lebih menguntungkan.

Tabel 1. 6 Perbandingan Proses

No	Proses	Kelemahan	Kelebihan
1.	Hasil samping Titanium Dioksida	<ul style="list-style-type: none"> - Membutuhkan pengontrol yang tepat karena reaksi yang terjadi pada temperature yang relative tinggi - Proses lebih rumit dan tidak efisien - Konversi produk yang dihasilkan cenderung lebih rendah dibandingkan proses-proses yang lain 	<ul style="list-style-type: none"> - Operasi dapat dilakukan secara kotinyu dan batch
2.	Proses reaksi Besi dengan Asam Sulfat	<ul style="list-style-type: none"> - Dalam proses distribusi dan penyimpanan bahan baku memerlukan ruang dan biaya yang cukup besar - Proses operasi hanya bisa dilakukan dengan proses <i>batch</i> - Produk yang dihasilkan cenderung tidak seragam 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak terlalu membutuhkan alat control yang terlalu ketat - Bahan baku yang relative lebih mudah didapat
3.	Mereaksikan limbah <i>pickling liquor</i> dan asam sulfat	<ul style="list-style-type: none"> - Bahan baku diperoleh hanya dari limbah baja dan logam sehingga kemungkinan diperoleh terbatas - Diperlukan alat pengendalian yang lebih ketat 	<ul style="list-style-type: none"> - Harga bahan baku dan limbah pabrik lebih terjangkau - Pemanfaatan limbah <i>steel pickling liquor</i> yang dapat mengurangi pencemaran lingkungan - Konversi yang dihasilkan mencapai 98% - Proses bisa dilakukan secara kontinyu ataupun batch

1.4. Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

Reaksi yang terjadi pada proses pembuatan *ferrous sulfate* adalah sebagai berikut:



Data untuk harga ΔH_f untuk setiap komponen pada suhu 25°C (298°K) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta H_f \text{ FeCl}_2 &= -761,07 \text{ kJ/mol} \\ \Delta H_f \text{ H}_2\text{SO}_4 &= -810,4 \text{ kJ/mol} \\ \Delta H_f \text{ FeSO}_4 &= -925,92 \text{ kJ/mol} \\ \Delta H_f \text{ HCl} &= -92,31 \text{ kJ/mol} \quad (\text{Yaws, 1999}) \\ \Delta H_f^{\circ 298} &= \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan} \quad (1.6) \\ &= ((-925,92) + (2 \times (-92,31))) - ((-761,07) + (-810,4)) \\ &= ((-925,92) - 184,6) + 1.571,47 \\ &= 460,95 \text{ kJ/mol} \\ &= 460.950 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, diperoleh $\Delta H_f^{\circ 298}$ bernilai negatif sehingga reaksi dari proses pembentukan *ferrous sulfate* dari *steel pickling liquor* dan asam sulfat merupakan reaksi eksotermis. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat proses reaksi ini berlangsung akan terjadi pelepasan energi sehingga entalpi sistem berkurang.

Harga konstanta keseimbangan reaksi dari proses pembentukan *ferrous sulfate* dari *steel pickling liquor* dan asam sulfat dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\Delta G = -RT \ln K \quad (1.7)$$

Dimana ΔG merupakan energi bebas Gibbs dengan satuan J/mol, R adalah konstanta gas universal bernilai 8,314 J/mol.K, K merupakan konstanta keseimbangan reaksi dan T adalah suhu reaksi dengan satuan °K.

Data dari ΔG untuk setiap komponen pada suhu 25°C (298°K) adalah sebagai berikut:

$$\Delta G \text{ FeCl}_2 = -303,76 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned}
\Delta G \text{ H}_2\text{SO}_4 &= -656,09 \text{ kJ/mol} \\
\Delta G \text{ FeSO}_4 &= -817,97 \text{ kJ/mol} \\
\Delta G \text{ HCl} &= -95,30 \text{ kJ/mol} \quad (\text{Yaws, 1999}) \\
\Delta G^\circ_{298} &= \Delta G \text{ produk} - \Delta G \text{ reaktan} \quad (1.8) \\
&= ((-817,97) + (2 \times (-95,30))) - ((-303,76) + (-656,09)) \\
&= ((-817,97) - 190,6) + 959,85 \\
&= -1008,57 \text{ kJ/mol} \\
&= -1008,57 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Nilai dari konstanta keseimbangan reaksi (K) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$K = \exp\left(\frac{\Delta G}{RT}\right) \quad (1.9)$$

$$K = \exp\left(\frac{-48720 \text{ J/mol}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{K} \times 298 \text{ K}}\right)$$

$$K = 2,88 \times 10^{-9}$$

Reaksi pembentukan *ferrous sulfate* dijalankan dengan suhu 85°C, sehingga nilai konstanta keseimbangan reaksi (K) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\ln\left(\frac{K_{358}}{K_{298}}\right) = \left(-\frac{\Delta H_{f298}}{R}\right) \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298}\right) \quad (1.10)$$

$$\ln\left(\frac{K_{358}}{2,88 \times 10^{-9}}\right) = \left(-\frac{460950}{8,314}\right) \left(\frac{1}{358} - \frac{1}{298}\right)$$

$$\left(\frac{K_{358}}{2,88 \times 10^{-9}}\right) = \exp(-2,481)$$

$$K_{358} = 1,00 \times 10^5$$

Nilai konstanta kesetimbangan relatif besar yaitu $K > 1$, maka reaksi pembentukan *ferrous sulfate* ini bersifat *irreversible* atau searah. Diketahui nilai dari persamaan Arrhenius sebagai berikut (Sulistyo dkk., 2009):

$$k = 2182e^{\frac{-17613}{RT}} \quad (1.11)$$

Dimana k merupakan konstanta laju reaksi, A adalah faktor frekuensi tumbukan dengan satuan $L/mol.s$, E_a adalah energi aktivasi dengan satuan J/mol , R adalah konstanta gas dengan nilai $8,314 J/mol.K$ dan T adalah suhu dengan satuan $^{\circ}K$. Dari persamaan 1.11, didapatkan nilai k pada suhu $85^{\circ}C$ sebesar $5,8736 m^3/kmol \text{ jam}$.



BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1. Spesifikasi Produk

2.1.1. *Ferrous Sulfate*

Rumus kimia	: $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Berat molekul	: 278,02 gram/mol
Kenampakan	: Kristal Padat (1 atm, 30°C)
Warna	: Biru hijau
Titik leleh	: 65°C
Titik didih	: 300°C
<i>Specific gravity</i>	: 1,898 gr/mL
Kelarutan dalam air	: 25,6 gram/100 mL (20°C)

(Sumber: MSDS Smart-Lab, 079)

- Sifat kimia :
- Tidak dapat larut di dalam alkohol
 - Mudah larut dalam air
 - Tidak berbau
 - Bersifat higroskopis dan mudah kehilangan dua molekul hydrogen menjadi $\text{FeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ bila kelebihan panas.

(Kirk&Othmer, 1997)

Tabel 2. 1 Identifikasi *Hazard Ferrous Sulfate*

Identifikasi <i>Hazard</i> Bahan Kimia dalam Proses									
Komponen	<i>Hazard</i>							Keterangan	Pengelolaan
	<i>Explosive</i>	<i>Flammable</i>	<i>Toxic</i>	<i>Corrosive</i>	<i>Irritant</i>	<i>Oxidizing</i>	<i>Radioactive</i>		
<i>Ferrous Sulfate</i>			✓		✓	✓			Berbahaya jika tertelan, menyebabkan iritasi kulit dan menyebabkan iritasi mata yang serius. Jika terkena kulit, cuci dengan banyak sabun dan air. Jika terkena mata, bilas dengan seksama dengan air untuk beberapa menit.

2.2. Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

2.2.1. *Steel Pickling Liquor*

Kenampakan	: Cair
Warna	: Gelap Coklat
Kelarutan dalam air	: Larut dalam air, alkohol
Komposisi	: FeCl ₂ : 40% berat
	HCl : 2% berat
	H ₂ O : 58% berat

(US Patent, 0281732)

Sifat kimia :

- Merupakan asam Lewis yang relatif kuat
- Mudah larut di dalam air dan alkohol
- FeCl₂ bereaksi dengan cepat terhadap oksalat
- Tidak dapat larut dalam eter
- Bersifat higroskopis

(Kirk&Othmer, 1997)

Tabel 2. 2 Identifikasi *Hazard Steel Pickling Liquor*

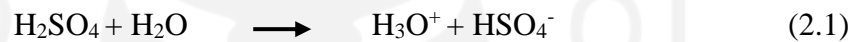
Identifikasi <i>Hazard</i> Bahan Kimia dalam Proses								
Komponen	<i>Hazard</i>						Keterangan	Pengelolaan
	<i>Explosive</i>	<i>Flammable</i>	<i>Toxic</i>	<i>Corrosive</i>	<i>Irritant</i>	<i>Oxidizing</i>		
<i>Steel Pickling Liquor</i>			✓		✓			Menyebabkan kerusakan mata yang parah, berbahaya jika tertelan dan menyebabkan iritasi kulit. Pakai sarung tangan pelindung/pakaian pelindung/pelindung mata/pelindung wajah. Jika terkena kulit, cuci dengan banyak sabun dan air. Jika terkena mata, bilas dengan seksama dengan air untuk beberapa menit. Jika tertelan, bilas mulut dan hubungi dokter jika merasa tidak sehat.

2.2.2. Asam Sulfat

Rumus kimia : H_2SO_4
 Berat molekul : 98,08 gram/mol
 Kenampakan : Cair
 Warna : Tidak Berwarna (Cairan Bening)
 Titik leleh : 10°C
 Ttitik didih : 337°C
Specific gravity : 1,85 gr/mL
 Kelarutan dalam air : Terlarut Penuh (Endotermis)
 (Sumber: MSDS Smart-Lab, 079)

Sifat kimia :

- Dapat bereaksi dengan air, basa, asam lemah dan logam



(Kirk&Othmer, 1997)

Tabel 2. 3 Identifikasi *Hazard Asam Sulfat*

Identifikasi <i>Hazard</i> Bahan Kimia dalam Proses								
Komponen	<i>Hazard</i>						Keterangan	Pengelolaan
	<i>Explosive</i>	<i>Flammable</i>	<i>Toxic</i>	<i>Corrosive</i>	<i>Irritant</i>	<i>Oxidizing</i>		
Asam Sulfat			✓	✓	✓			Dapat korosif terhadap logam. Dapat menyebabkan iritasi dan terbakar. Berbahaya jika teroles. Hindari uap ataupun asapnya. Gunakan dalam ventilasi cukup. Hindari kontak dengan mata, kulit atau baju. Cuci tangan dengan bersih setelah memegang dan simpan rapat-rapat.

2.3. Pengendalian Kualitas

Dalam kegiatan produksi diharapkan dapat menghasilkan produk yang kualitasnya sesuai dengan standard dan jumlah produk yang dihasilkan sesuai dengan target yang direncanakan. Penyimpangan kualitas produk dapat terjadi karena beberapa faktor seperti adanya kesalahan dalam proses produksi. Pengendalian kualitas pada pabrik *ferrous sulfate* ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian proses, dan pengendalian kualitas produk.

2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku (*Input*)

Penggunaan bahan baku merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi proses produksi dan kualitas produk yang dihasilkan. Pengendalian mutu bahan baku bertujuan untuk mengetahui kualitas bahan baku yang digunakan, apakah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan untuk proses selanjutnya atau tidak. Maka dari itu, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku *steel pickling liquor* dan asam sulfat sebelum melakukan proses produksi agar dapat diproses di dalam pabrik. Beberapa uji yang dilakukan diantaranya uji viskositas, densitas, volalitas, kadar komposisi komponen dan kemurnian bahan baku.

2.3.2. Pengendalian Proses

Pengendalian proses dilakukan dengan tujuan untuk menjaga mutu dan kualitas produk yang dihasilkan serta mencegah hal yang tidak diinginkan seperti flooding yang disebabkan dari meluapnya level cairan dalam tangki. Pada tahapan ini terdiri dari aliran sistem kontrol dan alat sistem kontrol.

2.3.2.1. Aliran Sistem Kontrol

1. Aliran *pneumatis* atau aliran udara tekan, dipergunakan untuk *valve* dari *controller* ke *actuator*.
2. Aliran *electric* atau aliran listrik, dipergunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*.

3. Aliran mekanik atau aliran gerak/perpindahan level, dipergunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

2.3.2.2. Alat Sistem Kontrol

1. *Controller* adalah suatu komponen yang mampu memproses data masukan dan referensi yang diinginkan untuk dikeluarkan menjadi sinyal kontrol. Mencakup *flow control*, *level control* dan *temperature indicator control*.
2. *Actuator* adalah suatu komponen yang dapat memproses sinyal kontrol menjadi sinyal aksi ke suatu *plant*. Alat yang dipergunakan berupa *automatic control valve* dan *manual control valve*.
3. *Sensor* adalah suatu komponen yang dapat mendeteksi sensor atau informasi lainnya yang diperlukan untuk sistem kontrol. Alat yang dipergunakan berupa *thermocouple* untuk sensor suhu, sedangkan *manometer* untuk sensor aliran fluida, level dan tekanan.

Jika terjadi sesuatu saat proses produksi, hal ini dapat diketahui dari sinyal-sinyal atau penanda seperti lampu, alarm dan lain sebagainya untuk dikembalikan ke kondisi normalnya. Dapat dilakukan secara otomatis ataupun secara manual sehingga mencegah masalah yang terjadi selama proses produksi. Perbedaan pada proses produksi dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti bahan baku tidak memenuhi standar, kerusakan alat produksi, kesalahan operasional dan lain sebagainya.

2.4. Pengendalian Kualitas Produk

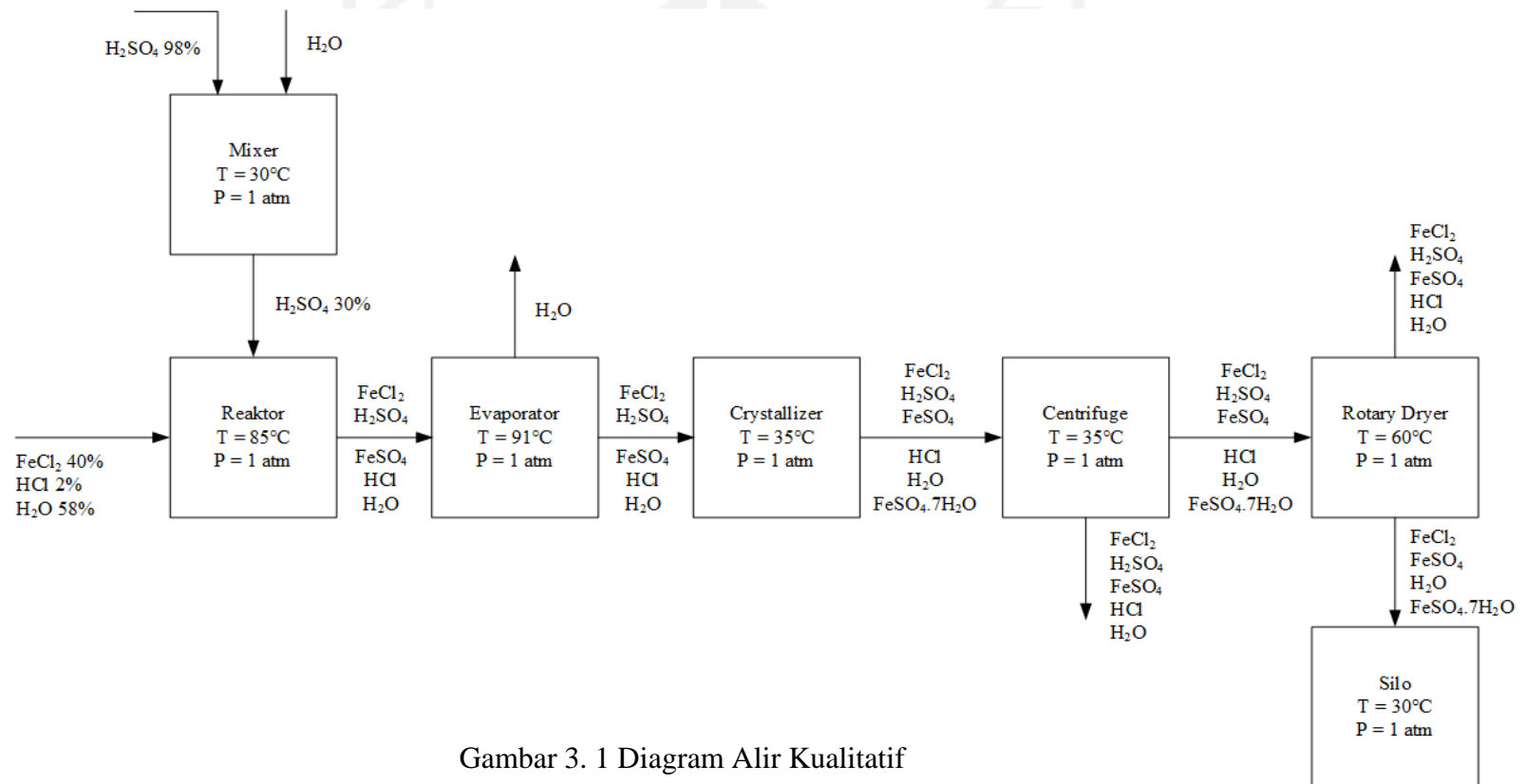
Pengendalian kualitas produk dilakukan untuk menjaga dan memperoleh produk yang sesuai dengan standar yang ditetapkan. Untuk memperoleh produk yang baik, diperlukan pengawasan dan pengendalian terhadap kualitas bahan baku dan proses produksi dengan cara sistem kontrol. Penyimpangan kualitas produk terjadi karena mutu bahan baku yang

digunakan tidak baik, kesalahan operasional maupun kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor atau analisa di bagian laboratorium pemeriksaan.

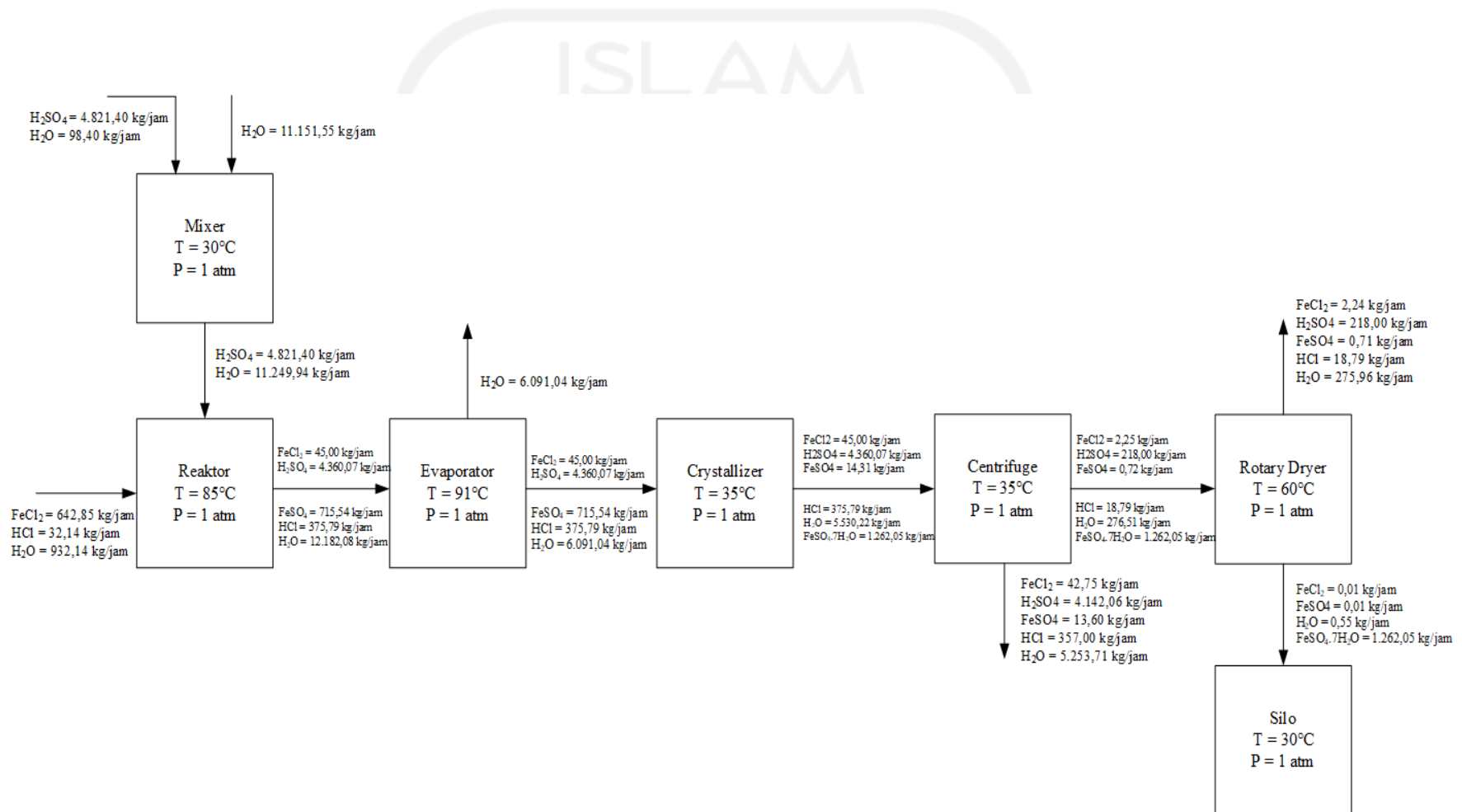


BAB III PERANCANGAN PROSES

3.1. Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2. Uraian Proses

Bahan baku H₂SO₄ 98% disimpan dalam tangki penyimpanan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. H₂SO₄ mengalir dari tangki ke dalam *Mixer* dengan menggunakan pompa untuk mengurangi konsentrasinya menjadi 30%. Untuk menurunkan konsentrasi H₂SO₄ menggunakan air yang berasal dari utilitas yang dialirkan menggunakan pompa menuju *Mixer*. Kemudian H₂SO₄ 30% dari *Mixer* dicampurkan dengan *pickling liquor* komponen FeCl₂ 40%, HCl 2%, H₂O 58% menggunakan *mixing valve* untuk dialirkan ke Reaktor Alir Tangki Berpengaduk. Proses reaksi dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk dilakukan pada suhu 85°C dan tekanan 1 atm. Kondisi operasi harus dijaga pada suhu 85°C untuk menghindari oksidasi yang dapat mengubah larutan menjadi ferrisulfat. Waktu reaksi yang dibutuhkan adalah 4 jam (US Patent, 0281732).

Untuk menghasilkan kemurnian produk yang tinggi 99% berat, tekanan harus dijaga pada 1 atm. Setelah larutan asam sulfat dan *pickling liquor* tercampur, maka reaksi yang terjadi adalah:



Reaksi yang terjadi adalah eksotermis sehingga kelebihan panas. Larutan hasil reaksi yang keluar dari reaktor kemudian dialirkan ke dalam Evaporator dengan menggunakan pompa untuk dipekatkan pada suhu 91°C pada tekanan 1 atm. Kemudian selanjutnya hasil keluaran dari Evaporator dialirkan menuju *Cristallizer* memakai pompa supaya terbentuk Kristal *ferrous sulfate heptahydrate* (FeSO₄·7H₂O). Proses ini dilakukan selama 4 – 9 jam.

Selanjutnya dilakukan proses penyaringan hasil Kristal oleh *Centrifudge* supaya terpisah antara Kristal *ferrous sulfate heptahydrate* dengan larutan induknya. Kemudian Kristal *ferrous sulfate heptahydrate* dialirkan memakai *Screw Conveyor* menuju *Rotary Dryer* untuk melakukan proses pengeringan menggunakan udara panas yang didapat dari udara lingkungan, dilakukan *Filter* yang akan dihisap menggunakan blower sebelum udara panas masuk ke dalam *Rotary Dryer* dan pemanasan

menggunakan *Heat Exchanger* supaya mencapai suhu 102°C. Dilakukan proses pengeringan berlangsung selama 51 menit. Selanjutnya *ferrous sulfate heptahydrate* yang keluar dari *Rotary dryer* dalam kondisi suhu 60°C. *Ferrous sulfate heptahydrate* disamakan ukurannya menggunakan ball mill lalu masuk kedalam screen dan dimasukkan sementara ke Silo untuk dilakukan tahap pengemasan.

3.3. Spesifikasi Alat

3.3.1. Alat Besar

3.3.1.1. Mixer

Kode	: M-01
Fungsi	: Menurunkan Kosentrasi Asam Sulfat (H ₂ SO ₄) dengan H ₂ O
Jenis	: <i>Torispherical dished head</i>
Jumlah	: 1 unit
Bahan	: <i>Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304</i>
Kondisi	: Suhu : 30°C Tekanan : 1 atm
Spesifikasi	:
a. Dimensi	
Diameter	: 1,480 m
Tinggi	: 3,564 m
Tinggi cairan	: 3,206 m
Volume mixer	: 5,933 m ³
Volume head	: 0,424 m ³
Volume shell	: 5,086 m ³
Tebal shell	: 0,005 m
Tebal head	: 0,005 m
Tinggi head	: 0,303 m
b. Pengaduk	
Jenis	: <i>Three Blade Marine Propeller</i>
Jumlah pengaduk	: 3

Diameter Impeller : 0,5 m
Kecepatan : 251 rpm
Daya motor : 5 Hp

c. Jaket Pendingin

Diameter dalam jaket : 1,524 m
Diameter luar jaket : 1,575 m
Tinggi jaket : 3,508 m
Tebal jaket : 0,025 m

Jumlah : 1 unit
Harga : US\$ 579,500

3.3.1.2.Reaktor

Kode : R-01
Fungsi : Mereaksikan senyawa H_2SO_4 (Asam Sulfat) dan *steel pickling liquor*
Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Bahan : *Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304*
Kondisi : Suhu : 85°C
Tekanan : 1 atm

Spesifikasi :

a. Dimensi

Diameter : 2,413 m
Tinggi : 4,610 m
Tinggi cairan : 3,568 m
Tinggi shell : 3,619 m
Tinggi head : 0,891 m
Volume : 17,002 m³
Volume shell : 16,537 m³
Volume head : 0,466 m³
Tebal shell : 0,008 m
Tebal head : 0,01 m

b. Pengaduk

Diameter pengaduk : 0,808 m
Tinggi pengaduk : 0,162 m
Lebar pengaduk : 0,202 m
Jarak pengaduk : 0,808 m
Daya motor : 20 Hp

c. Jacket pendingin

Diameter dalam jaket : 2,438 m
Diameter luar jaket : 2,515 m
Tinggi jaket : 4,129 m
Tebal jaket : 0,038 m

Jumlah : 1 unit
Harga : US\$ 287,100

3.3.1.3. Evaporator

Kode : EV-01
Fungsi : Memekatkan larutan *Ferrous Sulfate* dengan menguapkan air
Tipe : *Short Tube Vertical Evaporator*
Jumlah : 1 unit
Bahan : *Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304*
Kondisi : Suhu : 91°C
Tekanan : 1 atm

Spesifikasi :

- Diameter : 1,446 m
- Tinggi : 9,414 m
- Tebal Shell : 0,005 m
- Tebal Head : 0,005 m
- Tebal Bottom : 0,005 m

Jumlah : 1 unit
Harga : US\$ 2,317,800

3.3.1.4. Crystallizer

Kode : CR-01

Fungsi : Mengkristalkan Larutan FeSO_4 yang keluar dari Evaporator

Jenis : *Swenson Walker Crystallizer*

Bahan : *Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304*

Kondisi : Suhu : 35°C

Tekanan : 1 atm

Spesifikasi :

a. Dimensi

Diameter : 1,106 m

Panjang : 3,048 m

Tinggi : 6,155 m

Tinggi cairan : 1,527 m

Tinggi shell : 5,924 m

Tinggi head : 0,231 m

Volume : $1,912 \text{ m}^3$

Volume shell : $1,812 \text{ m}^3$

Volume head : $0,100 \text{ m}^3$

Tebal shell : 0,005 m

Tebal head : 0,005 m

b. Pengaduk

Jenis : *Helical Conveyor*

Panjang pengaduk : 3,048 m

Daya motor : 0,25 Hp

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 98,500

3.3.1.5. Centrifuge

Kode : CF-01

Fungsi : Memisahkan Kristal $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan *mother liquor*

Tipe : *Solid Bowl Centrifuge (Decanter Centrifuge)*

Bahan : *Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304*

Kondisi : Suhu : 35°C
Tekanan : 1 atm

Spesifikasi :

a. Kapasitas : 11.587,44 kg/jam
b. Volume : 8,659 m³
c. Diameter : 1,274 m
d. Panjang : 3,822 m
e. Tebal dinding : 0,005 m
f. Diameter *bowl* : 0,610 m
g. Panjang *bowl* : 2,134 m
h. Kecepatan : 4000 rpm
i. Daya motor : 20 Hp
j. Daya conveyor : 0,167 Hp
Jumlah : 1 Unit
Harga : US\$ 296,100

3.3.1.6. Rotary dryer

Kode : RD-01
Fungsi : Mengeringkan produk FeSO₄.7H₂O
Tipe : *Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304*
Kondisi : Suhu Masuk : 35°C
Suhu Keluar : 60°C
Suhu Udara Panas : 102°C
Tekanan : 1 atm

Spesifikasi :

a. Kapasitas : 1778,32 kg/jam
b. Luas penampang : 5,127 ft²
c. Diameter : 0,779 m
d. Panjang flight : 21,396 m
e. Tinggi flight : 0,078 m
f. Jumlah flight : 5 ft
g. Kecepatan putaran : 10,6 rpm

h. Slope	: 0,0196 ft/ft
i. Daya motor	: 10 Hp
Jumlah	: 1 unit
Harga	: US\$ 23,000

3.3.2. Alat Penyimpanan Bahan

3.3.2.1. Tangki Penyimpanan Asam Sulfat

Kode	: T-01
Fungsi	: Menyimpan bahan baku Asam Sulfat (H_2SO_4) 98%
Jenis	: Tangki silinder horizontal dengan atap berbentuk conical
Jumlah	: 1 unit
Bahan	: <i>Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304</i>
Kondisi	: Suhu : 30°C Tekanan : 1 atm
Spesifikasi	:
a. Volume	: 547,704 m ³
b. Diameter	: 12,299 m
c. Tinggi	: 7,983 m
d. Tinggi cairan	: 3,091 m
e. Tebal head	: 0,005 m
f. Tebal bottom	: 0,006 m
g. Tinggi roof	: 2,496 m
h. Tebal roof	: 0,005 m
i. Jumlah course	: 3
Jumlah	: 1 unit
Harga	: US\$ 346,600

3.3.2.2. Tangki Penyimpanan *Steel Pickling Liquor*

Kode	: T-02
Fungsi	: Menyimpan bahan baku <i>Steel Pickling Liquor</i>
Jenis	: Tangki silinder horizontal dengan atap berbentuk conical

Jumlah : 1 unit
Bahan : *Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304*
Kondisi : Suhu : 30°C
Tekanan : 1 atm

Spesifikasi :

- a. Volume : 640,004 m³
- b. Diameter : 12,955 m
- c. Tinggi : 7,983 m
- d. Tinggi cairan : 3,611 m
- e. Tebal head : 0,005 m
- f. Tebal bottom : 0,006 m
- g. Tinggi roof : 2,496 m
- h. Tebal roof : 0,005 m
- i. Jumlah course : 3

Jumlah : 1 unit
Harga : US\$ 375,300

3.3.2.3.Silo

Kode : S-01
Fungsi : Tempat penyimpanan produk $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ padat
Tipe : *Bin Conical bottom*
Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*

Kondisi : Suhu : 30°C
Tekanan : 1 atm

Spesifikasi :

- a. Volume : 134,322 m³
- b. Diameter : 4,574 m
- c. Tinggi : 10,905 m
- d. Lebar : 4,583 m
- e. Tinggi shell : 6,860 m
- f. Tinggi head : 4,045 m
- g. Tebal shell : 0,01 m

h. Tebal head : 0,008 m

Jumlah : 1 Unit

Harga : US\$ 34,700

3.3.3. Alat Transportasi Bahan

3.3.3.1. Pompa

Tabel 3. 1 Spesifikasi Pompa

Parameter	P-01	P-02	P-03	P-04
Fungsi	Mengalirkan larutan H ₂ SO ₄ dari Tangki ke Mixer	Mengalirkan air utilitas ke Mixer	Mengalirkan larutan H ₂ SO ₄ dari Mixer ke Reaktor	Mengalirkan larutan <i>Steel Pickling Liquor</i> dari Tangki ke Reaktor
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas	14,883 gpm	57,593 gpm	82,580 gpm	7 gpm
Power Pompa	0,41 Hp	0,61 Hp	2,09 Hp	0,43 Hp
Power Motor	0,75 Hp	1 Hp	3 Hp	0,75 Hp
Jumlah	2 buah	2 buah	2 buah	2 buah
Harga (peralat)	US\$ 8,900	US\$ 8,900	US\$ 11,400	US\$ 5,800

Parameter	P-05	P-06	P-07	P-08
Fungsi	Mengalirkan larutan FeSO ₄ dari Reaktor ke Evaporator	Mengalirkan larutan FeSO ₄ dari Evaporator ke <i>Crystallizer</i>	Mengalirkan <i>slurry</i> FeSO ₄ dari <i>Crystallizer</i> ke <i>Centrifuge</i>	Mengalirkan larutan FeSO ₄ dari <i>Centrifuge</i> ke UPL
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Slurry Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas	91,478 gpm	57,871 gpm	55,294 gpm	47,231 gpm
Power Pompa	1,92 Hp	1,42 Hp	0,70 Hp	0,08 Hp
Power Motor	3 Hp	2 Hp	1 Hp	0,17 Hp
Jumlah	2 buah	2 buah	2 buah	2 buah
Harga (peralat)	US\$ 13,600	US\$ 11,400	US\$ 11,400	US\$ 8,900

3.3.3.2. *Screw Conveyor*

Kode	: SC-01
Fungsi	: Mengangkut produk $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dari <i>Centrifuge</i> ke <i>Rotary Dryer</i>
Jenis	: <i>Helicoid Screw Conveyor</i>
Jumlah	: 1 unit
Bahan	: <i>Carbon Steel SA-53 Grade A</i>
Kondisi	: Suhu : 35°C Tekanan : 1 atm
Spesifikasi	:
a. Kapasitas	: 46 ft ³ /jam
b. Diameter	: 0,10 m
c. Panjang	: 5 m
d. Kecepatan putaran	: 90 rpm
e. Daya	: 0,75 Hp
Jumlah	: 1 unit
Harga	: US\$ 1,900

3.3.3.3. *Blower*

Kode	: B-01
Fungsi	: Mengalirkan udara ke <i>Filter</i> (F-01)
Tipe	: <i>Blower Centrifugal</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA-53 Grade A</i>
Kondisi	: Suhu : 30°C Tekanan : 1 atm
Daya	: 0,083 Hp
Jumlah	: 1 Unit
Harga	: US\$ 2,400

3.3.3.4. *Filter*

Kode	: F-01
Fungsi	: Menyaring pengotor atau debu yang terbawa oleh

udara segar
Tipe : *Bag House Filter*
Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*
Kondisi : Suhu : 30°C
Tekanan : 1 atm

Spesifikasi :
a. Diameter : 0,203 m
b. Panjang : 2,438 m
c. Jumlah *bag* : 4 buah
d. Luas *cloth* : 66,987 ft²
Jumlah : 1 Unit
Harga : US\$ 31,000

3.3.3.5. Kompresor

Kode : K-01
Fungsi : Mengalirkan udara dari *Filter* ke *Heat Exchanger*
(HE-02)
Tipe : *Centrifugal Compressor*
Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*
Kondisi : Suhu : 30°C
Tekanan : 1 atm
Daya : 40 Hp
Jumlah : 1 Unit
Harga : US\$ 60,500

3.3.3.6. Belt Conveyor

Kode : BC-01
Fungsi : Memindahkan FeSO₄.7H₂O dari *Rotary Dryer* ke
Ball Mill
Tipe : *Belt Conveyor*
Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*
Kondisi : Suhu : 60°C
Tekanan : 1 atm

Spesifikasi :
a. Panjang belt : 26,081 m
b. Lebar belt : 0,356 m
c. Daya : 0,25 Hp
Jumlah : 1 Unit
Harga : US\$ 34,100

3.3.3.7. *Ball Mill*

Kode : BM-01
Fungsi : Menghaluskan produk $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Tipe : *Ball Mill No. 150 Sieve*
Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*
Kondisi : Suhu : 60°C
Tekanan : 1 atm
Spesifikasi :
a. Diameter : 1,219 m
b. Panjang : 1,524 m
c. Ball charge : 5,25 ton
d. Daya : 44 Hp
e. Kecepatan : 27 rpm
Jumlah : 1 Unit
Harga : US\$ 168,900

3.3.3.8. *Vibrating Screen*

Kode : VS-01
Fungsi : Menyeragamkan ukuran produk $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
sebesar 48 mesh
Tipe : *Vibrating Screen*
Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*
Kondisi : Suhu : 60°C
Tekanan : 1 atm
Spesifikasi :
a. Kapasitas : 1.515,15 kg/jam

b. Luas ayakan : 6,122 ft²
Daya : 4 Hp
Jumlah : 1 Unit
Harga : US\$ 16,800

3.3.3.9. Bucket Elevator

Kode : BE-01
Fungsi : Mengangkut produk FeSO₄.7H₂O dari *Ball Mill* ke
Silo
Tipe : *Bucket Elevator*
Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*
Kondisi : Suhu : 60°C
Tekanan : 1 atm
Spesifikasi :
a. Shaft Diameter
Head : 0,062 m
Tail : 0,043 m
b. Diameter Pulley
Head : 0,521 m
Tail : 0,356 m
c. Tinggi : 15,240 m
d. Kecepatan : 6,494 ft/min
e. Putaran : 1,212 rpm
f. Daya : 0,05 Hp
Jumlah : 1 Unit
Harga : US\$ 17,900

3.3.4. Alat Penukar Panas

3.3.4.1. Heat Exchanger

Tabel 3. 2 Spesifikasi Heat Exchanger

Parameter	HE-01	HE-02
Fungsi	Menaikkan suhu larutan <i>Steel Pickling Liquor</i> masuk ke Reaktor dari 30°C - 85°C	Menaikkan suhu udara masuk ke <i>Rotary Dryer</i> dari 30°C - 102°C
Tipe	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304</i>	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304</i>
	<i>Annulus</i>	
Jenis Fluida	<i>Steel Pickling Liquor</i>	Udara
OD	1,66 in	1,66 in
ID	1,38 in	1,38 in
	<i>Inner Pipe</i>	
Jenis Fluida	<i>Steam</i>	<i>Steam</i>
OD	1,05 in	1,05 in
ID	0,824 in	0,824 in
Luas Transfer Panas	11,924 ft ²	16,941 ft ²
Jumlah <i>Hair Pin</i>	4 buah	6 buah
Panjang <i>Hair Pin</i>	12 ft	20 ft
Jumlah	1 unit	1 unit
Harga	US\$ 1,500	US\$ 1,700

3.4. Neraca Massa

3.4.1. Neraca Massa Total

Tabel 3. 3 Neraca Massa Total

Komponen	Massa in (kg/jam)	Massa out (kg/jam)
FeCl ₂	642,85	45,00
H ₂ SO ₄	4.821,40	4.360,07
FeSO ₄		14,31
H ₂ O	12.182,08	11.621,26
HCl	32,14	375,79
FeSO ₄ .7H ₂ O		1.262,05
Total	17.678,48	17.678,48

3.4.2. Neraca Massa Alat

Tabel 3. 4 Neraca Massa *Mixer*

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
H ₂ SO ₄	4.821,40		4.821,40
H ₂ O	98,40	11.151,55	11.249,94
Sub Total	4.919,80	11.151,55	16.071,34
Total	16.071,34		16.071,34

Tabel 3. 5 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
FeCl ₂		642,85	45,00
HCl		32,14	375,79
H ₂ O	11.249,94	932,14	12.182,08
H ₂ SO ₄	4.821,40		4.360,07
FeSO ₄			715,54
Sub Total	16.071,35	1.607,13	17.678,48
Total	17.678,48		17.678,48

Tabel 3. 6 Neraca Massa *Evaporator*

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
FeCl ₂	45,00		45,00
HCl	375,79		375,79
H ₂ O	12.182,08	6.091,04	6.091,04
H ₂ SO ₄	4.360,07		4.360,07
FeSO ₄	715,54		715,54
Sub Total	17.678,48	6.091,04	11.587,44
Total	17.678,48	17.678,48	

Tabel 3. 7 Neraca Massa *Crystallizer*

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Arus 7	Arus 8
FeCl ₂	45,00	45,00
HCl	375,79	375,79
H ₂ O	6.091,04	5.530,22
H ₂ SO ₄	4.360,07	4.360,07
FeSO ₄	715,54	14,31
FeSO ₄ .7H ₂ O		1.262,05
Total	11.587,44	11.587,44

Tabel 3. 8 Neraca Massa *Centrifuge*

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
FeCl ₂	45,00	42,75	2,25
HCl	375,79	357,00	18,79
H ₂ O	5.530,22	5.253,71	276,51
H ₂ SO ₄	4.360,07	4.142,06	218,00
FeSO ₄	14,31	13,60	0,72
FeSO ₄ .7H ₂ O	1.262,05		1.262,05
Sub Total	11.587,44	9.809,12	1.778,32
Total	11.587,44	11.587,44	

Tabel 3. 9 Neraca Massa *Rotary Dryer*

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 10	Arus 11	Arus 12
FeCl ₂	2,25	2,24	0,01
HCl	18,79	18,79	
H ₂ O	276,51	275,96	0,55
H ₂ SO ₄	218,00	218,00	
FeSO ₄	0,72	0,71	0,01
FeSO ₄ .7H ₂ O	1.262,05		1.262,05
Sub Total	1.778,32	515,70	1.262,63
Total	1.778,32	1.778,32	

3.5. Neraca Panas

Tabel 3. 10 Neraca Panas *Mixer*

Komponen	Q input (kJ/jam)	Q output (kJ/jam)
H ₂ SO ₄	36.582,51	425.201,53
H ₂ O	233.733,17	2.818.133,18
Solution	3.721.666,85	
Sub Total	3.991.982,52	3.243.334,71
Beban pendingin		748.647,81
Total	3.991.982,52	3.991.982,52

Tabel 3. 11 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Q input (kJ/jam)	Q output (kJ/jam)
FeCl ₂	47.922,40	3.354,57
HCl	6.180,90	72.263,04
H ₂ O	3.053.941,56	3.053.941,56
H ₂ SO ₄	425.144,38	384.464,42
FeSO ₄		25.999,02
Reaksi	15.042,81	
Pendingin		8.209,45
Total	3.548.232,05	3.548.232,05

Tabel 3. 12 Neraca Panas *Evaporator*

Komponen	Q input (kJ/jam)	Q output (kJ/jam)
FeCl ₂	14.035,51	15.391,05
HCl	302.348,54	338.830,31
H ₂ O	1.374.515,69	756.474,30
H ₂ SO ₄	1.608.599,14	1.773.823,04
FeSO ₄	433,32	433,32
Uap Air		17.048.257,97
<i>Steam</i>	17.508.713,47	
<i>Loss</i>		875.435,67
Total	20.808.645,66	20.808.645,66

Tabel 3. 13 Neraca Panas *Crystallizer*

Komponen	Q input (kJ/jam)	Q output (kJ/jam)
FeCl ₂	3.678,70	573,86
HCl	80.986,56	10.398,58
H ₂ O	180.809,47	24.717,21
H ₂ SO ₄	423.972,46	62.589,37
FeSO ₄	28.598,93	86,66
FeSO ₄ .7H ₂ O		435,82
Kristalisasi	6.523,05	
Serap		625.767,67
Total	724.569,17	724.569,17

Tabel 3. 14 Neraca Panas *Centrifuge*

Komponen	Q input (kJ/jam)	Q output (kJ/jam)
FeCl ₂	4.065,29	4.043,79
HCl	1.054,06	3.876,10
H ₂ O	3.513,77	3.503,34
H ₂ SO ₄	32.093,14	40.360,09
FeSO ₄	360,88	360,88
FeSO ₄ .7H ₂ O	4.358,16	4.358,16
Sub Total	45.445,29	56.502,36
Beban Pemanas	11.057,07	
Total	56.502,36	56.502,36

Tabel 3. 15 Neraca Panas *Rotary Dryer*

Komponen	Q input (kJ/jam)	Q output (kJ/jam)
FeCl ₂	3.624,73	12.357,91
HCl	19.501,50	78.681,20
H ₂ O	208.353,56	726.728,64
H ₂ SO ₄	308.291,14	1.104.591,67
FeSO ₄	658,64	2.305,25
FeSO ₄ .7H ₂ O	1.211.571,95	4.240.501,83
Udara	5.557.726,15	1.144.561,17
Total	7.309.727,67	7.309.727,67

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1. Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik adalah suatu hal yang harus diperhatikan pemilihannya dalam perancangan pabrik untuk memproduksi sebuah produk. Terdapat faktor-faktor penting yang dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan lokasi pabrik. Faktor-faktor tersebut yaitu sumber bahan baku, area pemasaran, tersedianya transportasi, tenaga kerja, kondisi sosial dan kemungkinan pengembangan di masa yang akan datang (Wijana, 2012).

Setiap pabrik akan memilih lokasi yang berdekatan dengan sumber bahan baku agar saat proses penyaluran bahan tersebut dapat memperoleh transportasi yang layak dengan harga rendah. Area pemasaran juga dipilih untuk lokasi pendirian pabrik industri karena memiliki tujuan agar pada saat pendistribusian produk tersebut akan lebih cepat sampai ke konsumen (Wijana, 2012).

Berdasarkan faktor-faktor yang telah dijelaskan di atas, lokasi pabrik *Ferrous Sulfate* dipilih di Gresik, Jawa Timur, Indonesia dengan pertimbangan sebagai berikut:

4.1.1. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer sangat berpengaruh dengan tujuan pabrik industri yaitu proses produksi dan distribusi produk. Faktor-faktor tersebut antara lain:

a. Sumber Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah *steel pickling liquor* dari PT. Angkasa Raya Steel di Kelurahan Manyarejo Kecamatan Manyar, Gresik, Jawa Timur dan asam sulfat dari PT. Petrokimia di Kelurahan Karangpoh Kecamatan Gresik, Gresik, Jawa Timur. Pemilihan lokasi pabrik ini berdekatan dengan sumber bahan baku agar saat proses penyaluran bahan akan mendapatkan transportasi yang layak untuk ke lokasi pabrik dengan harga pengangkutan yang rendah. Semakin dekat lokasi pabrik dengan sumber bahan

baku maka semakin baik dan terjamin bahan baku yang akan didapatkan oleh pabrik (Wijana, 2012).

b. Area Pemasaran

Area pemasaran merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik. Hal ini bertujuan agar pada saat pendistribusian produk akan lebih cepat sampai ke tangan konsumen, sehingga akan mendapatkan keuntungan dan juga terjaminnya kelangsungan produksi (Wijana, 2012). Strategi pemasaran ini menggunakan strategi bauran pemasaran atau *marketing mix* yang terdiri dari produk, harga, promosi dan tempat. *Marketing mix* mempunyai sebuah strategi yang dapat mempengaruhi konsumen agar mendapatkan produk yang ditawarkan oleh pabrik industri, sehingga strategi ini dikatakan dapat meningkatkan keberhasilan dalam penjualan produk pabrik industri (Khaddapi dkk., 2022).

c. Transportasi

Transportasi bahan baku dan produk lancar karena Kabupaten Gresik mudah dijangkau melalui jalur darat, sehingga minimnya masalah dalam pengiriman bahan baku yang dapat menghambat produksi dan juga distribusi produk ke konsumen (Wijana, 2012).

d. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan faktor penting dalam memilih lokasi sebuah pabrik. Pabrik industri umumnya memerlukan banyak tenaga kerja yang berpendidikan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) atau Sekolah Menengah Atas (SMA) serta sarjana untuk proses produksinya. Dalam perekrutan tenaga kerja ini dapat diperoleh dari sekitar lokasi pendirian pabrik. Terdapat kriteria lain untuk memenuhi perekrutan tenaga kerja antara lain kedisiplinan dan juga pengalaman kerja yang dijadikan sebagai

prioritas. Hal ini bertujuan agar dapat memperoleh tenaga kerja yang kompeten dan berkualitas (Wijana, 2012).

e. Utilitas

Utilitas atau unit pendukung proses merupakan unit yang paling berperan penting dalam menjalankan proses produksi dalam suatu pabrik industri. Unit ini diperlukan untuk menjaga alat-alat produksi agar dapat berjalan dengan normal sehingga kondisi operasi alat tersebut akan tetap terjaga. Jenis unit utilitas yang digunakan dalam pabrik industri antara lain unit penyediaan air, *steam*, listrik, udara tekan, bahan bakar, dan pengolahan limbah (Anonim, 2011).

f. Letak Geografis

Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang cukup stabil karena memiliki iklim rata-rata yang cukup baik. Seperti daerah lain di Indonesia yang beriklim tropis dengan temperatur udara berkisar 22°C - 33°C.

4.1.2. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan untuk pengembangan pabrik industri di masa yang akan datang. Hal ini sangat berpengaruh pada kelanjutan proses produksi dari pabrik industri tersebut. Faktor-faktornya meliputi:

a. Perluasan Area Pabrik

Dalam memilih lokasi, sangat perlu untuk mempertimbangkan daerah pendirian pabrik dengan kemungkinan perluasan area di masa yang akan datang. Jika di sekeliling lokasi tersebut sudah banyak didirikan pabrik, maka salah satu jalan keluarnya adalah membangun gedung bertingkat. Hal ini perlu diperhatikan ketika pabrik industri akan menambah peralatan untuk memperbesar kapasitas (Maulana, 2018).

b. Perizinan

Perizinan adalah suatu hal yang penting dalam mendirikan suatu pabrik industri, sehingga lokasi pabrik harus dipertimbangkan. Lokasi pabrik dipilih di daerah khusus kawasan industri agar mudah dalam mengajukan perizinan pendirian pabrik (Trisdianti, 2013). Hal-hal penting yang perlu diperhatikan dalam pengaturan tata letak pendirian pabrik antara lain:

- Segi keamanan kerja terpenuhi
- Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman
- Pemanfaatan area tanah harus dilakukan secara efisien
- Transportasi yang baik dan efisien

c. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Prasarana seperti jalan dan transportasi lainnya harus tersedia, demikian juga dengan fasilitas sosial seperti sarana kesehatan, pendidikan, ibadah, bank dan perumahan sehingga dapat meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan masyarakat.



Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik *Ferrous Sulfate*

4.2. Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik ini terdiri dari pengaturan letak mesin, material, personalia, fasilitas pelayanan, dan lain-lain. Dalam menentukan letak pabrik terdapat kelebihan yang akan didapatkan seperti rendahnya biaya pengendalian bahan, berkurangnya kecelakaan karyawan, terjadi keseimbangan dalam proses produksi, gangguan dari mesin berkurang dan ruang yang telah disediakan dimanfaatkan dengan baik (Wijana, 2012).

Tujuan dari tata letak pabrik ini adalah agar proses produksi bekerja secara lancar, efektif, ekonomis dan nyaman. Tata letak pabrik yang disusun dengan baik akan menghemat penggunaan lahan, mengurangi waktu tunggu, menghindari antrian, serta memperlancar distribusi bahan dan pergerakan tenaga kerja selama proses produksi sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas tenaga kerja (Wijana, 2012).

Lahan yang diperlukan sebagai ruangan pada pabrik industri antara lain:

a. Ruang Perkantoran, Laboratorium dan Fasilitas Pendukung

Ruang perkantoran merupakan ruangan pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik untuk melancarkan operasi pabrik industri. Laboratorium merupakan ruang pusat pengendalian kualitas dan kuantitas bahan yang akan di produksi serta produk yang akan didistribusikan ke konsumen. Fasilitas pendukung untuk tenaga kerja pabrik industri terdiri dari poliklinik, kantin, aula dan masjid.

b. Ruang Proses Produksi dan Kontrol

Ruang proses produksi adalah ruangan utama yang di dalamnya terdapat peralatan pengolahan produk dari pabrik, sedangkan ruang kontrol merupakan pusat pengendalian proses produksi berlangsung (Wijana, 2012).

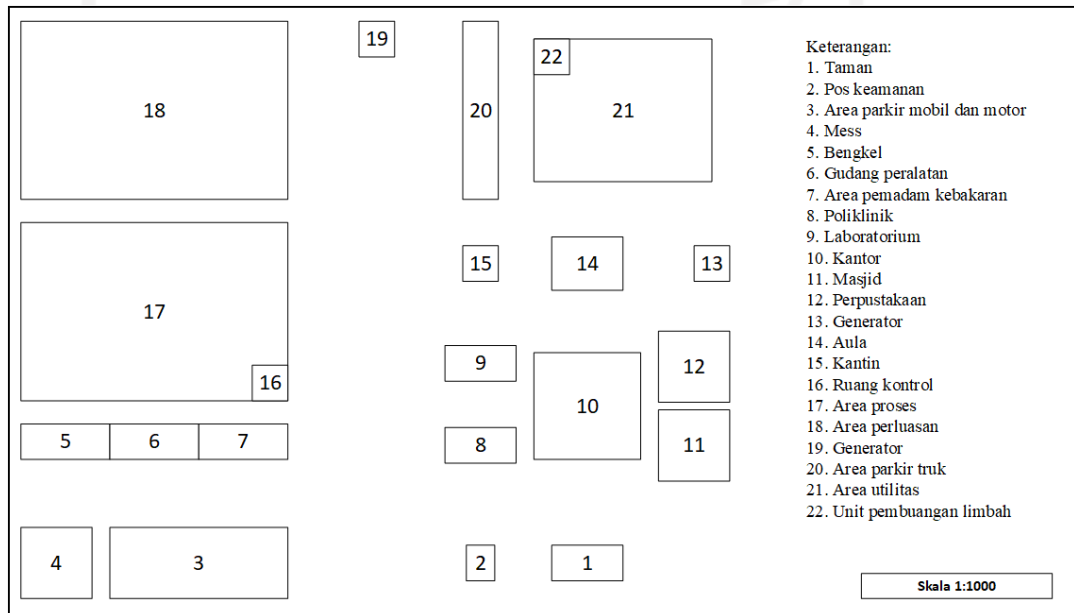
c. Ruang Penyimpanan Produk

Produk yang dihasilkan dan telah dikemas harus diperhatikan penyimpanannya agar pada saat pendistribusian ke konsumen tidak terjadi kerusakan pada produk tersebut. Ruang penyimpanan ini harus

bersih, kering, ventilasi yang cukup, tidak terkena matahari secara langsung dan terbebas dari binatang yang dapat merusak produk (Wijana, 2012).

d. Ruang Utilitas dan Pemadam Kebakaran

Ruang utilitas dan pemadam kebakaran adalah pusat penyediaan air, steam, air pendingin dan tenaga listrik yang digunakan sebagai penunjang berlangsungnya proses secara normal serta pemadam kebakaran.



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik

Tabel 4. 1 Luas Lokasi Pabrik

Lokasi	Luas (m ²)
Area Proses	3.750
Area Utilitas	2.000
Gudang Peralatan	250
Bengkel	250
Area Parkir Mobil dan Motor	1.000
Area Parkir Truk	500
Kantor	900
Aula	300
Masjid	400
Kantin	100
Mess	400
Area Pemadam Kebakaran	250
Laboratorium	200
Poliklinik	200
Perpustakaan	400
Taman	200
Area Perluasan	3.750
Jalan	2.150
Pos Keamanan	50
Luas Tanah	17.050
Luas Bangunan	10.950
Total	28.000

4.3. Tata Letak Mesin / Alat Proses (*Machines Layout*)

Ada beberapa hal yang perlu di perhatikan dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik, yaitu:

1. Aliran bahan baku dan produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, seta menunjang kelancaran dan keaman produksi.

2. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berua penumpukan atau akumulasi bahan kimia

berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja. Selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin.

3. Pencahayaan

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

4. Lalu lintas manusia dan kendaraan

Dalam perancangan *layout* peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5. Pertimbangan ekonomi

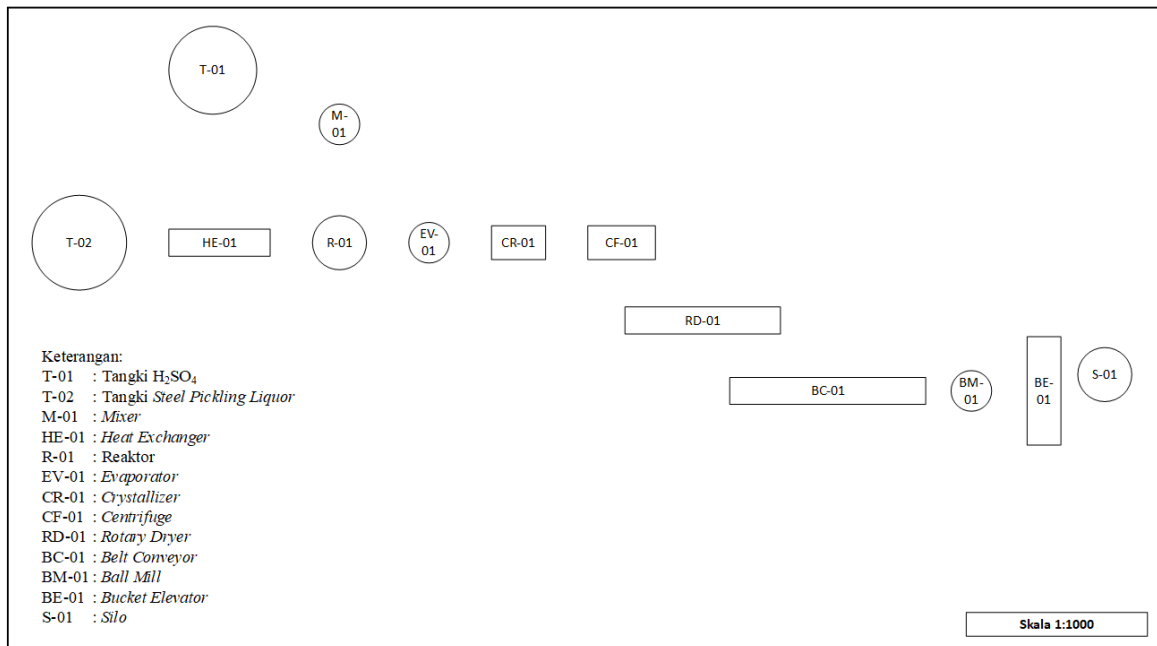
Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

6. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.

Tata letak proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga:

1. Kelancaran proses produksi dapat terjamin
2. Dapat mengefektifkan penggunaan luas lantai
3. Biaya material handling menjadi rendah, sehingga menyebabkan menurunnya pengeluaran untuk capital yang tidak penting
4. Jika tata letak peralatan proses sedemikian rupa sehingga urutan proses produksi lancar, maka perusahaan tidak perlu memakai alat angkut dengan biaya mahal
5. Karyawan mendapatkan kepuasan dalam bekerja



Gambar 4. 3 Tata Letak Mesin

4.4. Organisasi Perusahaan

4.4.1. Bentuk Perusahaan

Pabrik *Ferrous Sulfate* dari *Steel Pickling Liquor* dan Asam Sulfat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun yang akan didirikan direncanakan mempunyai bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal perusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap-taip saham.

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan perseroan terbatas adalah didasarkan atas beberapa faktor, antara lain:

1. Mudah untuk mendapatkan modal, yaitu dengan saham perusahaan

2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pengurus perusahaan.
3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik perusahaan adalah pemegang saham, sedangkan pengurus perusahaan adalah direksi beserta staf yang diawasi oleh komisaris.
4. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak berpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta staf, dan karyawan perusahaan.
5. Efisiensi manajemen pemegang saham dapat memilih orang sebagai dewan komisaris beserta direktur yang cukup dan berpengalaman.
6. Lapangan usaha lebih luas. Suatu perusahaan perseroan terbatas dapat menarik modal yang besar dari masyarakat, sehingga dapat memperluas usaha.

4.4.2. Struktur Organisasi

Organisasi merupakan suatu wadah atau alat dimaan orang-orang yang mempunyai satu visi melakukan kegiatan untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Struktur organisasi adalah gambaran secara sistematis terhadap tugas dan tanggung jawab serta hubungan antara bagian-bagian dalam perusahaan. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut:

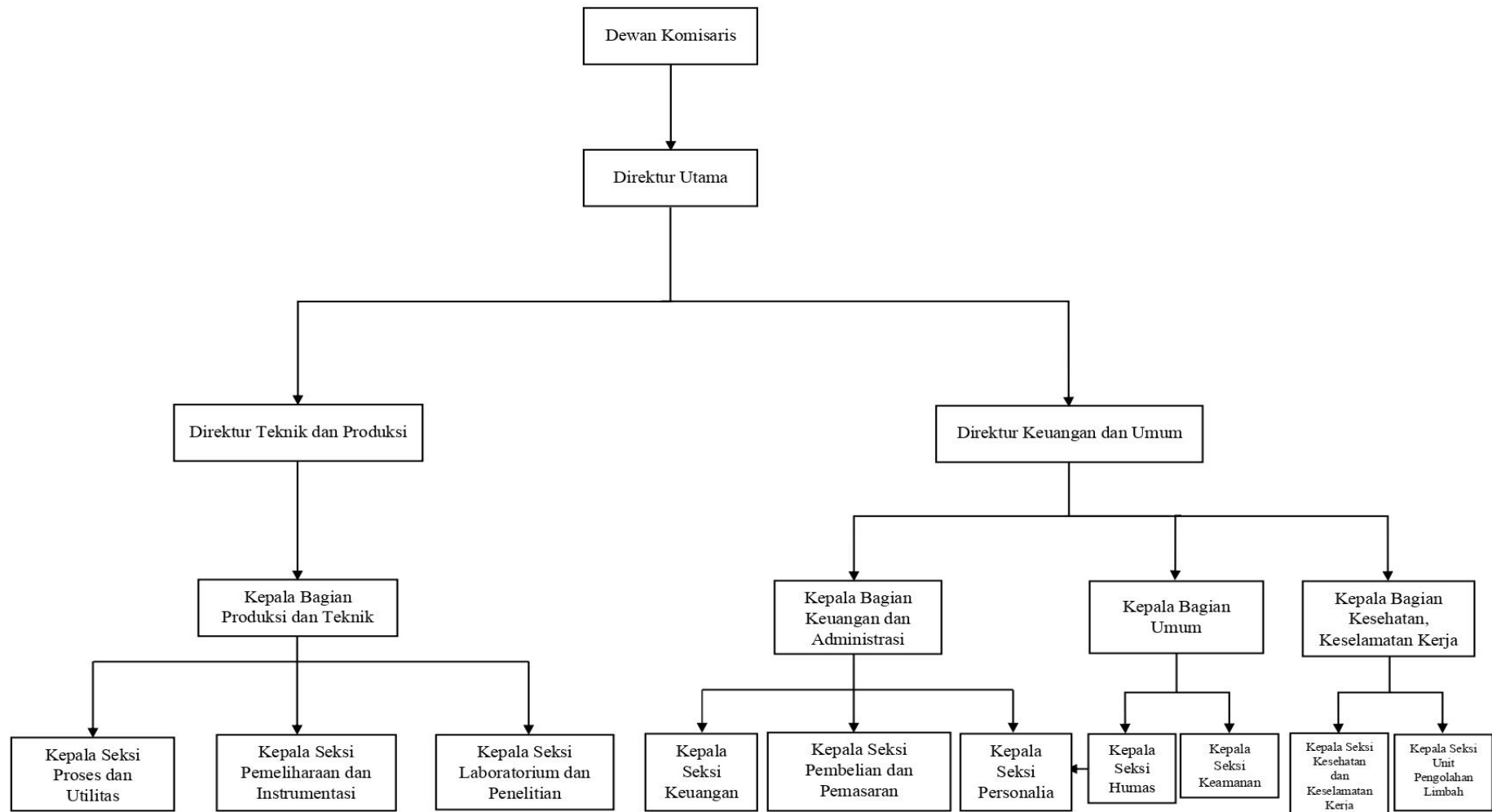
- a. Pemegang Saham
- b. Dewan Komisaris
- c. Direktur Utama
- d. Direktur
- e. Kepala Bagian
- f. Kepala Seksi
- g. Karyawan

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilakukan oleh seorang Direktur yang dibantu oleh Manajer Operasional serta Manajer Keuangan dan Umum. Dimana Manajer Operasional membawahi bidang produksi, utilitas, pemeliharaan serta pengembangan dan pengendalian mutu. Sedangkan Manajer Keuangan dan umum membawahi bidang pemasaran, administrasi, bagian umum dan keamanan serta bagian kesehatan, keselamatan kerja dan lingkungan.

Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi (Supervisor) dan masing-masing akan membawahi dan mengawasi beberapa karyawan atau staf perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing-masing seksi.

Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan wewenang pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang
2. Sebagai bahan orientasi pejabat
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat
4. Penyusunan program pengembangan manajemen
5. Mengatur kembali langkah-langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi

4.4.3. Tugas dan Wewenang

4.4.3.1. Pemegang Saham

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

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

4.4.3.2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan pelaksana dari pra peilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham.

Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi:

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

4.4.3.3. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal maju mundurnya perusahaan. Direktur utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah

diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum. Direktur utama membawahi:

a. Direktur Teknik dan produksi

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

b. Direktur Keuangan dan Umum

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

4.4.3.4. Kepala Bagian

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

1. Kepala Bagian Produksi dan Teknik

Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan bahan baku dan utilitas, kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi, mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

2. Kepala Bagian Keuangan dan Administrasi

Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan, bertanggung jawab terhadap

kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan.

3. Kepala Bagian Umum

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

4. Kepala Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan

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

4.4.3.5. Kepala Seksi

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

1. Kepala Seksi Proses dan Utilitas

Tugas: Memimpin langsung serta memantau kelancaran dan bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan baku, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi. Bertanggung jawab terhadap penyediaan bahan baku dan menjaga kemurnian bahan baku, serta mengontrol produk yang dihasilkan

2. Kepala Seksi Pemeliharaan dan Instrumentasi

Tugas: Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya. Bertanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat-alat instrumentasi

3. Kepala Seksi Bagian Laboratorium dan Penelitian

Tugas: Mengkoordinasi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi secara keseluruhan.

Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.

4. Kepala Seksi Keuangan

Tugas: Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

5. Kepala Seksi Pembelian dan Pemasaran

Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

6. Kepala Seksi Personalia

Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

7. Kepala Seksi Humas

Tugas: Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintahan, dan masyarakat.

8. Kepala Seksi Keamanan

Tugas: Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

9. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Tugas: Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

10. Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah

Tugas: Bertanggung jawab terhadap limbah pabrik agar sesuai dengan baku mutu limbah.

4.4.4. Ketenagakerjaan

Suatu perusahaan dapat berkembang dengan baik jika didukung oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang mendukung perkembangan perusahaan adalah pemakaian sumber daya manusia untuk ditempatkan pada bidang-bidang pekerjaan sesuai keahlian. Faktor tenaga kerja merupakan faktor yang sangat menunjang dalam masalah

kelangsungan berjalannya proses produksi dan menjamin beroperasinya alat-alat dalam pabrik. Untuk itu harus dijaga hubungan antara karyawan dengan perusahaan, karena hubungan yang harmonis akan menimbulkan semangat kerja dan meningkatkan produktifitasnya kerjanya, yang pada akhirnya akan meningkatkan produktifitas perusahaan.

Hubungan ini dapat terealisasikan dengan baik jika adanya komunikasi serta fasilitas-fasilitas yang diberikan perusahaan kepada karyawan. Salah satu contoh nyata adalah sistem pengajian atau pengupahan yang sesuai dengan Upah Minimum Regional (UMR) sehingga kesejahteraan dapat ditingkatkan.

Sistem upah karyawan perusahaan ini berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut statusnya karyawan perusahaan ini dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu:

1. Karyawan Tetap

Karyawan tetap adalah yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan amsa kerja.

2. Karyawan Harian

Karyawan harian adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan Direksi tanpa SK Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar pada setiap akhir pekan.

3. Karyawan Borongan

Karyawan yang digunakan oleh perusahaan bila diperlukan saja, sistem upah yang diterima berupa upah borongan untuk suatu perusahaan.

4.4.5. Jadwal Kerja Karyawan

Pabrik *Ferrous Sulfate* dari *Steel Pickling Liquor* dan Asam Sulfat direncanakan beroperasi selama 24 jam sehari secara secara

kontinyu. Jumlah hari kerja selama setahun 330 hari. Hari-hari yang lainnya digunakan untuk perawatan dan perbaikan.

Catatan hari kerja dan liburan karyawan:

a. Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti setahun selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan, maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu.

b. Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (nonshift), hari libur nasional tidak masuk kerja. Sedangkan bagi karyawan shift, hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (overtime).

c. Kerja Lembur (*overtime*)

Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendadak dan atas persetujuan kepala bagian.

Dalam kerjanya, karyawan dibedakan menjadi dua, yaitu karyawan shift dan nonshift.

1. Karyawan Nonshift

Karyawan nonshift adalah para karyawan yang tidak mempunyai proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan harian adalah Direktur, Manajer, Kepala Bagian, serta Staff yang berada dikantor. Karyawan nonshift berlaku 6 hari kerja dalam seminggu, libur pada hari minggu dan hari libur nasional. Total jam kerja dalam seminggu adalah 45 jam. Dengan perurutan sebagai berikut:

- Senin-Jumat : Pukul 08.00-16.00 WIB
- Sabtu : Pukul 08.00-12.00 WIB

- Waktu istirahat setiap jam kerja : Pukul 12.00-13.00 WIB
- Waktu istirahat hari Jumat : Pukul 12.00-13.30 WIB

2. Karyawan Shift

Karyawan Shift adalah karyawan yang langsung menanganin proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Bagi karyawan shift, 3 hari kerja mendapatkan 1 hari libur dan masuk shift secara bergantian waktunya. Kelompok kerja shift ini dibagi menjadi 3 shift sehari, masing-masing bekerja selama 8 jam, sehingga harus dibentuk 4 kelompok, dimana setiap hari 3 kelompok bekerja, sedangkan 1 kelompok libur. Aturan jam kerja karyawan shift:

- Shift 1 : Pukul 07.00-15.00 WIB
- Shift 2 : Pukul 15.00-23.00 WIB
- Shift 3 : Pukul 12.00-13.00 WIB
- Shift 4 : Pukul 23.00-07.00 WIB

Jam kerja diambil 45 jam per minggu, kelebihan jam kerja akan dihitung lembur.

Tabel 4. 2 Jadwal Pembagian Kerja Karyawan Shift

Hari & Shift	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pagi	I	I	IV	IV	III	III	II	II	I	I
Siang	II	II	I	I	IV	IV	III	III	II	II
Malam	III	III	II	II	I	I	IV	IV	III	III
Libur	IV	IV	III	III	II	II	I	II	IV	IV

Lanjutan Tabel 4.2 Jadwal Pembagian Kerja Karyawan Shift

Hari & Shift	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pagi	IV	IV	III	III	II	II	I	I	IV	IV
Siang	I	I	IV	IV	III	III	II	II	I	I
Malam	II	II	I	I	IV	IV	III	III	II	II
Libur	III	III	II	II	I	I	IV	IV	III	III

Hari & Shift	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Pagi	III	III	II	II	I	I	IV	IV	III	III
Siang	IV	IV	III	III	II	II	I	I	IV	IV
Malam	I	I	IV	IV	III	III	II	II	I	I
Libur	II	II	I	I	IV	IV	III	III	II	II

4.4.6. Perincian Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji Pegawai

Jumlah karyawan harus disesuaikan secara tepat sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselesaikan dengan baik dan efisien. Penentuan jumlah karyawan dapat dilakukan dengan melihat jenis proses ataupun jumlah unit proses yang ada.

Sistem gaji perusahaan ini dibagi menjadi 3 golongan yaitu:

1. Gaji Bulanan

Gaji ini diberikan kepada pegawai tetap dan besarnya gaji sesuai dengan peraturan perusahaan.

2. Gaji Harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

3. Gaji Lembur

Gaji ini diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja yang telah ditetapkan dan besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan

Tabel 4. 3 Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (/orang/bulan)	Gaji (/bulan)
1	Dewan Komisaris	1	Rp55.000.000	Rp55.000.000
2	Direktur Utama	1	Rp50.000.000	Rp50.000.000
3	Direktur Produksi dan Teknik	1	Rp40.000.000	Rp40.000.000
4	Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp40.000.000	Rp40.000.000
5	Kepala Bagian Produksi dan Teknik	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
6	Kepala Bagian Keuangan dan Administrasi	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
7	Kepala Bagian Umum	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
8	Kepala Bagian K3 dan UPL	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
9	Kepala Seksi Proses dan Utilitas	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
10	Kepala Seksi Penelitian	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
11	Kepala Seksi Laboratorium	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
12	Kepala Seksi Pemeliharaan dan Instrumentasi	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
13	Kepala Seksi Pembelian dan Pemasaran	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
14	Kepala Seksi Administrasi	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
15	Kepala Seksi Keuangan	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
16	Kepala Seksi Personalia	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
17	Kepala Seksi Humas	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
18	Kepala Seksi Keamanan	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
19	Kepala Seksi K3	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
20	Kepala Seksi Litbang	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
21	Karyawan Proses dan Utilitas	60	Rp10.000.000	Rp600.000.000
22	Karyawan Laboratorium	4	Rp10.000.000	Rp40.000.000
23	Karyawan Pemeliharaan	4	Rp10.000.000	Rp40.000.000
24	Karyawan Pembelian	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
25	Karyawan Pemasaran	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
26	Karyawan Administrasi	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000

Lanjutan Tabel 4.3 Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (/orang/bulan)	Gaji (/bulan)
27	Karyawan Kas	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
28	Karyawan Personalia	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
29	Karyawan Humas	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
30	Karyawan Keamanan	4	Rp10.000.000	Rp40.000.000
31	Karyawan K3	4	Rp10.000.000	Rp40.000.000
32	Karyawan UPL	4	Rp10.000.000	Rp40.000.000
33	Supir	5	Rp4.500.000	Rp22.500.000
34	Librarian	2	Rp4.500.000	Rp9.000.000
35	<i>Cleaning Service</i>	6	Rp4.500.000	Rp27.000.000
36	Dokter	2	Rp8.000.000	Rp16.000.000
37	Perawat	4	Rp5.000.000	Rp20.000.000
Total		130	Rp696.500.000	Rp1.564.500.000

4.4.7. Kesejahteraan Karyawan

Pemberian upah yang akan dibayarkan kepada pekerja direncanakan diatur menurut tingkatan pendidikan, status pekerjaan dan tingkat golongan. Upah minimum pekerja tidak kurang dari upah minimum kota yang diberlakukan oleh pemerintah (Upah Minimum Regional) dan pelaksanaannya sesuai ketentuan yang berlaku pada perusahaan. Tingginya golongan yang disandang seorang karyawan menentukan besarnya gaji pokok yang diterima oleh karyawan tersebut. Karyawan akan mendapatkan kenaikan golongan secara berkala menurut masa kerja, jenjang pendidikan dan prestasi karyawan.

4.4.8. Fasilitas Karyawan

Tersedianya fasilitas yang memadai dapat meningkatkan kelangsungan produktifitas karyawan dalam suatu perusahaan. Adanya fasilitas dalam perusahaan bertujuan agar kondisi jasmani dan rohani karyawan tetap terjaga dengan baik, sehingga karyawan tidak merasa jenuh dalam menjalankan tugas sehari-harinya dan kegiatan yang ada dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Sehubungan dengan hal

tersebut, maka perusahaan menyediakan fasilitas yang bermanfaat dalam lingkungan perusahaan yang berhubungan dengan kepentingan karyawan.

Adapun fasilitas yang diberikan perusahaan adalah:

a. Poliklinik

Untuk meningkatkan efisiensi produksi, faktor kesehatan karyawan merupakan hal yang sangat berpengaruh. Oleh karena itu, perusahaan menyediakan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh Dokter dan Perawat.

b. Pakaian Kerja

Untuk menghindari kesengajan antar karyawan, perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahun, selain itu juga disediakan masker sebagai alat pengaman kerja.

c. Makan dan Minum

Perusahaan menyediakan makan dan minum 1 kali sehari yang rencananya akan dikelola oleh perusahaan catering yang ditunjuk oleh perusahaan

d. Koperasi

Koperasi karyawan didirikan untuk mempermudah karyawan dalam hal simpan pinjam, memenuhi kebutuhan pokok dan perlengkapan rumah tang serta kebutuhan lainnya.

e. Tunjangan Hari Raya (THR)

Tunjangan ini diberikan setiap tahu, yaitu menjelang hari raya Idul Fitri dan besarnya tunjangan tersebut sebesar satu bulan gaji.

f. Jamsostek

Merupakan asuransi pertanggung jawaban jiwa dan asuransi kecelakaan.

g. Masjid dan Kegiatan Kerohanian

Perusahaan membangun tempat ibadah (masjid) agar karyawan dapat menjalankan kewajiban rohaninya dan melaksanakan aktifitas keagamaan lainnya.

h. Transportasi

Untuk meningkatkan produktifitas dan memperingankan beban pengeluaran karyawan, perusahaan memberikan uang transport tiap hari yang penyerahannya bersamaan dengan penerimaan gaji tiap bulan.

i. Hak Cuti

1. Cuti Tahunan

Diberikan kepada karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.

2. Cuti Massal

Setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan hari raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.

BAB V

UTILITAS

Agar pabrik bisa beroperasi dengan baik, diperlukan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Unit pendukung proses bisa dikatakan juga sebagai unit utilitas. Sarana penunjang ini tidak kalah pentingnya dengan bahan baku dan bahan pembantu yang dibutuhkan dalam proses.

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi di dalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Berikut unit-unit yang ada pada utilitas:

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

5.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

5.1.1. Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air dalam suatu pabrik umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik *Ferrous Sulfate* ini, menggunakan sumber air yang berasal dari air Sungai Bengawan Solo. Adapun penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a) Air Sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
- b) Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar.

Pada umumnya, kebutuhan air pada pabrik digunakan untuk keperluan:

5.1.1.1. Air Pendingin

Air pendingin diproduksi oleh menara pendingin (*cooling tower*). Unit air pendingin ini mengolah air dengan proses pendinginan, untuk dapat digunakan sebagai air dalam proses pendinginan pada alat pertukaran panas (*heat exchanger*) dan alat yang membutuhkan air pendinginan.

Air pendingin yang keluar dari media-media perpindahan panas di area proses akan disirkulasikan dan didinginkan kembali seluruhnya di dalam *cooling tower*. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan air sungai sebagai pendingin adalah:

- Partikel-partikel besar/makroba (makhluk hidup sungai dan konstituen lain).
- Partikel-partikel kecil/mikroba (ganggang dan mikroorganisme sunga).

Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut:

- Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- Tidak terdekomposisi.

5.1.1.2. Air Untuk Proses

Air proses biasanya digunakan untuk keperluan air pada proses produksi. Syarat-syarat air proses yaitu:

- Air harus cukup murni.
- Bebas dari pengotor.

- Bebas dari mineral. Jika masih terdapat mineral pada air untuk proses produksi, maka hal tersebut dapat merusak alat karena dapat menyebabkan terbentuknya kerak pada alat-alat produksi.

5.1.1.3. Air Umpan Boiler

Untuk kebutuhan umpan boiler, sumber air yang digunakan adalah air sungai. Agar tidak terjadinya kerusakan pada boiler, perlu memperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

- Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

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

- Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scaling*)

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan pada air umpan boiler dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam karbonat dan silika.

- Zat yang menyebabkan busa (*foaming*)

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

5.1.1.4. Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang digunakan untuk keperluan antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran, laboratorium, dan masjid. Air yang digunakan untuk kebutuhan umum dan sanitasi harus memenuhi standar yang berlaku. Beberapa kualitas tertentu, yaitu:

1. Syarat fisika, meliputi:
 - a. Suhu : dibawah suhu udara
 - b. Warna : jernih

- c. Rasa : tidak berasa
 - d. Bau : tidak berbau
2. Syarat kimia, meliputi:
- a. Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air
 - b. Tidak mengandung bahan beracun
 - c. Tidak mengandung bakteri terutama panthogen yang dapat merubah fisik air

5.1.1.5. Air Pemadam Kebakaran dan Bengkel

Air pemadam kebakaran harus ada keberadaannya di setiap pabrik. Jika suatu waktu terjadi kebakaran pada pabrik, dapat diatasi dengan mudah dan cepat dengan air pemadam kebakaran. Maka oleh itu air pemadam kebakaran harus dipersiapkan. Sama seperti penggunaan air yang lainnya, air pemadam kebakaran juga disediakan di bak air servis.

5.1.2. Unit Pengolahan Air

Air yang akan diolah, sebelumnya diambil dari sumber air terdekat yaitu di sungai bengawan solo yang nantinya bisa memenuhi kebutuhan suatu proses. Berikut merupakan tahap-tahap pengolahan air:

5.1.2.1. Penyaringan (*screening*)

Pada *screening*, Air yang diperoleh dari sumber air yang ada disekitar pabrik diolah terlebih dahulu, agar memenuhi persyaratan penggunaan. Pada *screening* air akan di saring dengan tujuan untuk memisahkan partikel-partikel padatan yang terbawa. Air setelah penyaringan tersebut akan dialirkan menuju ke dalam bak pengendapan awal.

5.1.2.2. Bak pengendapan awal / sedimentasi (BU-01)

Mula-mula air dialirkan ke bak penampungan atau pengendapan awal (BU-01) setelah melalui penyaringan dengan menggunakan alat penyaring. Dalam bak pengendap awal kotoran-kotoran akan

mengendap karena gaya berat. Waktu tinggal dalam bak ini berkisar 4 – 24 jam.

5.1.2.3. Bak Penggumpal (BU-02)

Kotoran-kotoran yang tersuspensi dalam air digumpalkan dan diendapkan dalam bak penggumpal (BU-02) ini dengan menambahkan bahan-bahan kimia, yaitu alumunium sulfat dan natrium karbonat. Waktu pengendapan yang diperlukan sekitar 2 jam. Koagulan yang ditambahkan ke dalam bak penampungan yang berfungsi untuk mengendapkan kotoran yang ikut dalam air sungai. Air setelah di bak penggumpal dialirkan menuju *clarifier*.

5.1.2.4. Clarifier

Proses pengolahan air yang terjadi pada *clarifier* adalah proses flokulasi yaitu proses penyatuan flok-flok dari partikel sehingga terbentuk flok yang lebih berat dan dapat di blowdown dalam waktu yang telah ditentukan, dan menghasilkan air yang lebih bersih lagi.

5.1.2.5. Bak Penyaring

Setelah dari *clarifier*, air bersih lalu diumpankan kedalam bak penyaring (BU-03) untuk menyaring lagi partikel-partikel yang lolos bersama air dari *clarifier*. Setelah dari bagian bak penyaring, air tersebut lalu dialirkan menuju bak penampung sementara untuk menampung air bersih sebelum akan diumpankan ke bagian pengolahan air untuk sanitasi dan pengolahan air pada demineralisasi.

5.1.2.6. Tangki Klorinasi

Tangki klorinasi ditempatkan pada pengolahan air untuk sanitasi atau untuk keperluan karyawan sehari-hari. Tangki klorinasi ini berfungsi untuk tempat diinjeksikannya klorin untuk menghilangkan bakteri dan kuman yang terkandung dalam air bersih dari bak penampung sementara. Klorin juga berfungsi sebagai oksidator karena klorin dapat menghilangkan rasa dan bau pada air yang mengandung rasa atau bau

tertentu. Setelah diinjeksikan dengan klorin, air tersebut sudah dapat digunakan untuk kebutuhan sanitasi seperti kebutuhan kantor, rumah tangga dan kebutuhan sekitar pabrik.

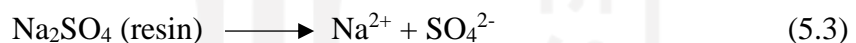
5.1.2.7. Demineralisasi

Untuk air proses dan air umpan boiler harus di *treatment* terlebih dahulu untuk menghilangkan kandungan mineralnya atau disebut dengan demineralisasi. Berikut adalah tahapan proses pengolahan air pada demineralisasi:

a. *Kation Exchanger*

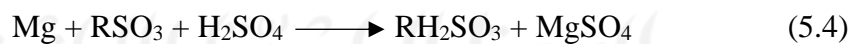
Dalam kation *exchanger* kandungan ion-ion seperti kalsium, magnesium, natrium, dan lain diganti dengan ion H⁺ sehingga air yang dihasilkan berupa air yang mengandung ion H⁺ dan anion.

Reaksi yang terjadi:



Pada jangka waktu tertentu, kation *exchanger* tersebut lama kelamaan akan jenuh sehingga diperlukannya regenerasi. Kation tersebut akan di regenerasikan dengan asam sulfat (H₂SO₄).

Reaksi yang terjadi:



b. *Anion Exchanger*

Alat ini berfungsi untuk mengikat ion negatif yang terkandung dalam air. Ion-ion negatif tersebut akan diikat dengan resin yang mempunyai sifat basa. Ion-ion yang akan diikat seperti SO₄²⁻, SP₃²⁻, dan CL⁻.

Reaksi yang terjadi:



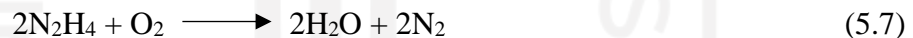
Pada jangka waktu tertentu, *anion exchanger* tersebut lama kelamaan akan jenuh sehingga diperlukannya regenerasi. Anion tersebut akan di regenerasikan dengan natrium hidroksida (NaOH).



5.1.2.8. Deaerasi

Air dari proses demineralisasi, yaitu air yang telah dihilangkan dalam kandungan mineralnya di bagian *kation exchanger* dan *anion exchanger* lalu diumpankan ke dalam tangki penampung umpan boiler. Setelah itu, air diumpankan terlebih dahulu ke *deaerator* untuk menghilangkan kandungan oksigen terlarut dalam air. Air tersebut dialirkan menggunakan pompa ke dalam *deaerator* lalu diinjeksikan dengan hidrazin (N_2H_4), hidrazin berfungsi untuk mengikat oksigen terlarut di dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak pada alat.

Reaksi yang terjadi:



Air yang keluar dari *deaerator* ini selanjutnya dialirkan langsung menggunakan pompa menuju *boiler* sebagai air umpan *boiler* atau yang dikenal sebagai *boiler feed water*.

5.1.2.9. Cooling Tower

Cooling tower berguna untuk mengolah air dari proses untuk didinginkan kembali. Prosesnya yaitu kondensat dari proses dengan suhu 50°C dialirkan di bagian atas *cooling tower* melalui distributor. Air akan menguap sehingga sisa kondensatnya akan tercurah ke bawah melalui saluran lubang atau *swirl* bersamaan dengan proses panas laten sehingga air akan ikut menguap ke atmosfer.

5.1.3. Kebutuhan Air

1. Air Pendingin

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Jumlah, kg/jam
M-01	29.945,91
R-01	6,30
CR-01	52.147,31
Total	82.099,52

Perancangan dibuat *overdesign* sebesar 20%, sehingga kebutuhan air pendingin menjadi 98.519,42 kg/jam.

Make up air: 558,28 kg/jam

2. Air Proses

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Proses

Nama Alat	Jumlah, kg/jam
M-01	11.151,55
Total	11.151,55

Perancangan dibuat *overdesign* sebesar 20%, sehingga kebutuhan air proses menjadi 13.381,85 kg/jam

3. Air Steam

Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Steam

Nama Alat	Jumlah, kg/jam
HE-01	119,93
HE-02	32,72
EV-01	1.728,16
Total	1.880,81

Perancangan dibuat *overdesign sebesar 20%*, sehingga kebutuhan air *steam* menjadi 2.256,98 kg/jam. *Make up steam* adalah 451,40 kg/jam

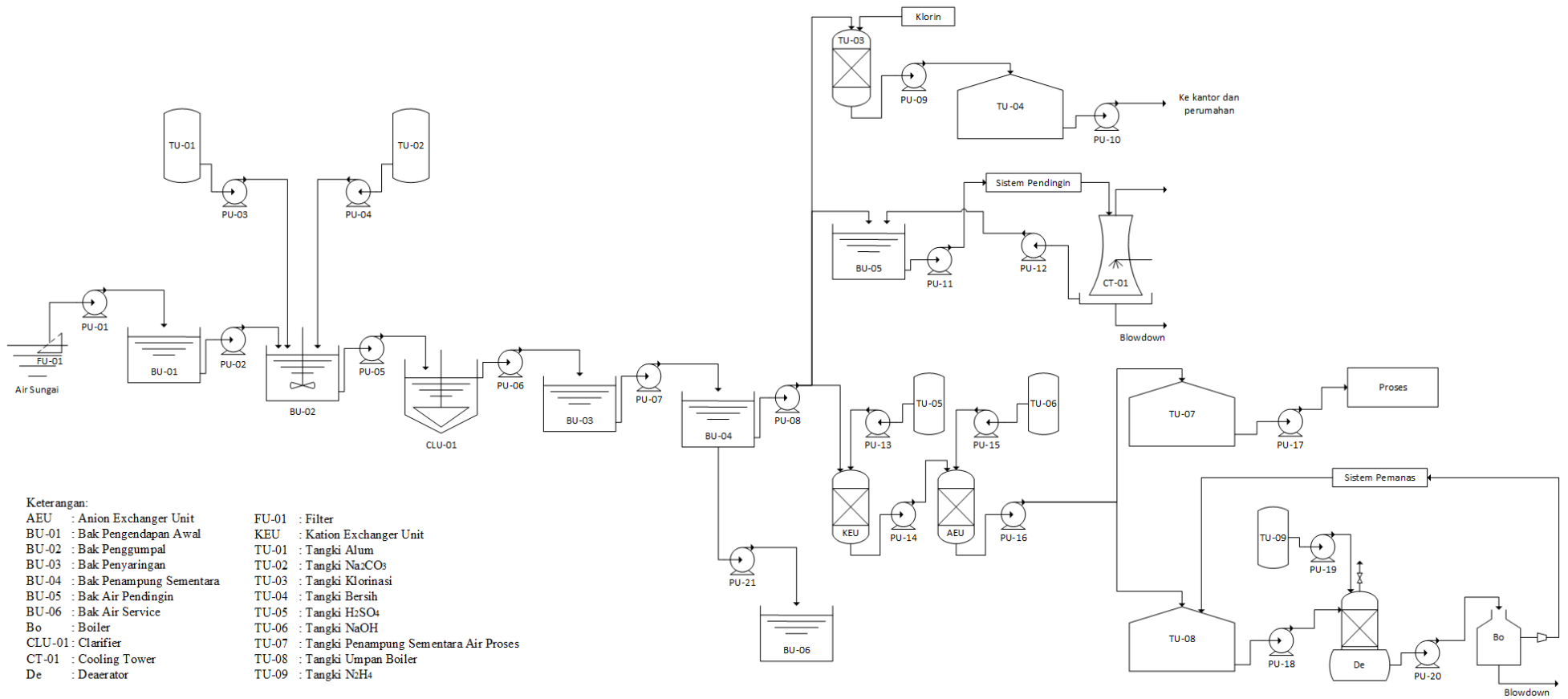
4. Air Sanitasi

Tabel 5. 4 Kebutuhan Air Sanitasi

Kebutuhan Air	Jumlah, kg/jam
Bengkel	12,50
Poliklinik	20,83
Laboratorium	20,83
Pemadam Kebakaran	250,00
Kantin, Musola, Kebun dll	416,67
Total	720,83

Kebutuhan air sanitasi terdiri untuk kebutuhan air pada bengkel, poliklinik, laboratorium, pemadam kebakaran, kebun, musholla, kantin, kantor, mess dan lain-lain. Maka perkiraan kebutuhan total air sanitasi yang diperlukan adalah 720,83 kg/jam.

UNIT PENGOLAHAN AIR



Gambar 5. 1 Diagram Unit Pengolahan Air

5.3. Unit Pembangkit Steam

Pada perancangan Pabrik *Ferrous Sulfate* dibutuhkan alat untuk menunjang kebutuhan *steam* di pabrik. Unit pembangkit *steam* ini bertujuan untuk menunjang kebutuhan *steam* tersebut yaitu dengan disediakannya boiler atau ketel uap.

Spesifikasi boiler yang dibutuhkan:

Tipe	: <i>Water Tube Boiler</i>
Jumlah	: 1 buah
<i>Heating Surface</i>	: 131,488 ft ²
Kapasitas	: 1.880,814 kg/jam
Suhu <i>steam</i>	: 248 °F
Bahan Bakar	: <i>Fuel Oil</i>

Kebutuhan steam pada pabrik *ferrous sulfat* digunakan untuk alat-alat penukar panas. Digunakan *boiler* jenis *water tube boiler* karena memiliki kelebihan sebagai berikut:

- Mampu menghasilkan kapasitas *steam* yang cukup besar
- Mempunyai efisiensi pembakaran tinggi
- Tungku mudah dijangkau untuk pemeriksaan
- Tekanan operasional tinggi

Boiler atau ketel uap ini dilengkapi dengan satu buah unit *economizer* *safety valve* yang berfungsi sebagai alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas-gas hasil pembakaran yang keluar dari *boiler*. Didalam alat ini, air dinaikkan temperaturnya hingga menjadi 120°C lalu diumpankan kedalam boiler.

5.4. Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada Perancangan Pabrik *Ferrous Sulfate* dari *Steel Pickling Liquor* dan Asam Sulfat dengan Kapasitas 10.000 ton/tahun ini dipenuhi oleh dua sumber, yaitu dari PLN dan Generator. Generator tersebut juga dapat

digunakan sebagai tenaga cadangan apabila suatu waktu PLN mengalami gangguan. Generator yang digunakan adalah generator dengan tipe AC Generator.

Kebutuhan listrik pada pabrik adalah sebagai berikut:

1. Listrik untuk kebutuhan proses produksi : 146,194 kW
2. Listrik untuk kebutuhan utilitas pabrik : 44,541 kW
3. Listrik untuk kebutuhan penerangan dan AC pabrik : 170 kW
4. Listrik untuk kebutuhan laboratorium dan bengkel : 50 kW
5. Listrik untuk kebutuhan instrumentasi pabrik : 20 kW

Generator yang digunakan sebagai cadangan sumber listrik mempunyai efisiensi 80%, sehingga generator yang disiapkan harus mempunyai input:

$$\text{Input Generator} = 538,419 \text{ kW}$$

Dipilih menggunakan generator dengan daya 600 kW, sehingga masih tersedia cadangan daya sebesar 61,581 kW.

Spesifikasi Generator:

Tipe	: AC Generator
Kapasitas	: 600 kW
Tegangan	: 230/360 Volt
Jumlah	: 1 buah
Bahan bakar	: Solar

5.5. Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan ini berfungsi untuk menyediakan udara tekan pada alat-alat instrumentasi dan alat kontrol pada pabrik. Udara tekan biasanya digunakan sebagai penggerak alat-alat kontrol yang bekerja secara *pneumatic*. Tekanan pada udara tekan biasanya berkisar antara 5,5 bar sampai 7,2 bar dan kami ambil tekanan pada udara tekan yaitu sebesar 6 bar.

Kompresor yang dibutuhkan:

Kapasitas	: 30,582 m ³ /jam
Tekanan <i>suction</i>	: 14,7 psi
Tekanan <i>discharge</i>	: 87 psi

Jenis	: <i>Single Stage Reciprocating Compressor</i>
Efisiensi	: 85%
Daya kompresor	: 3 HP
Jumlah	: 1 buah

5.6. Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar berfungsi untuk menyediakan bahan bakar yang akan digunakan untuk menggerakkan *bolier* dan *generator* pada pabrik. Bahan bakar yang digunakan untuk menggerakkan *bolier* adalah *fuel oil* sedangkan generator adalah solar. *Fuel oil* yang dibutuhkan untuk menggerakkan boiler sebanyak 162,52 kg/jam, sedangkan solar yang dibutuhkan untuk menggerakkan *generator* sebanyak 59,195 kg/jam.

5.7. Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan oleh pabrik *ferrous sulfat* antara lain adalah:

1. Limbah cair
2. Limbah padatan
3. Limbah gas

Pengolahan limbah tersebut didasarkan pada jenis buangnya:

a. Pengolahan air buangan sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal dari seluruh toilet dikawasan pabrik dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi. Campuran yang berupa padatan dan cairan terlebih dahulu dipecah bahan-bahan organiknya dengan menggunakan lumpur aktif dan sistem aerasi yang terdiri dari bak bersistem *overflow* dan desinfektan klorin ditambahkan untuk membunuh mikroorganisme yang menimbulkan penyakit. Air yang telah diolah dan memenuhi syarat pembuangan dialirkan ke kolam penampung.

b. Limbah cair dari proses

Air dari unit demineralisasi dan air regenerasi resin dinetralkan dalam kolom netralisasi. Penetralkan dilakukan dengan larutan H_2SO_4 bila pH air buangan

tersebut lebih dari 7, jika pH kurang dari 7 digunakan NaOH. Air yang telah dinetralkan selanjutnya dialirkan ke kolam penampung.

c. Limbah berminyak dari pompa

Limbah cair yang mengandung minyak berasal dari buangan pelumas pada pompa, dan alat-alat lainnya. Pemisahan dilakukan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Minyak dialirkan ke tungku pembakar, sedangkan air dibagian bawah dialirkan ke penampungan akhir, kemudian di buang.

d. Pengolahan bahan buangan padatan

Limbah padat berupa lumpur atau pasir yang dihasilkan dari unit pengolahan air, dimanfaatkan sebagai penimbunan yang sebelumnya diturunkan kadar airnya.

e. Limbah gas

Limbah gas ini berasal dari alat evaporator (EV-01) yang berupa gas H_2O dan *rotary dryer* (RD-01) yang berupa gas H_2SO_4 . Gas H_2O dapat langsung dibuang ke lingkungan karena tidak berbahaya, sedangkan gas H_2SO_4 dikondensasikan di unit pengolahan limbah sehingga dihasilkan larutan H_2SO_4 . Larutan H_2SO_4 sebelum dibuang ke lingkungan harus dilakukan proses netralisasi terlebih dahulu.

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Dalam prarancangan pabrik *Ferrous Sulfate* ini perlu dilakukan evaluasi ekonomi yang bertujuan untuk dapat memperkirakan kelayakan dari pabrik yang dirancang agar hasilnya adalah keuntungan bukan kerugian. Komponen terpenting dalam perancangan pabrik ini adalah estimasi gaji, harga jual produk, bahan baku, dan alat-alat. Hal ini dikarenakan komponen tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan estimasi analisa ekonomi. Analisa ekonomi ini berfungsi untuk meninjau kebutuhan investasi modal, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total dari biaya produksi sama dengan keuntungan yang didapatkan. Pada evaluasi ekonomi ini faktor-faktor yang ditinjau adalah:

1. *Return on Investment (ROI)*
2. *Pay Out Time (POT)*
3. *Break Even Point (BEP)*
4. *Shut Down Point (SDP)*
5. *Discounted Cas Flow Rate of Return (DCFR)*

Untuk meninjau faktor-faktor diatas, maka perlu dilakukan perkiraan dalam beberapa hal sebagai berikut:

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*)
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*)
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Pendapatan modal
 - a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
 - b. Biaya variabel (*Variable Cost*)

c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

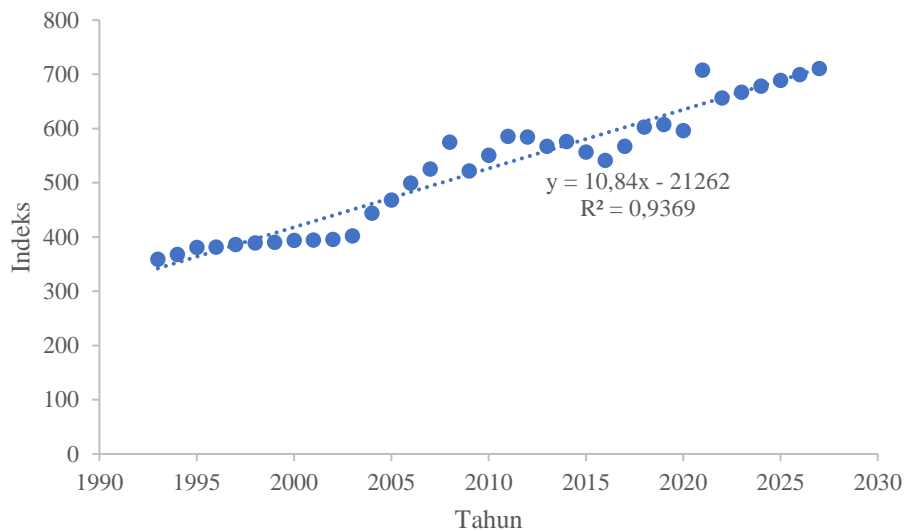
6.1. Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan proses akan mengalami perubahan tergantung pada kondisi ekonomi yang sedang terjadi. Untuk mengetahui harga peralatan yang tetap setiap tahunnya sangatlah tidak mudah, sehingga perlu dilakukan perkiraan harga sebuah alat dengan cara atau metode pengambilan data indeks harga dari tahun-tahun sebelumnya.

Pabrik *Ferrous Sulfate* beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari dan direncanakan akan didirikan pada tahun 2027. Dalam analisa ekonomi ini harga alat-alat maupun harga yang lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mendapatkan harga pada tahun yang diinginkan, maka perlu dicari indeks harga pada tahun tersebut.

Tabel 6. 1 *Chemical Engineering Plant Cost Index*

No	(Xi)	Indeks (Yi)	No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1993	359,2	19	2011	585,7
2	1994	368,1	20	2012	584,6
3	1995	381,1	21	2013	567,3
4	1996	381,7	22	2014	576,1
5	1997	386,5	23	2015	556,8
6	1998	389,5	24	2016	541,7
7	1999	390,6	25	2017	567,5
8	2000	394,1	26	2018	603,1
9	2001	394,3	27	2019	607,5
10	2002	395,6	28	2020	596,2
11	2003	402	29	2021	708
12	2004	444,2	30	2022	656,48
13	2005	468,2	31	2023	667,32
14	2006	499,6	32	2024	678,16
15	2007	525,4	33	2025	689
16	2008	575,4	34	2026	699,84
17	2009	521,9	35	2027	710,68
18	2010	550,8			



Gambar 6. 1 *Chemical Engineering Cost Index*

Dari asumsi kenaikan indeks linear, maka didapatkan persamaan $y = 10,84x - 21.262$. Jadi, indeks yang didapatkan pada tahun 2027 adalah 710,68. Pendekatan yang digunakan untuk mengestimasi harga alat dan yang lainnya pada saat sekarang didapat dari persamaan berikut (Aries and Newton, 1995):

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y} \tag{6.1}$$

Dimana:

E_x = Harga pembelian

E_y = Harga pembelian pada tahun referensi

N_x = Indeks harga pada tahun pembelian

N_y = Indeks harga pada tahun referensi

6.2. Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi *ferrous sulfate* = 10.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Umur pabrik = 10 tahun

Pabrik didirikan pada tahun = 2027

Kurs mata uang = 1 US\$ = Rp. 14.500,00

Harga bahan baku:

a. Asam sulfat = Rp. 310.744.367.087/tahun

(Rp. 7.975/kg)

b. *Steel pickling liquor* = Rp. 0

(*Steel pickling liquor* diperoleh dari limbah Pabrik PT. Angkasa Raya Steel)

6.3. Perhitungan Biaya

6.3.1. *Capital Investment*

Capital investment atau modal merupakan sejumlah uang yang diperlukan untuk mendirikan dan menjalankan suatu pabrik. Ada 2 jenis *capital investment*, antara lain:

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed capital investment yaitu uang yang diperlukan untuk mendirikan suatu pabrik.

b. *Working Capital Investment*

Working capital investment yaitu uang yang diperlukan untuk menjalankan proses operasi suatu pabrik selama waktu tertentu.

6.3.2. *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost adalah pengeluaran untuk biaya produksi suatu pabrik, yang terdiri dari:

a. *Direct Cost*

Direct cost yaitu pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembelian alat proses produksi.

b. *Indirect Cost*

Indirect cost yaitu pengeluaran-pengeluaran untuk konstruksi pabrik, overhead konstruksi dan bagian-bagian pabrik yang tidak berhubungan langsung dengan alat proses produksi suatu pabrik.

c. *Fixed Cost*

Fixed cost yaitu pengeluaran biaya tertentu saat pabrik beroperasi maupun tidak beroperasi atau pengeluaran tetap yang tidak tergantung pada waktu dan juga tingkat produksi.

6.3.3. *General Expanse*

General expanse merupakan biaya pengeluaran umum yang berkaitan dengan fungsi dari suatu perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

6.4. Analisa Kelayakan

Besar dan tidaknya keuntungan yang didapatkan dari suatu pabrik, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut layak untuk didirikan atau tidak, maka dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan. Cara yang digunakan untuk menyatakan layak atau tidaknya pendirian suatu pabrik antara lain:

6.4.1. *Percent Return on Investment (ROI)*

Return on investment merupakan suatu cara untuk mengetahui tingkat keuntungan yang didapatkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\% \quad (6.2)$$

6.4.2. *Pay Out Time (POT)*

Pay out time merupakan waktu pengembalian modal tetap atau *fixed capital investment* yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.

$$POT = \frac{100\%}{ROI} \quad (6.3)$$

6.4.3. *Break Even Point (BEP)*

Break even point merupakan titik impas dimana suatu pabrik tidak akan mendapatkan keuntungan maupun kerugian. Kapasitas produksi saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan mengalami kerugian ketika beroperasi dibawah BEP dan mengalami keuntungan ketika beroperasi diatas BEP.

$$BEP = \frac{(Fa+0,3Ra)}{(Sa-Va-0,7Ra)} \times 100\% \quad (6.4)$$

Dimana:

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

6.4.4. *Shut Down Point (SDP)*

Shut down point merupakan persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam setahun, maka pabrik harus berhenti beroperasi.

$$SDP = \frac{(0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\% \quad (6.5)$$

6.4.5. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)*

Discounted cash flow rate of return merupakan analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atas investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik. *Rate of return both on discounted cash flow* adalah laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik (10 tahun).

$$(FC + WC)(1 + i)^n = c \sum_{n=0}^{n=1} (1 + i)^n + WC + SV \quad (6.6)$$

Dimana:

FC = *Fixed capital*

WC = *Working capital*

SV = *Salvage value*

C = *Cash flow = profit after taxes + depresiasi + finance*

n = *Umur pabrik = 10 tahun*

i = *Nilai DCFR*

6.5. Hasil Perhitungan

Rencana pendirian pabrik *ferrous sulfate* memerlukan perhitungan rencana PPC, PC, MC serta *General Expense*. Hasil dari rancangan tersebut masing-masing disajikan pada tabel berikut:

Tabel 6. 2 Physical Plant Cost (PPC)

No	Type of Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	Rp. 115.077.793.456	\$ 7,936,400
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp. 28.769.448.364	\$ 1,984,100
3	Biaya Instalasi	Rp. 20.531.465.632	\$ 1,415,963
4	Pemipaan	Rp. 27.856.762.416	\$ 1,921,156
5	Instrumentasi	Rp. 29.094.840.745	\$ 2,006,541
6	Insulasi	Rp. 4.682.475.734	\$ 322,929
7	Listrik	Rp. 11.507.779.346	\$ 793,640
8	Bangunan	Rp. 43.800.000.000	\$ 3,020,690
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp. 68.200.000.000	\$ 4,703,448
	<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	Rp. 349.520.565.693	\$ 24,104,867

Tabel 6. 3 Direct Plant Cost (DPC)

No	Type of Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Engineering and Construction	Rp. 69.904.113.139	\$ 4,820,973
	<i>Direct Plant Cost (DPC) + PPC</i>	Rp. 419.424.678.832	\$ 28,925,840

Tabel 6. 4 Fixed Capital Investment (FCI)

No	Type of Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	Rp. 419.424.678.832	\$ 28,925,840
2	<i>Contractor's fee</i>	Rp. 16.776.987.153	\$ 1,157,034
3	<i>Contingency</i>	Rp. 41.942.467.883	\$ 2,892,584
	<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	Rp. 478.144.133.868	\$ 32,975,458

Tabel 6. 5 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Raw Material	Rp. 310.744.367.087	\$ 21,430,646
2	Labor	Rp. 234.675.000	\$ 16,184
3	Supervision	Rp. 23.467.500	\$ 1,618
4	Maintenance	Rp. 9.562.882.677	\$ 659,509
5	Plant Supplies	Rp. 1.434.432.402	\$ 98,926
6	Royalty and Patents	Rp. 7.250.000.000	\$ 500,000
7	Utilities	Rp. 130.959.414.876	\$ 9,031,684
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		Rp. 460.209.239.542	\$ 31,738,568

Tabel 6. 6 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp. 35.201.250	\$ 2,428
2	<i>Laboratory</i>	Rp. 23.467.500	\$ 1,618
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp. 117.337.500	\$ 8,092
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp. 29.000.000.000	\$ 2,000,000
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		Rp. 29.176.006.250	\$ 2,012,138

Tabel 6. 7 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp. 38.251.530.709	\$ 2,638,037
2	<i>Property taxes</i>	Rp. 4.781.441.339	\$ 329,755
3	<i>Insurance</i>	Rp. 4.781.441.339	\$ 329,755
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		Rp. 47.814.413.387	\$ 3,297,546

Tabel 6. 8 *Manufacturing Cost (MC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp. 460.209.239.542	\$ 31,738,568
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp. 29.176.006.250	\$ 2,012,138
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp. 47.814.413.387	\$ 3,297,546
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		Rp. 537.199.659.179	\$ 37,048,252

Tabel 6. 9 *Working Capital (WC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp. 84.748.463.751	\$ 5,844,722
2	<i>Inproses Onventory</i>	Rp. 73.254.498.979	\$ 5,052,034
3	<i>Product Inventory</i>	Rp. 146.508.997.958	\$ 10,104,069
4	<i>Extended Credit</i>	Rp. 197.727.272.727	\$ 13,636,364
5	<i>Available Cash</i>	Rp. 146.508.997.958	\$ 10,104,069
<i>Working Capital (WC)</i>		Rp. 648.748.231.373	\$ 44,741,257

Tabel 6. 10 *General Expenses (GE)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp. 16.115.989.775	\$ 1,111,448
2	<i>Sales Expense</i>	Rp. 26.859.982.959	\$ 1,852,413
3	<i>Research</i>	Rp. 18.801.988.071	\$ 1,296,689
4	<i>Finance</i>	Rp. 22.537.847.305	\$ 1,554,334
<i>General Expenses (GE)</i>		Rp. 84.315.808.110	\$ 5,814,883

Tabel 6. 11 *Total Production Cost (TPC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp. 537.199.659.179	\$ 37,048,252
2	<i>General Expenses (GE)</i>	Rp. 84.315.808.110	\$ 5,814,883
<i>Total Production Cost (TPC)</i>		Rp. 621.515.467.290	\$ 42,863,136

Tabel 6. 12 *Total Fixed Cost (Fa)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depresiasi</i>	Rp. 38.251.530.709	\$ 2,638,037
2	<i>Property Taxes</i>	Rp. 4.781.441.339	\$ 329,755
3	<i>Asuransi</i>	Rp. 4.781.441.339	\$ 329,755
<i>Total Fixed Cost (Fa)</i>		Rp. 47.814.413.387	\$ 3,297,546

Tabel 6. 13 *Total Variable Cost (Va)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp. 310.744.367.087	\$ 21,430,646
2	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp. 29.000.000.000	\$ 2,000,000
3	<i>Utilities</i>	Rp. 130.959.414.876	\$ 9,031,684
4	<i>Royalty & Patent</i>	Rp. 7.250.000.000	\$ 500,000
Total Variable Cost (Va)		Rp. 477.953.781.963	\$ 32,962,330

Tabel 6. 14 *Total Regulated Cost (Ra)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Gaji Karyawan	Rp. 234.675.000	\$ 16,184
2	<i>Payroll Overhead</i>	Rp. 35.201.250	\$ 2,428
3	<i>Supervision</i>	Rp. 23.467.500	\$ 1,618
4	<i>Plant Overhead</i>	Rp. 117.337.500	\$ 8,092
5	Laboratorium	Rp. 23.467.500	\$ 1,618
6	<i>General Expense</i>	Rp. 84.315.808.110	\$ 5,814,883
7	<i>Maintenance</i>	Rp. 9.562.882.677	\$ 659,509
8	<i>Plant Supplies</i>	Rp. 1.434.432.402	\$ 98,926
Total Regulated Cost (Ra)		Rp. 95.747.271.939	\$ 6,603,260

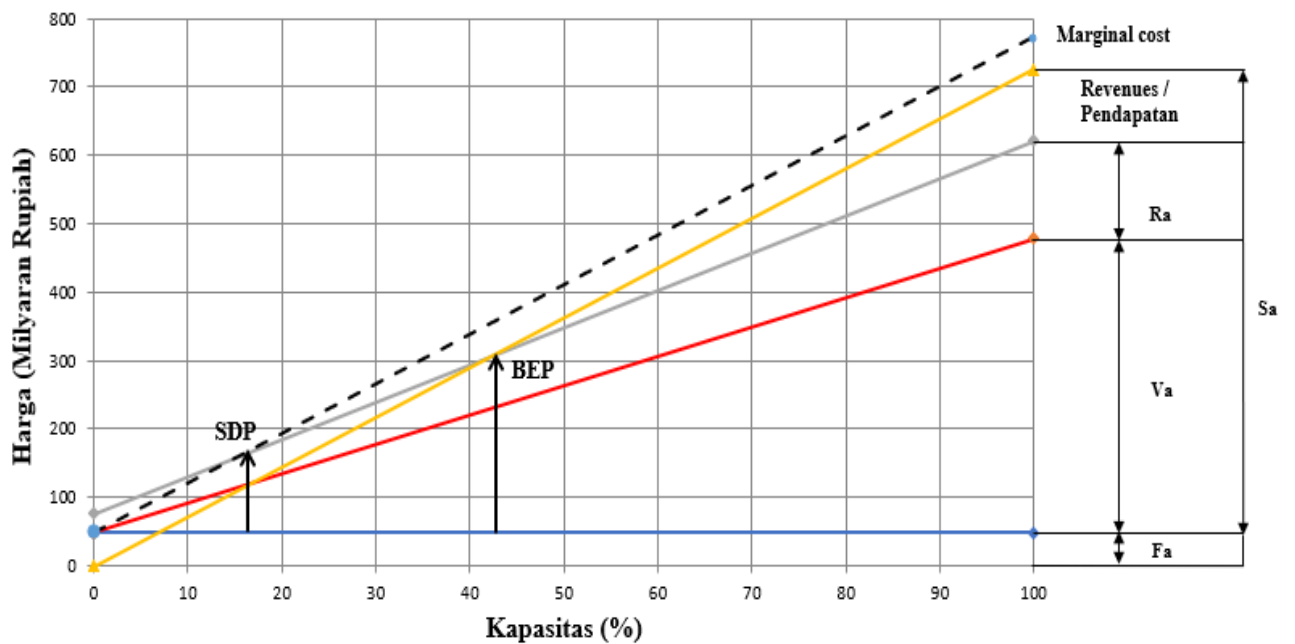
6.6. Analisa Keuntungan

Harga jual produk <i>Ferrous Sulfate</i>	= Rp. 72.500/kg
<i>Annual Sales (Sa)</i>	= Rp. 725.000.000.000
<i>Total Cost</i>	= Rp. 621.515.467.290
Keuntungan sebelum pajak	= Rp. 103.484.532.710
Pajak keuntungan	= Rp. 20.696.906.542
Keuntungan setelah pajak	= Rp. 82.787.626.168

6.7. Hasil Kelayakan Ekonomi

Tabel 6. 15 Hasil Kelayakan Ekonomi

Kriteria	Terhitung	Persyaratan
ROI sebelum pajak	21,64%	ROI before taxes
ROI setelah pajak	17,31%	minimum low 11 %, high 44%
POT sebelum pajak	4,62	POT before taxes
POT setelah pajak	5,78	maksimum low 5 th, high 2 th
BEP	42,52%	Berkisar 40 - 60%
SDP	15,96%	
DCF	8,0%	>1,5 bunga bank = minimum = 5,63%



Gambar 6. 2 Grafik SDP dan BEP

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan pabrik *ferrous sulfate* dari *steel pickling liquor* dan asam sulfat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Alasan pendirian pabrik *ferrous sulfate* dari *steel pickling liquor* dan asam sulfat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun adalah kebutuhan bahan kimia *ferrous sulfate* di Indonesia yang cukup tinggi dan masih belum diproduksi di dalam negeri sehingga untuk memenuhi kebutuhan tersebut perlu mengimport *ferrous sulfate* dari luar negeri, serta untuk menanggulangi permasalahan limbah dari pabrik logam yang masih belum dimanfaatkan secara maksimal.
2. Pabrik *ferrous sulfate* dirancang dengan bentuk Perseroan Terbatas (PT) yang beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan akan didirikan pada tahun 2027 di Kabupaten Gresik, Jawa Timur dengan luas tanah 17.050 m² dan luas bangunan 10.950 m² yang jumlah karyawannya sebanyak 130 orang.
3. Ditinjau dari proses produksi, sifat bahan baku, kondisi operasi dan evaluasi ekonomi, maka pabrik *ferrous sulfate* dari *steel pickling liquor* dan asam sulfat tergolong pada pabrik dengan resiko yang rendah.
4. Dari perhitungan evaluasi ekonomi diperoleh hasil sebagai berikut:
 - a. Keuntungan pabrik sebelum pajak sebesar Rp. 103.848.532.710 per tahun dan setelah pajak sebesar Rp. 82.787.626.168 per tahun
 - b. *Return on Investment (ROI)* sebelum pajak sebesar 21,64% dan setelah pajak sebesar 17,31%
 - c. *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak sebesar 4,62 tahun dan setelah pajak sebesar 5,78 tahun
 - d. *Break Even Point (BEP)* pada pabrik *ferrous sulfate* sebesar 42,52%
 - e. *Shut Down Point (SDP)* pada pabrik *ferrous sulfate* sebesar 15,96%
 - f. *Discounted Cas Flow (DCF)* pada pabrik *ferrous sulfate* sebesar 8%

Dari kesimpulan diatas dapat dikatakan bahwa pabrik *ferrous sulfate* dari *steel pickling liquor* dan asam sulfat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun layak untuk didirikan dan dikaji lebih lanjut terkait realisasi pendirian pabriknya karena dari evaluasi ekonomi bisa menguntungkan.

6.2. Saran

Prarancangan pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan untuk pendirian sebuah pabrik industri agar tidak terjadi kerugian antara lain:

1. Perlu untuk diperhatikan kualitas dari bahan baku dan alat proses agar dapat meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkan serta mengoptimalkan keuntungan yang didapatkan oleh pabrik.
2. Pendirian pabrik kimia harus memiliki sistem untuk mencegah terjadinya kerusakan lingkungan hidup akibat limbah yang dihasilkan oleh pabrik yaitu dengan cara mengolah kembali limbah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aman, Sunarno, Fuad, N. & Hamda. (2008). Kinetika Reaksi Hidrolisa $TiSO_4$ menjadi $TiO(OH)_2$. *Seminar Nasional Teknik Kimia Oleo & Petrokimia Indonesia, ISSN: 1907-0500*.
- Aries, R. S. & Newton, R. D. (1955). *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: McGraw-Hill.
- Brown, G. G. (1978). *Unit Operation*. New York: Modern Asia Edition, John Willey and Sons, Inc.
- Brownell, L. E. & Young, E. H. (1959). *Process Equipment Design*. New York: John Wiley & Sons.
- Khaddapi, M., Damayanti & Kaharuddin. (2022). Strategi Digital Bauran Pemasaran 4P Terhadap Kinerja UMKM Kota Palopo. *Jurnal Pemasaran Kompetitif*, 5(2), 157-168.
- Kirk, R.E. & Othmer, D.F. (1998). *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*, New York: John Willey and Sons Inc.
- Lestari, D. P. (2008). *Uji Toleransi Lambung Terhadap Fero Sulfat yang Diberikan dalam Cangkang Kapsul Alginat pada Penderita Anemia Defisiensi Besi*. Skripsi, tidak dipublikasikan. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Maulana, S., M. (2018). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Lokasi Pabrik PT. Sung Chang Indonesia Cabang Kota Banjar. *Jurnal ADBIS*, 2(2), 211-222.
- Peters, M. S. & Timmerhaus, K. D. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. 4th penyunt. New York: McGraw-Hill, Inc.

- Sulistyo, H., Muhammad, F. & Nuryoto. (2010). Kinetika Reaksi Oksidasi Katalitik Ferro Sulfat dari Limbah Besi dalam Reaktor Luluhan. *Jurnal Reaktor*, 13(2), 67-73.
- Sunardi, Maria, E. P. & Sutrisno. (2016). Technopreneur Ferro Sulfat dari Scrap Besi Bengkel Bubut Bagi Siswa SMK. *Jurnal DIANMAS*, 5(2), 109-118.
- Trisdianti, L. E. (2013). *Faktor-Faktor yang Berpengaruh Terhadap Penerbitan Surat Izin Usaha Perdagangan*. Skripsi, tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Wibisana, A., Irman A. A., & Wiwik, I. (2020). Modul Ekonomi Teknik. Banten: Universitas Pamulang.
- Wijana, S. (2012). Modul Perancangan Pabrik Penentuan Lokasi Pabrik. Malang: Universitas Brawijaya.

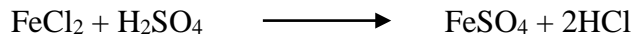
LAMPIRAN

PERHITUNGAN REAKTOR ALIR TANGKI BERPENGADUK

Kode	: R-01
Fungsi	: Mereaksikan senyawa H_2SO_4 (Asam Sulfat) konsentrasi 30% sebanyak 16.071,384 kg/jam dan <i>steel pickling liquor</i> sebanyak 1.607,13 kg/jam
Tipe	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Jumlah	: 1 unit
Bahan	: <i>Stainless steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Kondisi	: Tekanan : 1 atm Suhu : 85 °C
Konversi	: 93%

1. Neraca Massa

Reaksi di Reaktor adalah sebagai berikut :



Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
FeCl ₂		642,85	45,00
HCl		32,14	375,79
H ₂ O	11.249,94	932,14	12.182,08
H ₂ SO ₄	4.821,40		4.360,07
FeSO ₄			715,54
Sub Total	16.071,35	1.607,13	17.678,48
Total	17.678,48		17.678,48

2. Penentuan Kecepatan Volumetric (Fv)

Komponen	Density (kg/m ³)	BM (kg/kmol)	Massa	Mol	Fv	xn	xf	ρ camp (kg/m ³)
			kg/jam	kmol/jam	m ³ /jam			
FeCl ₂	3.199,8456	127,0	642,854	5,062	0,2009	0,0069	0,0364	116,3580
HCl	422,7992	36,5	32,143	0,881	0,0760	0,0012	0,0018	0,7687
H ₂ O	970,7259	18,00	12.182,079	676,782	12,5495	0,9247	0,6891	668,9184
H ₂ SO ₄	1.758,3712	98,00	4.821,403	49,198	2,7420	0,0672	0,2727	479,5558
FeSO ₄	2.840	152,0						
Total			17.678,479	731,923	15,5683	1	1	1.265,6009

3. Menghitung Konsentrasi

- Konsentrasi FeCl_2

$$F_{a0} = 5,062 \text{ kmol/jam}$$

$$C_{a0} = \frac{F_{a0}}{F_v}$$

$$C_{a0} = \frac{5,062 \text{ kmol/jam}}{15,5683 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$C_{a0} = 0,32514 \text{ kmol/m}^3$$

- Konsentrasi H_2SO_4

$$F_{b0} = 49,198 \text{ kmol/jam}$$

$$C_{b0} = \frac{F_{b0}}{F_v}$$

$$C_{b0} = \frac{49,198 \text{ kmol/jam}}{15,5683 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$C_{b0} = 3,16013 \text{ kmol/m}^3$$

4. Menghitung Laju Reaksi

$$(-r_a) = k \cdot C_a \cdot C_b$$

$$(-r_a) = k \cdot (C_{a0}(1 - x)) \cdot (C_{b0} - C_{a0} \cdot x)$$

$$(-r_a) = 0,07559 \text{ kmol/m}^3 \text{ jam}$$

5. Optimasi Jumlah Reaktor

Optimasi bertujuan untuk mendapatkan jumlah dan volume optimal ditinjau dari konversi dan harga reaktor. Volume untuk reaktor seri dengan rumus:

$$V = \frac{F_v \cdot (X_{A_n} - X_{A_{01}})}{k \cdot (1 - x)}$$

- a. Jumlah 1 reaktor

$$k = 5,874 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

$$X_{a0} = 0$$

$$X_{a1} = 0,93$$

$$V_1 = 13,781 \text{ m}^3$$

b. Jumlah 2 reaktor

$$X_{a0} = 0$$

$$X_{a1} = 0,71$$

$$X_{a2} = 0,93$$

$$V_1 = V_2 = 2,907 \text{ m}^3$$

c. Jumlah 3 reaktor

$$X_{a0} = 0$$

$$X_{a1} = 0,54$$

$$X_{a2} = 0,80$$

$$X_{a3} = 0,93$$

$$V_1 = V_2 = V_3 = 1,773 \text{ m}^3$$

d. Jumlah 4 reaktor

$$X_{a0} = 0$$

$$X_{a1} = 0,41$$

$$X_{a2} = 0,67$$

$$X_{a3} = 0,83$$

$$X_{a4} = 0,93$$

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = 1,389 \text{ m}^3$$

e. Jumlah 5 reaktor

$$X_{a0} = 0$$

$$X_{a1} = 0,33$$

$$X_{a2} = 0,57$$

$$X_{a3} = 0,72$$

$$X_{a4} = 0,84$$

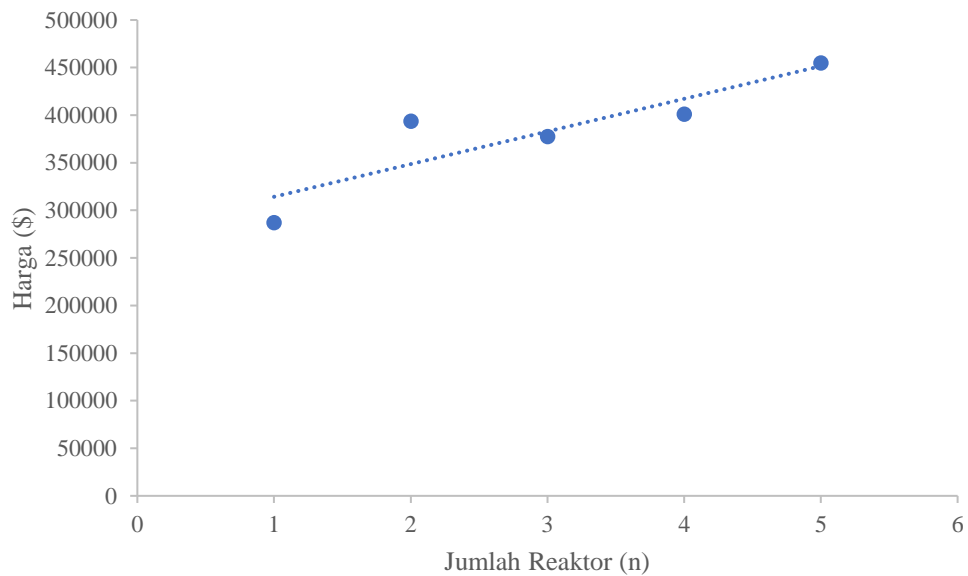
$$X_{a5} = 0,93$$

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = V_5 = 13,9284 \text{ m}^3$$

Jumlah Reaktor (n)	V Reaktor (m ³)	V Reaktor (gal)	Biaya (USD)	Biaya Total (USD)
1	16,537	4.368,53	287,100	287,100
2	3,489	921,65	196,900	393,800
3	2,127	562,02	125,800	377,400
4	1,667	440,26	100,300	401,200
5	1,445	381,67	91,000	455,000

(Sumber: matche.com)

Hasil optimasi diatas dapat dibuatkan grafik hubungan antara jumlah reaktor (n) dengan total harga (US\$) sebagai berikut:



Berdasarkan hasil optimasi yang dilakukan dapat diperoleh bahwa dipilih satu reaktor karena dilihat dari grafik terjadi kenaikan harga, sehingga biaya yang dikeluarkan akan jauh lebih murah jika dibandingkan dengan menggunakan dua reaktor.

6. Menghitung Dimensi Reaktor

a. Menentukan diameter reaktor

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum $H:D < 2$. Nilai $H:D < 2$ atau $H:D$ diusahakan mendekati 1, karena jika terlalu besar/kecil maka pengadukan tidak sempurna, ada gradien konsentrasi dalam reaktor, dan distribusi panas tidak merata. Perancangan ini memilih $D:H = 1,5:1$.

$$\text{Volume reaktor} = 583,988 \text{ ft}^3$$

$$\text{Volume reaktor} = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot 1,5D + \{2 \cdot (0,000049 \cdot D^3)\}$$

$$\text{Volume reaktor} = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot 1,5D + \{(0,000098 \cdot D^3)\}$$

$$583,988 = D^3 \cdot \left\{ \frac{1,5}{4} \pi + (0,000098) \right\}$$

$$583,988 = D^3 \cdot \left\{ \frac{1,5}{4} \cdot 3,14 + (0,000098) \right\}$$

$$583,988 = D^3 \cdot 1,1776$$

$$D^3 = 495,915 \text{ ft}$$

$$D = 7,915 \text{ ft} = 94,984 \text{ in} = 2,413 \text{ m}$$

Maka nilai H:

$$H = 1,5 \cdot D$$

$$H = 11,873 \text{ ft} = 142,476 \text{ in} = 3,619 \text{ m}$$

Untuk P operasi 1 atm dipilih bentuk *torespherical dished head (Brownell and Young, Hal: 88)*.

$$V_{\text{dish}} = 0,000049 Ds^3$$

$$V_{\text{dish}} = 0,000049 \times 221,1376^3$$

$$V_{\text{dish}} = 41,990 \text{ in}^3 = 0,024 \text{ ft}^3 = 0,0007 \text{ m}^3$$

Dipilih $sf = 2 \text{ in}$

$$V_{\text{sf}} = \frac{\pi}{4} D^2 sf$$

$$V_{sf} = \frac{3,14}{4} \cdot 94,984^2 \cdot 2$$

$$V_{sf} = 14.164,46 \text{ in}^3 = 8,197 \text{ ft}^3 = 0,232 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{head}} = 2 (V_{\text{dish}} + V_{sf})$$

$$V_{\text{head}} = 2 (41,990 + 14.164,46)$$

$$V_{\text{head}} = 28.412,91 \text{ in}^3 = 16,443 \text{ ft}^3 = 0,466 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{reaktor}} = V_{\text{shell}} + V_{\text{head}}$$

$$V_{\text{reaktor}} = 16,537 + 0,466$$

$$V_{\text{reaktor}} = 17,002 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Bottom}} = 0,5 V_{\text{head}}$$

$$V_{\text{Bottom}} = 0,5 \cdot 0,466$$

$$V_{\text{bottom}} = 0,233 \text{ m}^3 = 8,221 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{cairan}} = V_{\text{shell}} - V_{\text{Bottom}}$$

$$V_{\text{cairan}} = 16,537 - 0,233$$

$$V_{\text{cairan}} = 16,304 \text{ m}^3 = 575,767 \text{ ft}^3$$

$$h_{\text{cairan}} = \frac{4 V}{\pi D^2}$$

$$h_{\text{cairan}} = \frac{4 \cdot 16,304}{3,14 \cdot 2,413^2}$$

$$h_{\text{cairan}} = 3,568 \text{ m} = 11,707 \text{ ft}$$

7. Menentukan Tekanan Desain

Tekanan Operasi (P_{ops})	= 1 atm	= 14,70 psi
Densitas campuran	= 1.265,601 kg/m ³	= 79,009 lb/ft ³
Tinggi cairan	= 3,568 m	= 11,707 ft

$$P_{\text{Hidrostatik}} = \frac{\rho g h}{g_c}$$

$$= 6,423 \text{ psi}$$

Maka,

Tekanan absolut	= tekanan operasi + tekanan hidrostatik
Tekanan absolut	= (14,70 + 6,423) psi
Tekanan absolut	= 21,119 psi
Tekanan design	= <i>overdesign</i> 20 % x Tekanan absolut
Tekanan design	= 1,2 x 21,119 psi
Tekanan design	= 25,343 psi

8. Menghitung Tebal Shell (t_s)

Digunakan persamaan dari Pers. 13.1, Brownell and Young, hal. 254

$$t_s = \frac{P \cdot r}{(fE - 0,6 P)} + C$$

Dimana : t_s = tebal shell, in

$$r = \text{jari-jari, in} = 47,492 \text{ in}$$

$$f = \text{allowable stress} = 18.750 \text{ psi}$$

$$E = \text{joint efisiensi} = 0,80$$

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

Sehingga, dari data-data diatas dapat diperoleh tebal *shell* (t_s) = 0,2053 in.

Dari tabel Brownell and Young, hal. 88 tentang tebal *shell*, dipilih t_s standart = 5/16.

$$\begin{aligned} \text{OD shell} &= \text{ID} + 2t_s \\ \text{OD shell} &= 94,984 + 2 \times (0,3125) \\ \text{OD shell} &= 95,609 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari Tabel 5.7 Brownell (1959) untuk OD standar maka diambil OD terdekat yaitu = 96 in = 2,438 m. Sehingga diperoleh standarisasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{icr} &= 5,875 \text{ in} \\ r &= 96 \text{ in} \\ \text{ID} &= \text{OD} - 2t_s \\ \text{ID} &= 96 - 2 \times (0,3125) \\ \text{ID} &= 95,4 \text{ in} &= 2,423 \text{ m} &= 7,948 \text{ ft} \\ H &= 143,063 \text{ in} &= 3,634 \text{ m} &= 11,922 \text{ ft} \\ V &= 1.021.647 \text{ in}^3 &= 16,742 \text{ m}^3 &= 591,231 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

9. Menghitung Tebal Head (t_h)

Menentukan tebal head digunakan persamaan (Brownell & Young, hal. 138):

$$t_h = \frac{P \cdot r \cdot w}{(2fE - 0,2P)} + C$$

Dimana : t_h = Tebal head, in

w = faktor intensifikasi tegangan untuk jenis head

f = allowable stress = 18.750 psi

E = joint efisiensi = 0,80

C = corrosion allowance = 0,125 in

$$P = P_{\text{design}} - P_{\text{lingkungan}}$$

$$P = 21,119 \text{ psi}$$

$$\text{OD} = \text{ID Shell} + 2 \text{ ts}$$

$$\text{OD} = 95,609 \text{ in}$$

Dari Tabel 5.7 Brownell di dapat :

OD	96	in
Icr	5,875	in
r	96	in

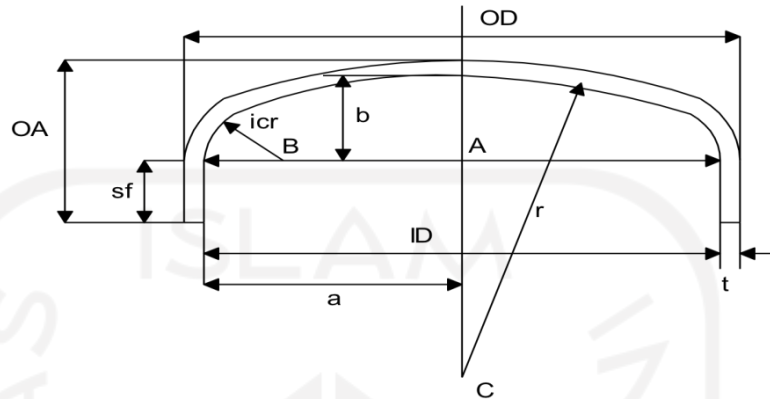
$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right)$$

$$w = 1,761 \text{ in}$$

Dari data-data diatas sehingga dapat diperoleh tebal head (th) = 0,324 in. Dari tabel Brownell an Young, hal. 350 tentang tebal head ,dipilih:

$$\text{Th standart} = 3/8 \text{ in} = 0,0095 \text{ m}$$

10. Menghitung Tinggi Head (OA)



Dengan th sebesar 0,375 in maka nilai sf adalah $1 \frac{1}{2} - 3$, sehingga dipilih nilai sf sebesar 3 in.

$$\text{ID standar} = \text{OD} - 2 \text{ th}$$

$$\text{ID standar} = 96 \text{ in} - (2 \times 0,375 \text{ in})$$

$$\text{ID standar} = 95,3 \text{ in} = 2,419 \text{ m}$$

$$a = \frac{\text{ID}}{2}$$

$$a = 95,3 \text{ in} / 2$$

$$a = 47,63 \text{ in}$$

$$\text{AB} = a - \text{icr}$$

$$\text{AB} = 47,63 \text{ in} - 5,875 \text{ in}$$

$$\text{AB} = 41,750 \text{ in}$$

$$\text{BC} = r - \text{icr}$$

$$\text{BC} = 96 \text{ in} - 5,875 \text{ in}$$

$$\text{BC} = 90,125 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$AC = \sqrt{(90,125 \text{ in})^2 - (41,750 \text{ in})^2}$$

$$AC = 79,872 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$b = 96 \text{ in} - 79,872 \text{ in}$$

$$b = 16,129 \text{ in}$$

$$OA = th + b + sf$$

$$OA = 0,375 \text{ in} + 16,129 \text{ in} + 3 \text{ in}$$

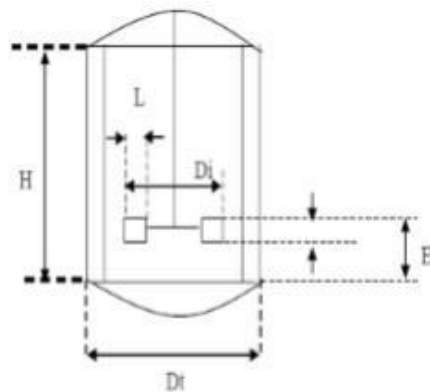
$$OA = 19,504 \text{ in} = 0,495 \text{ m}$$

$$h_{\text{reaktor}} = 2 h_{\text{head}} + h_{\text{shell}}$$

$$h_{\text{Reaktor}} = (2 \times 0,495 \text{ m}) + 3,619 \text{ m}$$

$$h_{\text{Reaktor}} = 4,610 \text{ m}$$

11. Menghitung Ukuran dan Lebar Pengaduk



Keterangan

ID	: diameter dalam pengaduk
Di	: diameter pengaduk
L	: panjang sudut pengaduk
W	: lebar sudut pengaduk
E	: jarak pengaduk dengan dasar tangki
J	: lebar <i>baffle</i>
H	: tinggi cairan

Data pengaduk dari Brown (1978) diperoleh:

$$\text{Diameter pengaduk (Di)} = \text{ID}/3 = 0,808 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi pengaduk (W)} = \text{Di}/5 = 0,162 \text{ m}$$

$$\text{Lebar pengaduk (L)} = \text{Di}/4 = 0,202 \text{ m}$$

$$\text{Lebar baffle (B)} = \text{ID}/12 = 0,202 \text{ m}$$

Jarak pengaduk dengan dasar tangki (E) = $\text{Di}(0.75-1.3)$; dipilih 1 = 0,808 m

$$\text{Tinggi Cairan (ZL)} = 3,568 \text{ m}$$

12. Menghitung Kecepatan Putar Pengaduk (N)

$$N = \frac{600}{\pi Di} \sqrt{\frac{WELH}{2Di}}, WELH = Z_L \times S_g$$

Dimana: N = kecepatan putar pengaduk, rpm

D = diameter pengaduk, ft

Z_L = tinggi cairan dalam tangki, m

S_g = *specific gravity*

WELH = *Water Equivalent Liquid Height*, ft

S_g (Specific Gravity) = $\rho_{\text{cairan}}/\rho_{\text{air}}$
 S_g (Specific Gravity) = 1,1355 kg/m³
 WELH = 3,568 m x 1,1355 kg/m³
 WELH = 4,052 m = 13,294 ft
 Jumlah pengaduk = WELH/ID = 0,5098 m = 1

Maka dipakai 1 buah pengaduk, sehingga diperoleh kecepatan putar pengaduk sebesar:

$N = 114,245 \text{ rpm} = 1,904 \text{ rps}$

13. Menghitung Power Pengaduk (P)

Brown, Hal. 507

$$P = \frac{N_p \times N^3 \times D_i^5 \times \rho}{g_c}$$

$$N_{Re} = \frac{ND_i^2 \rho}{\mu} = 3.119.850,09$$

Dari Fig 9.12 McCabe hal. 250 Curved (six-blade turbine, vertical blades) didapat:

Pemilihan Curve	
Da/Dt (S1)	0,33
E/Dt (S2)	0,33
L/Di (S3)	0,25
w/Di (S4)	0,2
B/Dt (S5)	0,1
H/Dt (S6)	1,0
Didapat jumlah baffle	4
Curve	A

Sehingga didapat:

$N_p = 4$

$P = 7.939,443 \text{ ft.lb/s}$

$P = 14,435 \text{ Hp}$

14. Menghitung daya motor

Berdasarkan fig. 14.28 Peters, hal. 521 efisiensi motor adalah 87%.

$$\text{Daya motor} = \frac{P}{n}$$

$$\text{Daya motor} = 16,592 \text{ hP}$$

Dipilih power motor standar NEMA 20 Hp (Rase and Barrow, 1957, hal. 358)

15. Neraca Panas

Keterangan	Q _{input} (kJ/jam)	Q _{output} (kJ/jam)
Input	3.533.189,238	-
Output	-	3.540.022,605
Reaksi	15.042,815	-
Pendingin	-	8.209,447
Total	3.548.232,052	3.548.232,052

16. Menghitung Kebutuhan Air untuk Pendingin

$$Q_{\text{pendingin}} = Q_{\text{reaksi}} + Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}$$

$$Q_{\text{pendingin}} = 15.042,815 \text{ kJ/jam} + 3.533.189,238 \text{ kJ/jam} - 3.540.022,605 \text{ kJ/jam}$$

$$Q_{\text{pendingin}} = 8.209,447 \text{ kJ/jam} = 7.781,078 \text{ Btu/jam}$$

Air Pendingin

$$T_{\text{in}} = 30^{\circ}\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$T_{\text{out}} = 50^{\circ}\text{C} = 323 \text{ K}$$

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta t$$

$$m = \frac{8.209,447}{1 \times (323 - 303)}$$

$$m = 410,472 \text{ kg/jam} = 904,936 \text{ lbm/jam}$$

17. Menentukan Rancangan Jacket Pendingin pada Reaktor

Suhu masuk	= 85°C	= 185°F
Suhu keluar	= 85°C	= 185°F
Suhu masuk pendingin	= 30°C	= 86°F
Suhu keluar pendingin	= 50°C	= 122°F

<i>hot fluid (F)</i>		<i>cold fluid (F)</i>	<i>difference</i>
185,00	<i>higher temp.</i>	122	63,00
185,00	<i>lower temp.</i>	86	99,00
0	<i>difference</i>	36	

Rumus menentukan suhu LMTD:

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 79,65^\circ\text{F}$$

Menghitung luas transfer panas yang dibutuhkan:

$$A = \frac{Q}{Ud \times \Delta T_{LMTD}}$$

Diambil harga Ud sebesar 5 Btu/ft².°F.jam, karena untuk fluida panas *heavy organic* dan fluida dingin air nilai Ud berkisar antara 5-75 Btu/ft².°F.jam. Maka diperoleh nilai luas transfer panas sebesar:

$$A = \frac{5.641,171}{5 \times 79,65}$$

$$A = 19,539 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Menghitung selubung reaktor} &= \pi \cdot D \cdot H \\ &= 295,093 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Luas selubung reaktor lebih besar daripada luas transfer panas maka pendingin yang digunakan adalah jaket.

Diameter luar tangki = diameter dalam jaket

$$D_o = D_{ij} = D_i + (2 \cdot t_{shell})$$

D_o : diameter luar tangki

D_{ij} : diameter dalam jaket

D_i : diameter dalam tangki = 167,4 in

T_{shell} : tebal tangki = 0,3125 in

$$D_o : D_i = 96 \text{ in} = 8 \text{ ft} = 2,438 \text{ m}$$

Luas permukaan jaket, $A_j = \pi \cdot D_{ij} \cdot H_L$

$$A_j = 3,14 \times 8 \text{ ft} \times 11,922 \text{ ft}$$

$$A_j = 299,478 \text{ ft}^2$$

Luas permukaan tutup bagian bawah, $A_h = \pi \cdot r^2$

$$A_h = 3,14 \times ((8 \text{ ft} / 2)^2)$$

$$A_h = 50,24 \text{ ft}^2$$

Luas permukaan dinding jaket, $A_{jw} = A_j + A_h$

$$A_{jw} = 919,726 \text{ ft}^2 + 153,86 \text{ ft}^2$$

$$A_{jw} = 349,718 \text{ ft}^2$$

Tinggi jaket, $H_j = H_s + H_e$

$$H_j = 13,547 \text{ ft} = 4,129 \text{ m}$$

Lebar jaket, $D_{oj} = D_{ij} + 2 t_j$

Keterangan:

D_{oj} = Diameter luar jaket

D_{ij} = Diameter dalam jaket = 14 ft

T_j = Tebal jaket = 0,0381 ft

$$D_{oj} = 8 \text{ ft} + (2 \times 0,125 \text{ ft})$$

$$D_{oj} = 8,250 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter ekuivalen jaket, } D_{ej} = \frac{D_{oj}^2 - D_{ij}^2}{D_{ij}}$$

$$D_{ej} = 0,508 \text{ ft}$$

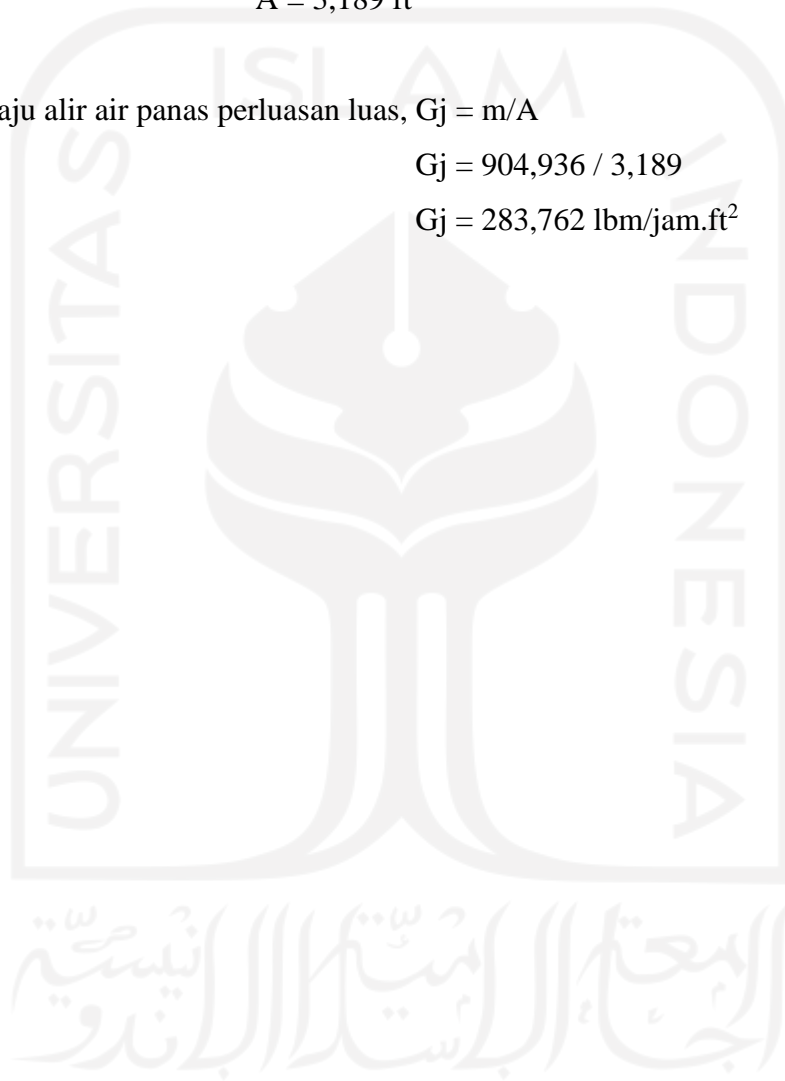
$$\text{Laju aliran air panas, } A = \frac{\pi(D_{oj}^2 - D_{ij}^2)}{4}$$

$$A = 3,189 \text{ ft}^2$$

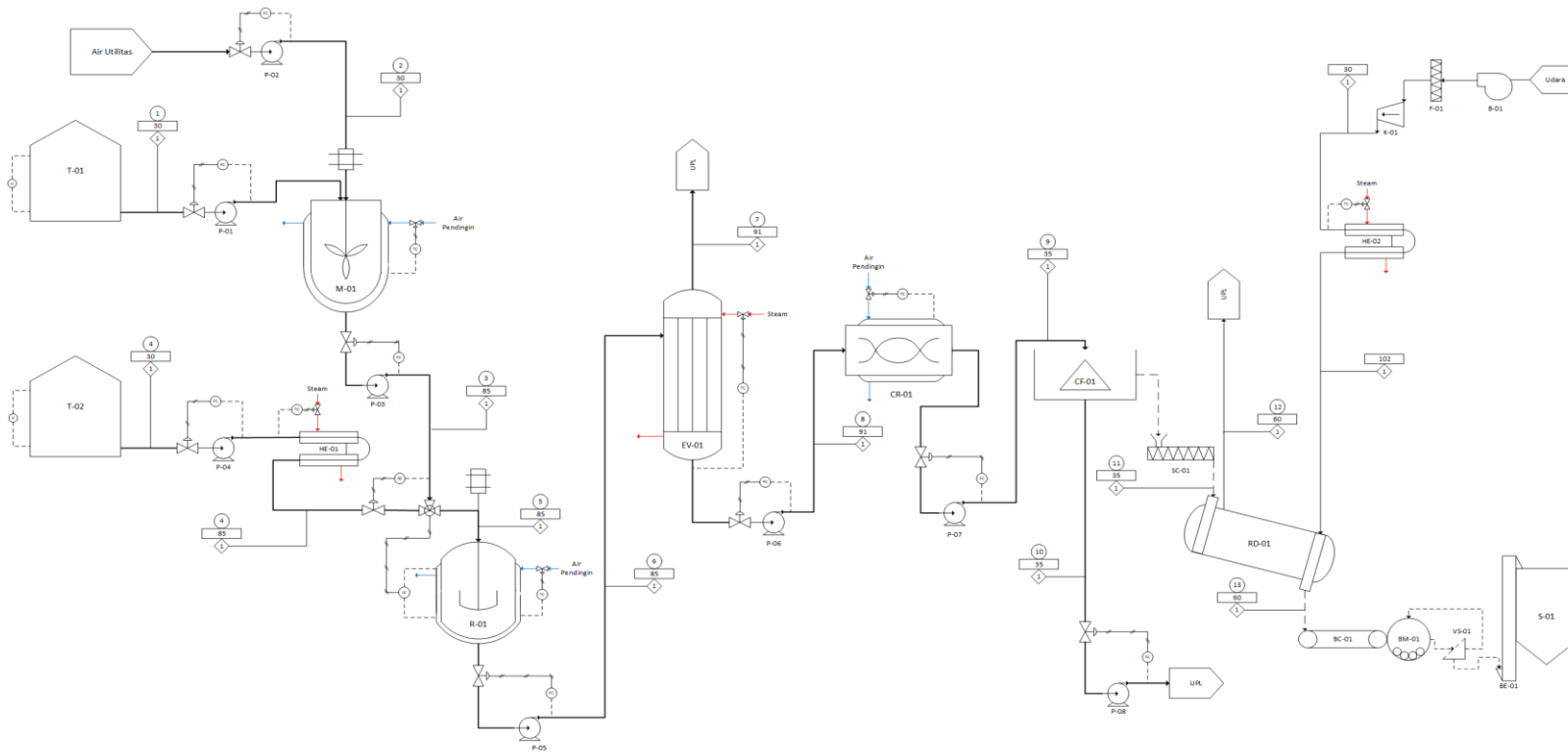
$$\text{Laju alir air panas perluasan luas, } G_j = m/A$$

$$G_j = 904,936 / 3,189$$

$$G_j = 283,762 \text{ lbm/jam.ft}^2$$



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK FERROUS SULFATE DARI STEEL PICKLING LIQUOR DAN
ASAM SULFAT KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN



KETERANGAN	
B	Blower
BC	Belk Conveyor
BE	Bucket Elevator
BM	Ball Mill
CF	Centrifuge
CR	Crystallizer
EV	Evaporator
F	Filter
FC	Flow Controller
HE	Heat Exchanger
K	Kompresor
LC	Level Controller
LI	Level Indicator
M	Mixer
P	Pompa
R	Reaktor
RC	Ratio Controller
RD	Rotary Dryer
S	Silo
SC	Screw Conveyor
T	Tangki
TC	Temperatur Controller
VS	Vibrating Screen
○	Nomor Arus
□	Suhu, °C
◇	Tekanan, atm
◇	Control Valve
◇	Mixing Valve
—	Piping
- - -	Non Piping
//	Udara Tekan
—/—	Aliran Listrik

No	Komponen	Nomor Arus (kg/jam)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	FeCl ₂				642,85	642,85	45,00		45,00	45,00	42,75	2,25	2,24	0,01
2	H ₂ SO ₄	4.821,40		4.821,40		4.821,40	4.360,07		4.360,07	4.360,07	4.142,06	218,00	218,00	
3	FeSO ₄						715,54		715,54	14,31	13,60	0,72	0,71	0,01
4	H ₂ O	98,40	11.151,55	11.249,94	932,14	12.182,08	12.182,08	6.091,04	6.091,04	5.530,22	5.253,71	276,51	275,96	0,55
5	HCl				32,14	32,14	375,79		375,79	375,79	357,00	18,79	18,79	
6	FeSO ₄ .7H ₂ O									1.262,05		1.262,05		1.262,05
Total		4.919,80	11.151,55	16.071,34	1.607,13	17.678,48	17.678,48	6.091,04	11.587,44	11.587,44	9.809,12	1.778,32	515,70	1.262,63
Solid Fraction (%)										10,89		70,97		99,955

	JURISAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA	
	PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRARANCANGAN PABRIK FERROUS SULFATE DARI STEEL PICKLING LIQUOR DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN	
Disusun Oleh :		
1. Syarif Catur Srihadi Putri	18521155	
2. Dina Aulia Puad	18521175	
Dosen Pembimbing:		
1. Suharno Rusdi, Ir., Ph.D		
2. Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.		



KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN





1. Nama Mahasiswa : Syafa Catur Srihadi Putri
No. MHS : 18521155
2. Nama Mahasiswa : Dina Aulia Fuad
No. MHS : 18521175

Judul Prarancangan *) :

PRARANCANGAN PABRIK FERROUS SULPHATE DARI STEEL PICKLING LIQUOR DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 6 Desember 2021

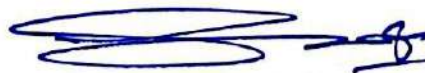
Batas Akhir Bimbingan : 4 Juni 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	17/12/2021	Perkenalan dan diskusi mengenai judul prarancangan pabrik serta target pendadaran	
2.	07/02/2022	Persetujuan luaran 1 dan 2	
3.	11/03/2022	Persetujuan luaran 3, 4 dan 5	
4.	14/04/2022	Persetujuan luaran 6	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 15/9/2022

Pembimbing,



Suharno Rusdi, Dr.

*) Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Syafa Catur Srihadi Putri

No. MHS : 18521155

2. Nama Mahasiswa : Dina Aulia Fuad






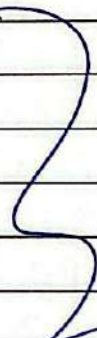
No. MHS : 18521175

Judul Prarancangan *) :

PRARANCANGAN PABRIK FERROUS SULPHATE DARI STEEL PICKLING LIQUOR DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 5 Juni 2022

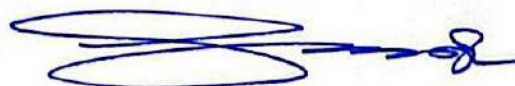
Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	13/06/2022	Persetujuan luaran 7	
2.	11/08/2022	Persetujuan luaran 8 - 13	
3.	06/09/2022	Diskusi mengenai naskah bab 1 - 3	
4.	14/09/2022	Revisi dan diskusi mengenai naskah bab 4 - 7	
5.	15/09/2022	Penandatanganan naskah	
			

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 15/9/2022

Pembimbing,



Suharno Rusdi, Dr.

*) Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Syafa Catur Srihadi Putri
No. MHS : 18521155
2. Nama Mahasiswa : Dina Aulia Fuad
No. MHS : 18521175

Judul Prarancangan *) :

PRARANCANGAN PABRIK FERROUS SULPHATE DARI STEEL PICKLING LIQUOR DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : **6 Desember 2021**

Batas Akhir Bimbingan : **4 Juni 2022**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	30/12/2021	Diskusi mengenai judul prarancangan pabrik	
2.	02/01/2022	Penentuan kapasitas pabrik, tinjauan proses, diagram alir kualitatif dan MSDS bahan baku dan produk	
3.	05/02/2022	Persetujuan luaran 1 dan 2 serta revisi luaran 3	
4.	17/02/2022	Diskusi mengenai diagram alir kualitatif dan tahapan perhitungan neraca massa	
5.	08/03/2022	Revisi perhitungan neraca massa dan pembuatan diagram alir kuantitatif	
6.	11/03/2022	Persetujuan luaran 3, 4 dan 5	
7.	05/04/2022	Perhitungan perancangan reaktor	
8.	14/04/2022	Persetujuan luaran 6	
9.	31/05/2022	Perhitungan perancangan alat pemisah dan alat pendukung	
10.	12/06/2022	Persetujuan luaran 7	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 15 Sept 2022

Pembimbing,

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

*) **Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Syafa Catur Srihadi Putri
No. MHS : 18521155
2. Nama Mahasiswa : Dina Aulia Fuad
No. MHS : 18521175

Judul Prarancangan *) :

PRARANCANGAN PABRIK FERROUS SULPHATE DARI STEEL PICKLING LIQUOR DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 5 Juni 2022

Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	01/07/2022	Diskusi mengenai <i>Process Engineering Flow Diagram</i> (PEFD)	Ji
2.	22/07/2022	Perhitungan alat penyimpanan dan alat penukar panas	
3.	27/07/2022	Revisi PEFD, alat penyimpanan dan alat penukar panas	Ji
4.	11/08/2022	Persetujuan luaran 8 - 13	Ji
5.	31/08/2022	Diskusi mengenai utilitas	Ji
6.	09/09/2022	Revisi perhitungan utilitas	Ji
7.	10/09/2022	Perhitungan evaluasi ekonomi	Ji
8.	15/09/2022	Penandatanganan naskah	Ji

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 15 September 2022

Pembimbing,

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

*) Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy