

PRA RENCANA
PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI BAUKSIT DAN ASAM SULFAT
DENGAN PROSES BOLIDEN
KAPASITAS 90.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Disusun oleh:
ANGGARA ARDHY PRATAMA
NIM. 03.14.033



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
AGUSTUS 2011

AMERICAN BANK

DEPARTMENT OF THE TREASURY, BUREAU OF THE MINT, WASHINGTON, D. C.

REGULATIONS GOVERNING THE

ISSUE AND CIRCULATION OF

COINAGE

SECTION 1

DEFINITIONS

SECTION 2

SECTION 3

SECTION 4

SECTION 5

SECTION 6

LEMBAR PERSETUJUAN

PRA RENCANA

PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI BAUKSIT DAN ASAM SULFAT

DENGAN PROSES BOLIDEN

KAPASITAS 90.000 TON/TAHUN

S K R I P S I

Diajukan sebagai syarat guna menempuh ujian Sarjana

pada jenjang Strata satu (S-1)

di Institut Teknologi Nasional Malang

disusun oleh

ANGGARA ARDHY PRATAMA

03.14.033

Malang, 23 Agustus 2011

Mengetahui,

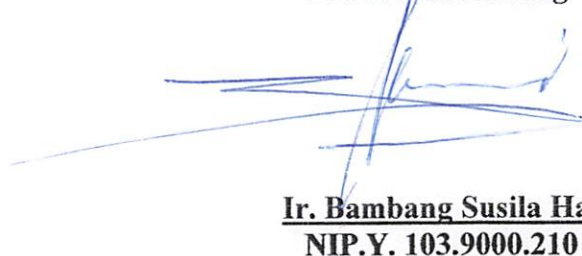
Jurusan Teknik Kimia



Ir. Muyassaroh, MT
NIP.Y.103.9700.306

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Ir. Bambang Susila Hadi
NIP.Y. 103.9000.210

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Anggara Ardhy Pratama
NIM : 03.14.033
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia S-1
Judul Skripsi : **PRA RENCANA PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI
BAUKSIT DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES
BOLIDEN KAPASITAS 90.000 TON / TAHUN.**

Dipertahankan di hadapan tim penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata satu (S-1)

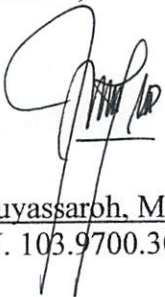
Pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 23 Agustus 2011

Nilai : B⁺

Ketua,



Ir. Muyassaroh, MT
NIP.Y. 103.9700.306

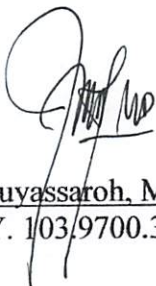
Sekretaris,



M. Istnaeny Hudha, ST, MT
NIP.P.103.0400.400

Anggota Penguji,

Penguji I,



Ir. Muyassaroh, MT
NIP.Y. 103.9700.306

Penguji II,



M. Istnaeny Hudha, ST, MT
NIP.P.103.0400.400

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : ANGGARA ARDHY PRATAMA

NIM : 03.14.033

Jurusan / Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia S-1

Fakultas : Teknologi Industri

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul

**“ PRA RENCANA PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI BAUKSIT DAN
ASAM SULFAT DENGAN PROSES BOLIDEN ”**

adalah Tugas Akhir hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi orang lain serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, kecuali yang tidak disebutkan dari sumber aslinya.

Malang, 23 Agustus 2011

Yang membuat pernyataan

ANGGARA ARDHY PRATAMA

ABSTRAKSI

Aluminium sulfat merupakan senyawa organik yang tidak larut dalam etanol tetapi larut dalam air dengan rumus molekul $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Aluminium sulfat pada umumnya berupa serbuk berwarna putih, Digunakan dalam proses penjernihan dan pengolahan air bagi hampir sebagian besar industri. Pada industri kertas, digunakan sebagai bahan pelicin atau penghalus kertas (sizing) dan digunakan pula sebagai media pengontrol pH. Pada bidang farmasi, digunakan sebagai cairan kompres dan antiseptik untuk kulit. Pada pembuatan bahan kimia, digunakan sebagai zat additive bahan makanan, isolasi bahan selulosa, dan sebagainya.

Proses yang dilakukan pada pembuatan aluminium sulfat ini adalah proses boliden dengan bahan baku bauksit. Mula – mula bahan baku bauksit direaksikan dengan asam sulfat 48%, kemudian direaksikan dengan BaS untuk mengurangi kadar Fe (besi) dalam produk. Setelah proses pereaksian bahan tersebut dipekatkan dari konsentrasi Al_2O_3 14,6% menjadi 16,8%. Setelah dipekatkan produk dikeringkan hingga menjadi serbuk. Setelah itu didinginkan hingga suhu produk menjadi 40°C .

Pabrik aluminium sulfat ini direncanakan didirikan di daerah Driyorejo Gresik Jawa Timur yang diterapkan adalah sistem kontinu dengan waktu operasi 330 hari/tahun dan 24 jam/hari. Struktur organisasi adalah garis dan staff dengan bentuk Perseroan Terbatas (PT). Ditinjau dari segi ekonomi, pabrik ini layak didirikan dengan penilaian investasi sebagai berikut : $\text{TCI} = \text{Rp. } 118.389.411.022$
 $\text{BEP} = 31,01 \%$, $\text{POT} = 2,373$ tahun, $\text{IRR} = 22,59 \%$, $\text{ROI}_{\text{AT}} = 37,5 \%$.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Pra Rencana Pabrik yang berjudul “Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat dengan Proses Boliden”.

Adapun tugas Pra Rencana Pabrik ini dilaksanakan untuk melengkapi persyaratan akademis dalam menempuh program sarjana Teknik Kimia di Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang Jawa Timur.

Penyusun menyadari tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak, tidaklah mungkin semua itu dapat terlaksana dan tersusun sedemikian rupa, untuk itulah, pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya atas bantuan dan bimbingan selama pelaksanaan penyusunan Pra Rencana Pabrik ini kepada :

1. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Institut teknologi Nasional Malang.
2. Ibu Ir. Muyassaroh, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. Bambang Susila Hadi., selaku Dosen Pembimbing dalam penyusunan Pra Rencana Pabrik ini.
4. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan Pra Rencana Pabrik ini.

Penyusun menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam pelaksanaan dan penyusunan Pra Rencana Pabrik ini, oleh karena itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaan Pra Rencana Pabrik ini.

Akhir kata, semoga Pra Rencana Pabrik ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Malang, Agustus 2011

Penyusun

DAFTAR ISI

	Hal
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Perkembangan Industri Aluminium Sulfat	I-2
1.3 Kegunaan Aluminium Sulfat	I-2
1.4. Spesifikasi Bahan Baku	I-3
1.5. Kapasitas Produksi	I-6
BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES	II-1
2.1 Macam-Macam Proses	II-1
2.2 Seleksi Proses	II-4
2.3 Uraian Proses	II-5
BAB III NERACA MASSA	III-1
BAB IV NERACA PANAS	IV-1
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN	V-1
BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA	VI-1

BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA	VII-1
7.1 Instrumentasi	VII-1
7.2 Keselamatan Kerja	VII-6
7.3 Kesehatan dan keselamatan kerja	VII-10
BAB VIII UTILITAS	VIII-1
8.1. Unit Penyediaan Air	VIII-1
8.2. Unit Pengolahan Steam	VIII-4
8.3. Unit Penyediaan Listrik	VIII-10
8.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar	VIII-10
BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	IX-1
9.1 Lokasi Pabrik	IX-1
9.2 Faktor Pemilihan Lokasi	IX-4
9.3 Tata Letak Pabrik	IX-7
9.4 Tata letak Peralatan	IX-11
BAB X STRUKTUR DAN ORGANISASI PERUSAHAAN	X-1
10.1 Bentuk Perusahaan	X-1
10.2 Sistem Organisasi	X-2
10.3 Tugas dan Wewenang	X-5
10.4 Pembagian Waktu Kerja	X-13
10.5 Status Karyawan dan Sistem Upah	X-14
10.6 Jaminan Sosial	X-15

10.7 Perincian Jumlah Tenaga Kerja	X-16
BAB XI ANALISA EKONOMI	XI-1
11.1 Harga Peralatan	XI-2
11.2 Penentu Total Capital Investment (TCI)	XI-2
11.3 Biaya Produksi Total (TPC)	XI-3
11.4 Laba Perusahaan	XI-15
11.5 Analisis Probabilitas	XI-15
BAB XII KESIMPULAN	XII-1
DAFTAR PUSTAKA	
APPENDIKS A	A-1
APPENDIKS B	B-1
APPENDIKS C	C-1
APPENDIKS D	D-1
APPENDIKS E	E-1

DAFTAR TABEL

Tabel 1.2.1 Data kebutuhan Alumunium Sulfat di indonesia tahun 2003-2008	I-2
Tabel 1.5.1 Data persentase kebutuhan alumunium sulfat di Indonesia pada tahun 2003 – 2008	I-7
Tabel 2.2.1 Perbandingan bahan baku pembuatan Alumunium Sulfat dengan proses Boliden.	II-4
Tabel 7.1.1 Pemasangan Instrumentasi Pabrik Aluminium Sulfat	VII-5
Tabel 9.3.1 Luas Bangunan Pra Rencana Pabrik Aluminium Sulfat	XI-8
Tabel 10.4.1 Jadwal Kerja Tiap Regu	X-14
Tabel 10.7.1 Gaji Karyawan per Bulan	X-16
Tabel 11.5.5.1 Cash Flow NPV selama 10 tahun	XI-11
Tabel 11.5.6.1 Cash Flow untuk IRR	XI-12

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.1	Blok Diagram Proses Pembuatan Aluminium Sulfat dari Bauksit	II-4
Gambar 9.2.1	Peta Lokasi Pabrik Aluminium Sulfat	IX-6
Gambar 9.3.1	Plant Lay Out Pabrik Aluminium Sulfat	IX-9
Gambar 9.4.1	Lay Out Pilot Plant	IX-12
Gambar 10.2.1	Bagan Struktur Organisasi Garis dan Staff	X-4



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri Aluminium Sulfat merupakan salah satu industri kimia yang penting dimana keberadaannya sangat mendukung industri-industri lainnya. Sebagian besar produk Aluminium Sulfat dikonsumsi oleh industri pembuatan kertas dan industri lain sebagai bahan baku pengolahan air dan limbah. Aluminium Sulfat mempunyai pasar yang cukup bagus dan diperkirakan akan terus meningkat. Dipandang dari banyaknya kebutuhan akan Aluminium Sulfat maka sangatlah mungkin bila industri tersebut didirikan di Indonesia.

Bagi Indonesia keberadaan industri-industri kimia sangatlah diharapkan terutama mengurangi faktor ketergantungan terhadap negara-negara lainnya sekaligus dapat menambah pemasukan devisa negara dari produk-produk ekspor yang dihasilkan. Selain itu diharapkan dapat menekan pula jumlah pengangguran yang ada saat ini.

Boleden Kemi A. B., Helsingborg, Swedia merupakan salah satu produsen Aluminium Sulfat terbesar di dunia yang memproduksi Aluminium Sulfat padat dalam bentuk granular lebih dari seratus tahun. Dalam pembuatan Aluminium Sulfat dengan proses Boliden digunakan dua bahan baku yaitu Aluminium Hidroksida dan Bauksit.

1.2 Perkembangan Industri Aluminium Sulfat

Aluminium Sulfat merupakan salah satu bahan kimia yang sangat penting dalam industri, Alum dikenal sejak zaman dahulu. Sebuah tulisan di Mesir menyebutkan bahwa alum digunakan sebagai mordant dalam pencelupan tekstil dan juga digunakan untuk obat-obatan. Bangsa Romawi memakainya untuk mesin-mesin agar tahan terhadap api.

Dengan semakin berkembangnya ilmu dan teknologi, maka semakin banyak pula ragam kebutuhan manusia yang perlu disediakan. Untuk memenuhi kebutuhan manusia yang semakin besar tersebut, maka muncullah berbagai macam industri yang bertujuan untuk menyediakan aneka ragam kebutuhan hidup tersebut, termasuk didalamnya adalah industri kimia.

Tabel 1.2.1. Data kebutuhan Alumunium Sulfat di indonesia tahun 2003-2008

Tahun	Ekspor (kg/tahun)	Impor (kg/tahun)	Produksi (kg/tahun)	Konsumsi (kg/tahun)
2003	5.680.000	2.500.000	9.860.000	3.120.000
2004	5.747.900	2.270.000	9.100.000	4.870.000
2005	6.040.000	1.507.000	10.236.000	8.560.000
2006	6.859.370	1.850.000	9.750.000	4.120.000
2007	6.400.000	2.960.000	11.600.000	9.200.000
2008	6.776.150	2.100.000	13.000.000	9.650.000

Sumber : (Biro Pusat Statistik Surabaya)

1.3 Kegunaan Aluminium Sulfat

Aluminium Sulfat banyak digunakan dalam industri, antara lain sebagai berikut :

1. Digunakan dalam proses penjernihan dan pengolahan air bagi hampir sebagian besar industri.

2. Pada industri kertas, digunakan sebagai bahan pelicin atau penghalus kertas (sizing) dan digunakan pula sebagai media pengontrol pH.
3. Pada bidang farmasi, digunakan sebagai cairan kompres dan antiseptik untuk kulit.
4. Pada pembuatan bahan kimia, digunakan sebagai zat additive bahan makanan, isolasi bahan selulosa, dan sebagainya.

1.4. Spesifikasi Bahan Baku

1.4.1 Bauksit

Sifat Kimia	Sifat Fisika
<ul style="list-style-type: none"> • Bulk density : 159 lb/ft³ • Mohs Hardness : 1 – 3 • Spesifik gravity : 2,3 - 2,4 • Tidak berbau dan tidak mudah terbakar • Tidak larut dalam asam nitrat dalam semua tingkatan kepekatan yang ada • Tidak larut dalam air, terurai dalam HCl 	<ul style="list-style-type: none"> • Bentuk : Batuan / Bongkahan • Rumus molekul : Al₂O₃.3H₂O • Warna : Putih, kuning, coklat, abu-abu, dan merah • Mudah ditempa dan penghantar panas yang baik

1.4.2. Asam Sulfat

Sifat Kimia	Sifat Fisika
<ul style="list-style-type: none"> • Larut dalam air pada segala perbandingan • Larut dalam alcohol 95% • Pada suhu kamar berbentuk lig dan mudah menguap • Cp : 0,3403 kkal/g°C untuk 98% • $\Delta H^{\circ}F$: -193,91 kkal/gmol • $\Delta H^{\circ}S$: -22,99 kkal/gmol 	<ul style="list-style-type: none"> • Rumus Molekul : H_2SO_4 • Berat Molekul : 98,08 • Bentuk : Colorless viscous liquid • Warna : tidak berwarna • Sifat : korosif terutama pada konsentrasi tinggi dapat menimbulkan luka bakar bila berkontak dengan kulit • Spesifik grafiti : 1,834 gr/cm³ pada suhu 18°C • Melting point (titik cair) : 10,45°C • Boiling point (titik didih) : 340°C

1.4.3. Black Ash (Barium sulfat)

Sifat Kimia	Sifat Fisika
<ul style="list-style-type: none"> • Rumus Molekul : BaS • Specific gravity : 4,25 • Kelarutan : Tidak larut dalam Ethanol 95 % dan terurai dalam HCl 	<ul style="list-style-type: none"> • Berat Molekul : 169,08 • Bentuk : Powder • Warna : Hijau kekuning-kuningan

1.4.4. Flake Glue (Gelatin)

Sifat Kimia	Sifat Fisika
<ul style="list-style-type: none"> Rumus Molekul : $\text{H}_2\text{N.C}_6\text{H}_4\text{CO}_2\text{H}$ Larut dalam air dan ethanol 95% 	<ul style="list-style-type: none"> Berat Molekul : 137,13 Bentuk : Gel Warna : Jernih Specific gravity : 1,511 (4°) Melting Point : 173 °C – 174 °C Solubility, water : 0,3 gram / 100 gram H_2O Solubility, alcohol : 11 gram / 100 gram alkohol (ethanol 95 %)

1.4.5. Aluminium Sulfat Anhidrat

Sifat Kimia	Sifat Fisika
<ul style="list-style-type: none"> Tidak larut dalam etanol Merupakan kristal putih monoklinik Kelarutan : Tidak larut dalam Alkohol, larut dalam air (86 gram/100 ml pada 0°C dan 1,104 gram/100 ml pada 100 °C), tidak mudah terbakar 	<ul style="list-style-type: none"> Rumus Molekul : $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ Berat Molekul : 666,41 Bentuk : Colorless atau mono clinic crystalic Specific gravity : 1,69 Titik Lebur : 86,5 °C

1.5. Kapasitas Produksi

Dalam mendirikan sebuah pabrik diperlukan suatu perkiraan kapasitas produksi agar produk yang dihasilkan sesuai dengan permintaan. Sehingga diharapkan berdirinya pabrik alumunium sulfat dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan mengurangi jumlah import. Untuk memperkirakan kapasitas produksi pabrik alumunium sulfat pada tahun 2013 dapat menggunakan persamaan :

$$M_1 + M_2 + M_3 = M_4 + M_5$$

Dimana:

M_1 = perkiraan nilai impor (kg)

M_2 = perkiraan nilai produksi (kg)

M_3 = kapasitas produksi (Ton/Tahun)

M_4 = perkiraan nilai ekspor (kg)

M_5 = perkiraan nilai konsumsi (kg)

Rumus: $M = P (1+i)^n$

(Timmerhaus, "Plant Design And Economics For Chemical Engineers" Hal:230)

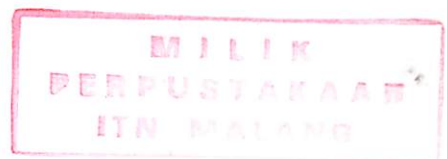
Dimana:

M = Jumlah impor yang terakhir

P = Jumlah impor yang pertama

I = Kenaikan rata-rata tiap tahun

n = Selisih tahun (2008-2013) = 5 tahun



Dari Tabel 1.2.1. diketahui data persentase kebutuhan alumunium sulfat di Indonesia tahun 2003 – 2008 sebagai berikut :

Tabel 1.5.1 Data persentase kebutuhan alumunium sulfat di Indonesia tahun 2003 – 2008

Tahun	Ekspor (%)	Impor (%)	Produksi (%)	Konsumsi (%)
2003				
2004	1,1954	-9,2000	-7,7079	56,0897
2005	5,0819	-33,6123	12,4835	75,7700
2006	13,5657	22,7605	-4,7479	-51,8692
2007	-6,6970	60,0000	18,9744	123,3010
2008	5,8773	-29,0541	12,0690	4,8913
Rata-rata	3,8047	2,1788	6,2142	41,6366

- Untuk kenaikan rata-rata impor 2,17 %, maka perkiraan pada tahun 2013 :

$$\begin{aligned}
 M_1 &= P (1 + i)^n \\
 &= 210.000 (1 + 0,0217)^5 \\
 &= 2.389.925,707 \text{ kg} = 2.545,94 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

- Untuk kenaikan rata-rata produksi 6,21% maka perkiraan pada tahun 2013 :

$$\begin{aligned}
 M_2 &= P (1 + i)^n \\
 &= 1.300.000 (1 + 0,0621)^5 \\
 &= 18.665.462,58 \text{ kg} = 18.665,46 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

- Untuk kenaikan rata-rata ekspor 3,80% maka perkiraan pada tahun 2013 :

$$\begin{aligned}
 M_4 &= P (1 + i)^n \\
 &= 677.615 (1 + 0,038)^5 \\
 &= 8.477.826,312 \text{ kg} = 8.477,82 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

2.1 Macam-Macam Proses

Pembuatan Aluminium Sulfat dapat dibuat dengan mereaksikan Alumina Trioksida (Al_2O_3) dengan Asam Sulfat dengan kadar 30 % sampai dengan 60 %. Pada dasarnya pembuatan Aluminium Sulfat tergantung pada bahan baku yang digunakan yaitu bijih Bauksit.

Proses pembuatan Aluminium Sulfat dengan proses Boliden dapat dibedakan berdasarkan bahan bakunya, yaitu :

1. Pembuatan Aluminium Sulfat dari Aluminium Hidroksida
2. Pembuatan Aluminium Sulfat dari Bauksit (Meyers, 1986).

2.1.1 Pembuatan Aluminium Sulfat dari Aluminium Hidroksida

Aluminium Sulfat dibuat dengan mereaksikan Asam Sulfat dengan Aluminium Hidroksida [$\text{Al}(\text{OH})_3$]. Tahapan prosesnya hampir sama dengan proses dari bahan baku Bauksit hanya tanpa pengurangan kadar Besi. Reaksi yang berlangsung dalam proses ini adalah :



(Meyers, hal 3.1-7)

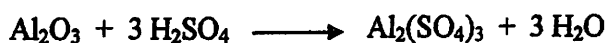
Reaksi ini terjadi pada temperatur 105 – 110 °C, tekanan 1 atm selama 3 – 4 jam. asam sulfat dipakai berkadar 48 – 52 %.

Pertama Asam Sulfat 98 % diencerkan menjadi 48 % dengan penambahan air proses, kemudian bahan baku yang terdiri dari H_2SO_4 dan $Al(OH)_3$ direaksikan kedalam reaktor. Setelah itu hasil dari reaktor dipompa menuju ke evaporator untuk dipekatkan dengan suhu operasi $110\text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan 1,2 atm. Setelah mengalami proses pemekatan dalam evaporator, aliran bottom dipompa menuju ke granular equipment untuk proses kristalisasi pada suhu $90\text{ }^\circ\text{C}$ dengan menggunakan udara kering yang berasal dari heater. Kristal Aluminium Sulfat yang berbentuk bongkahan dihancurkan dengan pisau yang terdapat dalam granular equipment. Kristal tersebut kemudian diangkut menuju ke cooling equipment untuk proses pendinginan pada suhu $50\text{ }^\circ\text{C}$ dengan menggunakan udara. Udara yang keluar dari cooling equipment yang mengandung Aluminium Sulfat dialirkan dalam bag filter untuk disaring dan kemudian dibuang. Setelah itu peoduk diangkut menuju ke screen untuk mendapatkan produk yang berukuran 1 – 3 mm. Kristal oversize direcycle kedalam screen dan undersize direcycle untuk granular equipment. Sedangkan kristal yang lolos diangkut kebagian pengemasan (Keyes, 1961).

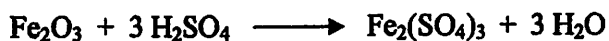
2.1.2 Pembuatan Aluminium Sulfat dari Bauksit

Secara garis besar proses pembuatan Aluminium Sulfat dari bahan baku Bauksit dapat dijelaskan sebagai berikut :

Bauksit dari gudang dihancurkan dengan menggunakan crusher dan mill sampai ukuran 200 mesh. Bauksit terseut kemudian dimasukkan dalam reaktor berpengaduk yang dilengkapi dengan coil pendingin. Bauksit berlebih dimasukkan dalam reaktor, reaksi yang terjadi :

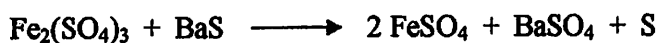


Reaksi samping :

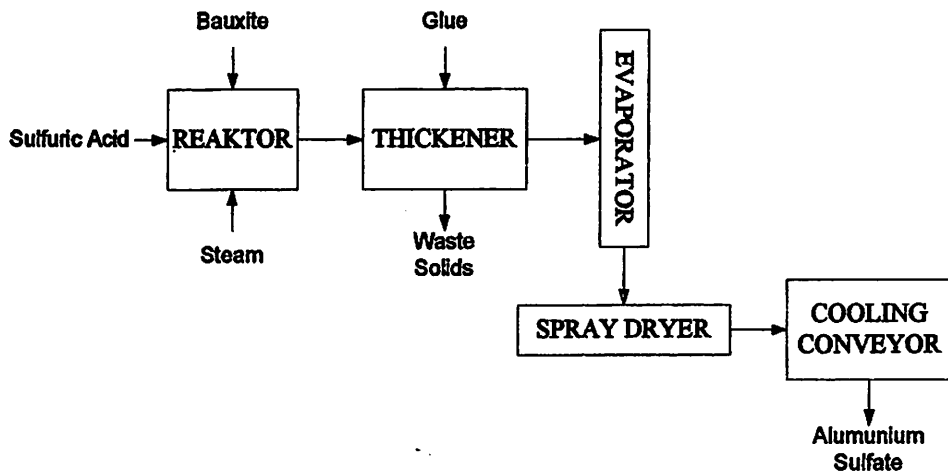


(Meyers, hal 3.1-7)

Waktu reaksi untuk membentuk Aluminium Sulfat diharapkan terjadi sekitar 3 – 4 jam dengan suhu 110 °C, kemudian pada reaktor II ditambahkan Black Ash untuk mereduksi Ferrous Sulfat. Reaksi yang terjadi pada reaktor II adalah sebagai berikut :



Produk dari reaktor II dialirkan ke thickener, dalam thickener terjadi proses pemisahan dimana zat yang tidak terlarut dialirkan dibagian bawah sebagai underflow, sedangkan zat yang terlarut keluar sebagai overflow dipompa ke tangki penampung dan kemudian dipompa ke evaporator untuk dilakukan proses pemekatan sampai kadar 50 %. Larutan pekat dari evaporator dialirkan ke spray dryer untuk dilakukan pengeringan.



Gambar 2.1.1. Blok Diagram Proses Pembuatan Alumunium Sulfat dari Bauksit

2.2 Seleksi Proses

Dari kedua macam proses diatas dilakukan seleksi untuk mendapatkan hasil paling optimal seperti terlihat pada tabel 2.2.1 berikut ini :

Tabel 2.2.1 Perbandingan bahan baku pembuatan Alumunium Sulfat dengan proses Boliden.

Parameter	Macam Bahan Baku	
	Alumunium Hidroksida	Bauksit
Proses		
- Temperatur Reaksi	110°C	110°C
- Tekanan (atm)	1,2 (atm)	1 (atm)
- Waktu reaksi	3 – 4 Jam	3 – 4 jam
- Kemurnian produk (%)	99%	90%
- Kandungan Al ₂ O ₃ (%)	15 -17	17 - 18
Ekonomi		
- Biaya Operasi	Besar	Sedang
- Bahan Baku	Sulit Didapatkan	Mudah didapatkan

Dari perbandingan diatas diambil bahan baku bauksit karena memiliki kandungan Al_2O_3 paling besar yang sangat dibutuhkan untuk pembuatan alumunium sulfat, selain itu bauksit sebagai bahan baku mudah untuk didapatkan sehingga biaya operasionalnya lebih sedikit.

2.3 Uraian Proses

Untuk memproduksi Aluminium Sulfat berdasarkan proses Boliden dapat diuraikan dalam tiga tahap, yaitu tahap persiapan bahan baku, tahap reaksi proses, dan tahap penanganan produk.

2.3.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Tahap persiapan bahan baku adalah proses mempersiapkan bahan baku sebelum direaksikan di dalam reaktor. Dalam proses persiapan ini, bahan baku utama yaitu bauksit berupa bongkahan-bongkahan diangkut dengan menggunakan belt conveyor (J-128) dan dimasukkan kedalam roll crusher (C-127) untuk menghancurkan bongkahan dari ukuran besar menjadi kecil. Pecahan Bauksit kemudian diangkut dengan menggunakan belt conveyor (J-126) untuk dihancurkan kembali dengan menggunakan ball mill (C-125). Keluar dari ball mill (C-125), bauksit masuk ke dalam screen (H-124). Oversize dikembalikan lagi ke mill (C-125) untuk dihaluskan kembali, sedangkan undersize ditampung ke hopper bauksit (F-122) dengan menggunakan bucket elevator (J-123). Bahan halus kira-kira 200 mesh kemudian dimasukkan ke dalam reaktor I (R-120).

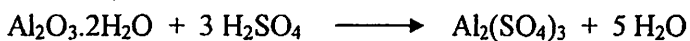
Bahan baku lain yaitu H_2SO_4 98 % yang disimpan dalam tangki penampung (F-111). Dari tangki penampung (F-111) ini, H_2SO_4 98 % dialirkan

dengan menggunakan pompa (L-112), kemudian diencerkan dalam tangki pengencer (M-110) yang dilengkapi dengan pengaduk. Dalam tangki pengencer (M-110) ini, H₂SO₄ 98 % diencerkan dengan menggunakan air proses sampai kadar H₂SO₄ menjadi 48 %. Selanjutnya H₂SO₄ 48 % ini dialirkan menuju reaktor I (R-120).

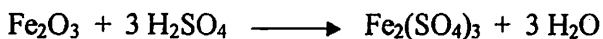
2.3.2 Tahap Reaksi Proses

Tahap reaksi proses adalah suatu proses dimana bauksit direaksikan dengan H₂SO₄ 48 % dalam kondisi operasi optimum. Bauksit dalam bentuk bubuk dan larutan H₂SO₄ 48 % dimasukkan ke dalam reaktor I (R-120) yang dilengkapi dengan pengaduk dan coil pendingin. Kondisi operasi dalam reaktor I (R-120) adalah suhu 110 °C dan tekanan 1 atm, terjadi reaksi yang menghasilkan aluminium sulfat dengan yields sebesar 92%.

Reaksi yang terjadi :



Reaksi samping :



Untuk menyempurnakan reaksi, produk dari reaktor I (R-120) dipompa (L-121) menuju ke tangki penampung sementara (F-134). Dari tangki penampung sementara (F-134), produk reaktor I (R-120) dipompa (L-133) menuju ke reaktor II (R-130) untuk mereduksi Fe₂(SO₄)₃ dengan menambahkan BaS dari hopper BaS (F-132). Produk yang keluar dari reaktor II (R-130) dipompa (L-131) menuju ke thickener (H-140), bersamaan dengan itu ditambahkan Flake Glue dari tangki pengencer flake glue (M-144) untuk membentuk flok-flok agar mudah

mengendap. Overflow dari thickener (H-140) dipompa (L-142) menuju ke tangki feed evaporator (F-153). Sedangkan underflow dipompa (L-141) menuju clarifier (H-143) untuk melanjutkan proses pemisahan kembali dengan penambahan air proses untuk melarutkan $Al_2(SO_4)_3$ yang terikut. Overflow dari clarifier (H-143) dipompa (L-145) menuju tangki feed evaporator (F-153), sedangkan underflow clarifier (H-143) selanjutnya dibuang.

Dari tangki feed evaporator (F-153), larutan dipompa (L-152) menuju ke evaporator (V-150) untuk menaikkan konsentrasi aluminium sulfat hingga 50 %. Evaporator (V-150) beroperasi pada tekanan 1 atm dengan suhu 101,3 °C. Selanjutnya larutan dipompa (L-151) menuju ke spray dryer (B-160). Dalam spray dryer (B-160) dilakukan pengeringan dengan menggunakan udara panas dengan suhu 142 °C, udara panas yang diperoleh dari udara bebas yang dihembuskan melalui blower (G-162) yang kemudian dipanaskan dalam heater (E-161). Produk keluar dari bottom spray dryer (B-160), sedangkan udara panas keluar spray dryer (B-160) menuju cyclone (H-164). Dalam cyclone (H-164) terjadi pemisahan produk terikut dengan udara panas, karena cyclone (H-164) bekerja secara centrifugal maka padatan terlempar ke dinding cyclone (H-164) yang kemudian turun kebawah, sedangkan udara panas keluar dari atas.

2.3.3 Tahap Penanganan Produk

Serbuk yang keluar dari spray dryer (B-160) pada suhu 76 °C, kemudian diangkut dengan menggunakan cooling conveyer (J-165) sehingga suhu produk menjadi 40 °C. Produk diangkut oleh bucket elevator (J-166) menuju ke hopper (F-167) untuk kemudian dilakukan pengepakan.

BAB III NERACA MASSA

Kapasitas = 90000 ton/tahun

Hari kerja = 1 tahun = 330 hari
 = 1 hari = 24 jam

Kapasitas Produksi = $\frac{90000 \times 1000}{330 \times 24}$
 = 11363,64 kg/jam

Basis Jumlah bauksit yang masuk = 3516,46 kg/jam

1. TANGKI PENGECER H₂SO₄ (M - 110)

Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
H ₂ SO ₄ 98 % :	H ₂ SO ₄ 48 % :
H ₂ SO ₄ 5332,63	H ₂ SO ₄ 5332,63
H ₂ O 108,83	H ₂ O 5777,02
<u> </u>	
5441,46	
H ₂ O 5668,19	
11109,65	11109,65

2. BALL MILL (C - 125)

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Al ₂ O ₃	1898,89	Al ₂ O ₃	2373,61
Fe ₂ O ₃	175,82	Fe ₂ O ₃	219,78
SiO ₂	351,65	SiO ₂	439,56
TiO ₂	35,16	TiO ₂	43,96
H ₂ O	1054,94	H ₂ O	1318,67
	<u>3516,46</u>		
Recycle			
Al ₂ O ₃	474,72		
Fe ₂ O ₃	43,96		
SiO ₂	87,91		
TiO ₂	8,79		
H ₂ O	263,73		
	<u>879,12</u>		
	4395,58		4395,58

3. SCREEN (H - 124)

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
		Produk Undersize	
Al ₂ O ₃	2373,61	Al ₂ O ₃	1898,89
Fe ₂ O ₃	219,78	Fe ₂ O ₃	175,82
SiO ₂	439,56	SiO ₂	351,65
TiO ₂	43,96	TiO ₂	35,16
H ₂ O	1318,67	H ₂ O	1054,94
			<hr/>
			3516,46
		Produk Oversize	
		Al ₂ O ₃	474,72
		Fe ₂ O ₃	43,96
		SiO ₂	87,91
		TiO ₂	8,79
		H ₂ O	263,73
			<hr/>
			879,12
			<hr/>
	4395,58		4395,58

4. REAKTOR I (R -120)

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Al ₂ O ₃	1898,89	Al ₂ (SO ₄) ₃	5857,51
Fe ₂ O ₃	175,82	Fe ₂ (SO ₄) ₃	404,39
SiO ₂	351,65	Al ₂ O ₃	151,91
TiO ₂	35,16	Fe ₂ O ₃	14,07
H ₂ O	1054,94	SiO ₂	351,65
	3516,46	TiO ₂	35,16
		H ₂ O	7811,42
H ₂ SO ₄	5332,63		
H ₂ O	5777,02		
	11109,65		
	14626,11		14626,11

5. REAKTOR II (R - 130)

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	5857,51	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	5857,51
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	404,39	Al_2O_3	151,91
Al_2O_3	151,91	Fe_2O_3	14,07
Fe_2O_3	14,07	SiO_2	351,65
SiO_2	351,65	TiO_2	35,16
TiO_2	35,16	FeS	177,93
H_2O	7811,42	BaSO_4	707,92
	14626,11	S	32,35
		BaS	10,28
BaS	524,09	H_2O	7811,42
	15150,20		15150,20

6. TANGKI PENGECER KOAGULANT (M - 144)

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Flake glue	1171,50	Koagulant	2928,76
H_2O	1757,25		
	2928,76		2928,76

7. THICKENER (H - 140)

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Produk		Overflow	
Al ₂ (SO ₄) ₃	5857,51	Al ₂ (SO ₄) ₃	5605,89
Al ₂ O ₃	151,91	BaS	9,83
Fe ₂ O ₃	14,07	SiO ₂	1,76
SiO ₂	351,65	S	0,16
TiO ₂	35,16	H ₂ O	7475,86
FeS	177,93		13093,50
BaSO ₄	707,92		
S	32,35	Underflow	
BaS	10,28	Al ₂ (SO ₄) ₃	251,63
H ₂ O	7811,42	Al ₂ O ₃	151,91
	15150,20	Fe ₂ O ₃	14,07
		SiO ₂	349,89
Koagulant	2928,76	TiO ₂	35,16
		FeS	177,93
		BaSO ₄	707,92
		S	32,19
		BaS	0,44
		H ₂ O	335,56
		Koagulant	2928,76
			4985,46
	18078,96		18078,96

8. CLARIFIER (H - 143)

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Underflow		Overflow	
Al ₂ (SO ₄) ₃	251,63	Al ₂ (SO ₄) ₃	222,28
Al ₂ O ₃	151,91	BaS	0,39
Fe ₂ O ₃	14,07	SiO ₂	1,75
SiO ₂	349,89	S	0,16
TiO ₂	35,16	H ₂ O	4222,98
FeS	177,93		4447,56
BaSO ₄	707,92		
S	32,19	Underflow :	
BaS	0,44	Al ₂ (SO ₄) ₃	29,34
H ₂ O	335,56	Al ₂ O ₃	151,91
Koagulant	2928,76	Fe ₂ O ₃	14,07
	4985,46	SiO ₂	348,14
		TiO ₂	35,16
		FeS	177,93
Air proses :		BaSO ₄	707,92
H ₂ O	4444,89	S	32,03
		BaS	0,05
		H ₂ O	557,47
		Koagulant	2928,76
			4982,78
	9430,34		9430,34

9. TANGKI FEED EVAPORATOR (F - 153)

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Overflow (dari Thickener)		Produk	
Al ₂ (SO ₄) ₃	5605,89	Al ₂ (SO ₄) ₃	5828,17
BaS	9,83	BaS	10,22
SiO ₂	1,76	SiO ₂	3,51
S	0,16	S	0,32
H ₂ O	7475,86	H ₂ O	11698,84
	<u>13093,50</u>		
Overflow (dari Clarifier)			
Al ₂ (SO ₄) ₃	222,28		
BaS	0,39		
SiO ₂	1,75		
S	0,16		
H ₂ O	4222,98		
	<u>4447,56</u>		
	17541,06		17541,06

12. CYCLONE (H - 164)

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Vapour		Aluminium Sulfat	
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	58,35	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	58,35
BaS	0,05	BaS	0,05
SiO_2	0,02	SiO_2	0,02
S	0,00	S	0,00
H_2O uap	721,04		58,42
Udara	4181,00		
		ke udara :	
		H_2O uap	721,04
		Udara	4181,00
			4902,04
	4960,46		4960,46

BAB IV
NERACA PANAS

Kapasitas produksi Aluminium sulfat = 90000 ton/tahun
 = 11363,64 kg/jam
 Satuan = kkal / jam
 Suhu reference = 25 °C

1. TANGKI PENGENCER H₂SO₄ (M - 110)

Masuk (kkal)	Keluar (kkal)
H H ₂ SO ₄ 98 % 9230,3542	H H ₂ SO ₄ 48 % 1588740,9784
H H ₂ O 28302,9777	Q hilang 1876,6666
ΔHs 1553084,3131	
1590617,6450	1590617,6450

2. REAKTOR I (R -120)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H Bauksit		H Produk	
Al ₂ O ₃	1947735,9810	Al ₂ (SO ₄) ₃	92444,2169
Fe ₂ O ₃	93216,6295	Fe ₂ (SO ₄) ₃	5688,7971
SiO ₂	282647,5536	Al ₂ O ₃	12336,8203
TiO ₂	3719,0762	Fe ₂ O ₃	663,4342
H ₂ O	5267,6219	SiO ₂	23484,4769
	<u>2332586,8622</u>	TiO ₂	754,7924
		H ₂ O	<u>670962,4473</u>
H H ₂ SO ₄ 48 %	1588740,9784		806334,9851
ΔH _{R25 C}	2918097,1993		
		Q serap	6033090,0548
	<u>6839425,0399</u>		<u>6839425,0399</u>

3. REAKTOR II (R - 130)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H Umpan (dari R - 120) :		H Produk R - 130 (ke H - 140) :	
Al ₂ (SO ₄) ₃	92444,2169	Al ₂ (SO ₄) ₃	87006,3218
Fe ₂ (SO ₄) ₃	5688,7971	Al ₂ O ₃	12719,1653
Al ₂ O ₃	12336,8203	Fe ₂ O ₃	677,2545
Fe ₂ O ₃	663,4342	SiO ₂	24107,1909
SiO ₂	23484,4769	TiO ₂	736,0499
TiO ₂	754,7924	FeS	2460,6499
H ₂ O	670962,4473	BaSO ₄	6336,6265
	806334,9851	S	474,5308
		BaS	74,7318
H BaS	238,2076	H ₂ O	630587,9431
ΔH _{R 25 °C}	79847,3781		765180,4646
		Q serap	121240,1063
	886420,5708		886420,5708

4. THICKENER (H - 140)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H umpan (dari R - 130) :		H Overflow (ke F - 153) :	
Al ₂ (SO ₄) ₃	87006,3218	Al ₂ (SO ₄) ₃	56259,9537
Al ₂ O ₃	12719,1653	BaS	48,3230
Fe ₂ O ₃	677,2545	SiO ₂	152,2143
SiO ₂	24107,1909	S	1,5875
TiO ₂	736,0499	H ₂ O	405200,4867
FeS	2460,6499		461662,5652
BaSO ₄	6336,6265		
S	474,5308	H Underflow (ke H - 143) :	
BaS	74,7318	Al ₂ (SO ₄) ₃	2525,2845
H ₂ O	630587,9431	Al ₂ O ₃	188037,3852
	765180,4646	Fe ₂ O ₃	830,8709
		SiO ₂	30290,6556
Dari tangki koagulant :		TiO ₂	680,4058
H H ₂ O	8774,4947	FeS	1607,2212
		BaSO ₄	4251,3094
		S	315,9066
		BaS	2,1690
		H ₂ O	285061,4130
			513602,6213
		Q losses	38697,74796
	773954,9593		1013962,9345

5. CLARIFIER (H - 143)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H umpan (dari underflow H - 140) :		H Overflow (ke F-153) :	
Al ₂ (SO ₄) ₃	2525,2845	Al ₂ (SO ₄) ₃	809,8297
Al ₂ O ₃	188037,3852	BaS	0,6956
Fe ₂ O ₃	830,8709	SiO ₂	365,5573
SiO ₂	30290,6556	S	0,5659
TiO ₂	680,4058	H ₂ O	82771,6446
FeS	1607,2212		83948,2931
BaSO ₄	4251,3094	H endapan (Underflow) :	
S	315,9066	Al ₂ (SO ₄) ₃	106,9045
BaS	2,1690	Al ₂ O ₃	40384,3275
H ₂ O	285061,4130	Fe ₂ O ₃	1948,1088
	513602,6213	SiO ₂	72745,9069
Air Proses :		TiO ₂	1061,8240
H H ₂ O	22194,6594	FeS	556,8202
		BaSO ₄	1528,8742
		S	62129,2082
		BaS	0,0918
		H ₂ O	72943,1625
			253405,2286
		Q losses	26789,8640
	535797,2807		364143,3857

6. TANGKI FEED EVAPORATOR (F - 153)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H Overflow I (dari H-140) :		H larutan Aluminium Sulfat (ke V- 150) :	
Al ₂ (SO ₄) ₃	56259,9537	Al ₂ (SO ₄) ₃	36874,5923
BaS	48,3230	BaS	31,6725
SiO ₂	152,2143	SiO ₂	440,1946
S	1,5875	S	1,9815
H ₂ O	405200,4867	H ₂ O	398640,6449
	<hr/> 461662,5652		<hr/> 435989,0857
H Overflow II (dari H-143) :		Q losses	27280,5429
Al ₂ (SO ₄) ₃	809,8297		
BaS	0,6956		
SiO ₂	365,5573		
S	0,5659		
H ₂ O	82771,6446		
	<hr/> 83948,2931		
	<hr/> 545610,8583		<hr/> 463269,6286

7. EVAPORATOR (V - 150)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H Umpan masuk (dari F - 153) :		H Produk (ke B - 160) :	
Al ₂ (SO ₄) ₃	36874,5923	Al ₂ (SO ₄) ₃	83616,8465
BaS	31,6725	BaS	71,8205
SiO ₂	440,1946	SiO ₂	244,4306
S	1,9815	S	4,5673
H ₂ O	398640,6449	H ₂ O	456185,4755
	<hr/> 435989,0857		<hr/> 540123,1403
H steam	4885972,1226	Vapour :	
		H ₂ O	3605648,0423
		H condensat	980938,3364
		Q hilang	195251,6893
	<hr/> 5321961,2084		<hr/> 5321961,2084

8. SPRAY DRYER (B - 160)

Masuk (kkal)	Keluar (kkal)
H Umpan (dari V - 150) :	H Produk Dry Aluminium Sulfat (ke J - 165) :
Al ₂ (SO ₄) ₃ 83616,8465	Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O 203191,4991
BaS 71,8205	BaS 47,1592
SiO ₂ 244,4306	SiO ₂ 315,1423
S 4,5673	S 2,9694
H ₂ O 456185,4755	<hr/>
<hr/>	203556,7701
540123,1403	
	H Vapour (ke H - 164) :
H Udara Panas :	Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O 1070,6258
udara 124740,0521	BaS 0,2485
H ₂ O uap 50566,6143	SiO ₂ 1,6055
<hr/>	S 0,0157
175306,6664	H ₂ O uap 447464,8323
	udara 54570,3757
	<hr/>
	503107,7034
	Q hilang 8765,3333
<hr/>	
715429,8068	715429,8068

9. HEATER (E - 161)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H udara :		H udara :	
Udara	5205,3415	Udara	124740,0521
H ₂ O Uap	174,7657	H ₂ O Uap	21540,9065
	5380,1072		146280,9586
H steam	200358,5025	H condensat	52041,8168
		Q hilang	7415,8343
	205738,6097		205738,6097

10. COOLING CONVEYOR (J - 165)

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
H Umpan (dari B - 160) :		Produk Aluminium Sulfat :	
Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O	203191,4991	Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O	60071,0400
BaS	47,1592	BaS	13,9420
SiO ₂	315,1423	SiO ₂	950,3374
S	2,9694	S	0,8659
	203556,7701		61036,1853
		Q serap	142520,5848
	203556,7701		203556,7701

BAB V
SPESIFIKASI ALAT

1. TANGKI PENAMPUNG H₂SO₄ 98% (F - 111)

- Fungsi** : Menampung larutan H₂SO₄ 98%
- Type** : Silinder tegak dengan tutup atas dished head dan tutup bawah datar
- Kondisi operasi** : - Suhu : 30 °C
- Tekanan : 1 atm
- Waktu tinggal : 7 hari
- Kapasitas** : 5441,4633 kg/jam
- Tangki** : - Diameter : 180 in
- Tinggi : 372,25 in
- Tebal shell : 3/16 in
- Tebal tutup atas : 3/16 in
- Tebal tutup bawah : 3/16 in
- Bahan konstruksi** : Carbon Steel SA - 283 Grade C
- Jumlah** : 2 buah

2. POMPA (L - 112)

- Fungsi** : Untuk memompa H₂SO₄ 98% dari tangki penyimpanan menuju ke tangki pengencer H₂SO₄
- Type** : Centrifugal pump
- Kapasitas** : 13,1201 gpm
- Bahan** : Commercial steel

Diameter pipa : 1 1/2" sch. 40
 Power pompa : 1 hp
 Jumlah : 1 buah

3. TANGKI PENGECER H₂SO₄ 98% (M - 110)

Fungsi : Mengencerkan H₂SO₄ 98% menjadi 48%

Type : Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk standard dished head dilengkapi pengaduk

Kondisi operasi : - Suhu : 258,68 °C
 - Tekanan : 1 atm
 - Konsentrasi awal : 98%
 - Konsentrasi akhir : 48%

Kapasitas : 11109,6542 kg / hari

Tangki : - Diameter : 132 in
 - Tinggi : 224,7516 ft
 - Tebal shell : 3/16 in
 - Tebal tutup atas : 1/4 in
 - Tebal tutup bawah : 1/4 in

Pengaduk : - Jenis :
 - Diameter impeller : 42,3395 in
 - Jumlah impeller : 2 buah
 - Kecepatan putaran : 100 rpm
 - Power : 35 hp

Jumlah : 1 buah

4. CONVEYOR (J - 128)

Fungsi	: Mengangkut bauksit dari tempat penyimpanan menuju crusher
Type	: Belt Conveyor
Kapasitas	: 3516,46 kg / jam
Panjang belt	: 324,5750 in
Lebar belt	: 14 in
Kecepatan belt	: 8,6393 fpm
Effisiensi motor	: 80%
Power motor	: 1 hp
Bahan	: Kanvas
Jumlah	: 1 buah

5. CRUSHER (C - 127)

Fungsi	: Menghancurkan bauksit dari ukuran 3 in sampai ukuran 0,3937 in
Type	: Roll Crusher
Kapasitas	: 3516,46 kg / jam
Diameter roll	: 64,3463 in
Kecepatan putaran roll	: 44,5692 fpm
Effisiensi motor	: 80%
Power	: 0,5 hp
Jumlah	: 1 buah

6. CONVEYOR (J - 126)

Fungsi	:	Mengangkut bauksit dari tempat penyimpanan menuju ball mill
Type	:	Belt Conveyor
Kapasitas	:	3516,46 kg / jam
Sudut kemiringan	:	15 °
Panjang belt	:	360 in
Lebar belt	:	14 in
Kecepatan belt	:	8,6393 fpm
Effisiensi motor	:	80%
Power motor	:	1 hp
Bahan	:	Kanvas
Jumlah	:	1 buah

7. MILL (C - 125)

Fungsi	:	Menghancurkan bauksit dari 1 cm menjadi 200 mesh
Type	:	Ball Mill
Kapasitas	:	4395,575 kg / jam
Diameter mill	:	60 in
Panjang mill	:	48 in
Jumlah bola	:	2025 buah
kecepatan putaran	:	26 rpm
Power	:	44 hp
Jumlah	:	1 buah

8. SCREEN (H - 124)

Fungsi	: Untuk memisahkan produk yang berukuran lebih besar dari 200 mesh, yang keluar dari ball mill.
Type	: High Speed Vibrating Screen
Kapasitas	: 183,1490 kg/jam
Ukuran screen	:
Panjang	: 187,5545 in
Lebar	: 93,7772 in
Luas screen	: 17588,34 ft ²
Power	: 12 hp
Jumlah	: 1 buah

9. ELEVATOR (J - 123)

Fungsi	: Mengangkut bauksit ke tangki penampung
Type	: Centrifugal Discharge Bucket Elevator
Rate	: 3516,46 kg/jam
Tinggi	: 301 in
ukuran bucket	: 6 x 4 x 4 1/4 in
bucket spacing	: 12 in
Kecepatan bucket	: 225 fpm
Lebar belt	: 7 in
Power	: 2 hp
Jumlah	: 1 buah

10. HOPPER BAUKSIT (F - 122)

Fungsi	: Menampung sementara bauksit untuk umpan yang selanjutnya masuk ke Reaktor I
Type	: Tangki silinder tegak dengan tutup atas berbentuk flat dan tutup bawah berbentuk conis.
Kapasitas	: 3516,4600 kg / hari
Diameter	: 72 in
Tinggi	: 108 in
Tebal shell	: 3/16 in
Tebal tutup atas	: 3/16 in
Tebal tutup bawah	: 3/16 in
Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA - 283 Grade C
Jumlah	: 1 buah

11. REAKTOR I (R -120)

Spesifikasi dari Reaktor I terdapat pada BAB VI.

12. POMPA (L - 121)

Fungsi	: Untuk memompa produk dari reaktor I menuju ke tangki penampung
Type	: Centrifugal Pump
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 14626,1142 kg/jam
Diameter pipa	: 2 1/2 sch. 40
Power pompa	: 12 hp
Jumlah	: 1 buah

13. TANGKI PENAMPUNG SEMENTARA (F - 134)

Fungsi	: Menampung produk dari reaktor I
Type	: Tangki silinder vertikal dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk standard dished head.
Kapasitas	: 14626,1142 kg / jam
Tangki	: - Diameter : 174,7874 in - Tinggi : 315,562 in - Tebal shell : 3/16 in - Tebal tutup atas : 1/4 in - Tebal tutup bawah : 1/4 in
Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA - 283 Grade C
Jumlah	: 2 buah

14. POMPA (L - 133)

Fungsi	: Untuk memompa produk dari tangki penampung menuju ke Reaktor II
Type	: Centrifugal Pump
Kapasitas	: 14626,1142 kg/jam
Bahan	: Commercial steel
Diameter pipa	: 2 1/2 sch. 40
Power motor	: 4 hp
Jumlah	: 1 buah

15. REAKTOR II (R - 130)

Fungsi	:	Mereduksi $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ yang terbentuk dengan mereaksikannya menggunakan BaS
Type	:	Bejana Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk standard dished head, yang dilengkapi pengaduk dan coil pendingin.
Kondisi operasi	:	- Suhu : 105 °C - Tekanan : 1 atm - Waktu tinggal : 1 jam
Kapasitas	:	15150,2019 lb / jam
Tangki	:	- Diameter : 84 in - Tinggi : 159,4810 in - Tebal shell : 3/16 in - Tebal tutup atas : 3/16 in - Tebal tutup bawah : 3/16 in
Pengaduk	:	- Jenis : six blade open turbine - Diameter impeller : 29,2470 in - Kecepatan putaran : 100 rpm - Power : 17 hp
Coil Pendingin	:	- Diameter Coil : 2 in Sch 40 - Jumlah lilitan : 1 lilitan - Panjang Coil : 229,350 in - Diameter lilitan : 52,64 in
Jumlah	:	1 buah

16. HOPPER BaS (F - 132)

Fungsi	: Menampung sementara BaS untuk umpan yang selanjutnya masuk ke Reaktor II
Type	: Tangki silinder tegak dengan tutup atas berbentuk flat dan tutup bawah berbentuk conis.
Kondisi operasi	: - Suhu : 30 °C - Tekanan : 1 atm - Waktu tinggal : 8 jam
Kapasitas	: 48,1418 lb / jam
Diameter	: 13,4221 in
Tinggi	: 23,8442 in
Tebal shell	: 3/16 in
Tebal tutup atas	: 3/16 in
Tebal tutup bawah	: 3/16 in
Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA - 283 Grade C
Jumlah	: 1 buah

17. POMPA (L - 131)

Fungsi	: Untuk memompa produk dari reaktor II ke thickener
Type	: Centrifugal Pump
Kapasitas	: 15150,2019 kg/jam
Bahan	: Commercial steel
Diameter pipa	: 1 in sch. 40
Power motor	: 0,5 hp
Jumlah	: 1 buah

18. TANGKI PENGECER KOAGULANT (M-144)

Fungsi	:	Mengencerkan flake glue
Type	:	Tangki berbentuk silinder dengan tutup bawah berbentuk standart dished head dan tutup atas flat
Kondisi operasi	:	- Suhu : 30 °C - Tekanan : 1 atm - Waktu tinggal : 4 jam
Kapasitas	:	2928,7561 kg / jam
Tangki	:	- Diameter : 93,4452 in - Tinggi : 169,4733 in - Tebal shell : 3/16 in - Tebal tutup atas : 3/16 in - Tebal tutup bawah : 3/16 in
Pengaduk	:	- Jenis : six blade open turbin - Diameter impeller : 31,1484 in - Jumlah impeller : 1 buah - Kecepatan putaran : 100 rpm - Power : 15 hp
Jumlah	:	1 buah

19. THICKENER (H - 140)

Fungsi	:	Memisahkan slurry terikut dalam larutan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ yang keluar dari reaktor II secara gravitasi
Type	:	Thickener kontinue
Kondisi operasi	:	- Suhu : 79,1 °C - Tekanan : 1 atm

	- Waktu tinggal	: 3 jam
Kapasitas	:	39856,8709 lb / jam
Tangki	:	- Diameter : 222,4370 in
		- Tinggi : 113,4251 in
		- Tebal shell : 3/16 in
		- Tebal tutup bawah : 3/16 in
Pengaduk	:	- Jenis : Scraper daun dua
		- Diameter impeller : 44,4874 ft
		- Jumlah impeller : 1 buah
		- Kecepatan putaran : 100 rpm
		- Power : 14 hp
		- Jumlah baffle : 1 buah
Jumlah	:	1 buah

20. POMPA (L - 141)

Fungsi	:	Untuk memompa underflow dari thickener menuju ke clarifier
Type	:	Centrifugal Pump
Kapasitas	:	4985,4568 kg/jam
Bahan	:	Commercial steel
Diameter pipa	:	1 1/2 " sch. 40
Power motor	:	1,0 hp
Jumlah	:	1 buah

21. POMPA (L - 142)

Fungsi	: Untuk memompa produk overflow thickener menuju tangki feed evaporator
Type	: Centrifugal Pump
Kapasitas	: 13093,5012 kg/jam
Bahan	: Commercial steel
Diameter pipa	: 2 1/2 " sch. 40
Power motor	: 4 hp
Jumlah	: 1 buah

22. CLARIFIER (H - 143)

Fungsi	: Memisahkan larutan $Al_2(SO_4)_3$ yang terlarut dalam underflow pada thickener
Type	: Clarifier kontinue
Kondisi operasi	: - Suhu : 44,6 °C - Tekanan : 1 atm - Waktu tinggal : 3 jam
Kapasitas	: 20790,1383 lb / jam
Tangki	: - Diameter : 160,6873 in - Tinggi : 98,7776 in - Tebal shell : 3/16 in - Tebal tutup atas : 3/16 in - Tebal tutup bawah : 3/16 in
Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA - 283 Grade C
Jumlah	: 1 buah

23. POMPA (L - 145)

Fungsi	: Untuk memompa produk overflow dari clarifier menuju ke tangki feed evaporator
Type	: Centrifugal Pump
Rate	: 4447,5626 gpm
Bahan	: Commercial steel
Diameter pipa	: 2 in sch. 40
Power motor	: 1 hp
Jumlah	: 1 buah

24. TANGKI FEED EVAPORATOR (F - 153)

Fungsi	: Menampung larutan $Al_2(SO_4)_3$ untuk diumpankan ke evaporator
Type	: Tangki silinder vertikal dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk standard dished head.
Kondisi operasi	: - Suhu : 59,1 °C - Tekanan : 1 atm - Waktu tinggal : 3 jam
Kapasitas	: 38671,0293 lb / jam
Tangki	: - Diameter : 139,1100 ft - Tinggi : 251,3082 ft - Tebal shell : 3/16 in - Tebal tutup atas : 1/4 in - Tebal tutup bawah : 1/4 in
Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA - 283 Grade C
Jumlah	: 1 buah

25. POMPA (L - 152)

Fungsi	: Untuk memompa produk dari tangki feed evaporator menuju ke evaporator
Type	: Centrifugal Pump
Kapasitas	: 60,9966 gpm
Bahan	: Commercial steel
Diameter pipa	: 3 in sch. 40
Power motor	: 3 hp
Jumlah	: 1 buah

26. EVAPORATOR (V - 150)

Spesifikasi dari Evaporator terdapat pada BAB VI.

27. POMPA (L - 151)

Fungsi	: Untuk memompa produk dari tangki evaporator menuju ke spray dryer.
Type	: Centrifugal Pump
Kapasitas	: 17541,0638 kg/jam
Bahan	: Commercial steel
Diameter pipa	: 2 in sch. 40
Power motor	: 3 hp
Jumlah	: 1 buah

28. SPRAY DRYER (B - 160)

fungsi	: Meringkan produk sehingga terbentuk bubuk $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$
Type	: Silinder tegak dengan tutup atas flat dan tutup bawah konis.
Kondisi operasi	: - Rate udara masuk : 10099,7952 lb/jam - Suhu udara masuk : 142 °C - Suhu udara keluar : 77 °C - ρ udara masuk : 0,053 lb / ft ³
Kapasitas	: 16265,6853 kg / hari
Diameter flot spot	: 12 in
Diameter spray dryer	: 360,1218 in
Tinggi spray dryer	: 714,2436 in
Tebal shell	: 1/3 in
Tebal tutup atas	: 1/3 in
Tebal tutup bawah	: 1/3 in
Power	: 3 hp
Jumlah	: 1 buah

29. FILTER UDARA (E - 163)

Fungsi	: Menghilangkan debu dan kotoran dari udara.
Type	: Dry Throwaway
Kapasitas	: 10099,7952 lb/jam
Ukuran	: 12 x 12 in
Jumlah	: 1 buah

31. BLOWER (G - 162)

Fungsi	: Menghembuskan udara ke Spray Dryer.
Type	: Centrifugal blower
Kapasitas	: 10099,7952 lb/jam
Power blower	: 108,0 hp
Power motor	: 0,7 hp
Jumlah	: 1 buah

32. CYCLONE (H - 164)

Fungsi	: Untuk memisahkan udara dengan debu produk yang keluar dari spray dryer.
Type	: Cyclone Separator
Kapasitas	: 10935,8304 lb/jam
Ukuran	: - Dc : 29,4350 in - De : 14,7175 in - Hc : 14,7175 in - Bc : 7,3588 in - Lc : 58,8700 in - Sc : 3,6794 in - Zc : 58,8700 in - Jc : 7,3588 in
Tebal shell	: 3/16 in
Tebal tutup atas	: 3/16 in
Tebal tutup bawah	: 3/16 in
Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA - 283 Grade C
Jumlah	: 1 buah

33. HEATER (E -161)

Fungsi	: Memanaskan udara dari 30 °C menjadi 142 °C
Type	: Shell & tube exchanger.
Diameter pipa luar	: 2 in
Diameter pipa dalam	: 1 1/4 in
Jumlah hairpin	: 3 buah
Panjang	: 508,1585 ft

34. COOLING CONVEYOR (J - 165)

Fungsi	: Untuk mengangkat produk menuju bucket elevator
Tipe	: Standart screw
Kapasitas	: 11363,64 kg / jam
Elevasi	: Horizontal
Panjang	: 16 ft
Diameter	: 6 in
Tebal jaket standart	: 2 in
Power	: 1,0 hp
Jumlah	: 1 buah

37. ELEVATOR (J - 166)

Fungsi	: Mengangkut bauksit ke tangki penampung
Type	: Centrifugal Discharge Bucket Elevator
Rate	: 11363,64 kg / jam
Tinggi	: 25 ft
ukuran bucket	: 10 x 6 x 61/4
Kecepatan bucket	: 57 fpm

Diameter shaft : - head = $1^{15}/_{16}$ in
 - tail = $1^{11}/_{16}$ in

Diameter pulleys : - head = 20 in
 - tall = 16 in
 - Belt width = 11 in

Efisiensi : 80%

Power : 6,00 hp

Jumlah : 1 buah

38. HOPPER ALUMINIUM SULFAT (F - 167)

Fungsi : Menampung produk tawas bubuk yang selanjutnya dilakukan proses pengepakan.

Type : Tangki silinder dengan tutup bawah berbentuk conical dengan posisi vertical.

Kondisi operasi : - Suhu : 30 °C
 - Tekanan : 1 atm
 - Waktu tinggal : 1 hari

Kapasitas : 7116,4761 ft³

Tangki : - Diameter : 17,16774 ft
 - Tinggi : 34,08547 ft
 - Tebal shell : 3/16 in
 - Tebal tutup atas : 3/16 in
 - Tebal tutup bawah : 3/16 in

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA - 283 Grade C

Jumlah : 1 buah

BAB VI

PERANCANGAN ALAT UTAMA

Evaporator (V-150)

- Nama alat : *Single Effect Evaporator*
- Fungsi : Untuk memekatkan larutan Aluminium sulfat sehingga konsentrasinya menjadi 50 %
- Type : *Short tube vertical* (calandria) dengan tutup atas berbentuk *standard dished* dan tutup bawah conical.
- Bahan : High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316.
- Perlengkapan : *Shell and tube exchanger*, dimana pada tube mengalir fluida yang akan dipekatkan, sedangkan pada bagian shell mengalir steam yang berfungsi sebagai pemanas.
- Dasar pemilihan : - Biaya rendah
- Koefisien perpindahan panas tinggi
- Prinsip kerja : Evaporator merupakan alat untuk memekatkan larutan yang terdiri dari silinder besar (*shell*) yang didalamnya terdapat pipa-pipa kecil (*tube*). Liquid masuk ke dalam tube evaporator dan kemudian disirkulasikan. Sedangkan steam yang digunakan sebagai pemanas berada di dalam shell sehingga terjadi kontak tidak langsung antara steam dan liquid. Sebagian liquid (H₂O) akan menguap dan sebagian

untuk keluar sebagai liquid dengan konsentrasi yang lebih pekat.

6.1. Kondisi Operasi

Jumlah larutan masuk (F)	:	17541,0638 kg/jam	
Suhu larutan masuk evaporator	:	59,1 °C	= 138,3 °F
Suhu larutan keluar evaporator	:	102,3 °C	= 216,1 °F
Suhu steam (T ₁)	:	130 °C	= 266 °F
Tekanan operasi (P)	:	1,0358 atm	= 15,2215 psia

6.2. Menentukan Luas Pemanasan

Dari neraca massa, didapatkan :

$$\text{Massa liquid diuapkan (V)} = 5856,6156 \text{ kg/jam}$$

Dari neraca panas didapatkan :

$$\text{Massa steam (S)} = 7521,1913 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} Q &= S \times \lambda_s = 7521,1913 \text{ kg/jam} \times 539,0599 \text{ kkal/kg} \\ &= \frac{4054372.6300 \text{ kkal/jam}}{0,252 \text{ kkal/Btu}} \\ &= 16088780,278 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_{LMTD} &= \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln [(T_1 - t_2)/(T_2 - t_1)]} \\ &= \frac{(266 \text{ °F} - 216,1 \text{ °F}) - (266 \text{ °F} - 138,3 \text{ °F})}{\ln [(266 \text{ °F} - 216,1 \text{ °F})/(266 \text{ °F} - 138,3 \text{ °F})]} \\ &= 82,8011 \text{ °F} \end{aligned}$$

Dari Kern, hlm 840, diketahui untuk medium anorganik ($\mu < 2,0$), maka $U_D = 200 - 700 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot \text{°F}$

Sehingga didapatkan :

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta T_{LMTD}} = \frac{16088780,278 \text{ Btu/jam}}{700 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 82,8011 \text{ } ^\circ\text{F}}$$

$$= 277,5808 \text{ ft}^2$$

(Memenuhi untuk *single effect evaporator type short tube*)

$$\text{Steam ekonomi} = \frac{V}{S} = \frac{58586,6156 \text{ kg/jam}}{7521,1913 \text{ kg/jam}} = 0,77868$$

6.3. Menentukan Dimensi Bagian Pemanas (Tube)

Dan table 10 hal 843 Kern, dirancang dimensi pemanas dengan menggunakan tube dengan ukuran 1 in 16 BWG 1 ¼ in pitch. susunan segitiga.

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

$$\text{DI} = 0,870 \text{ in} = 0,0725 \text{ ft}$$

$$a' = 0,594 \text{ in} = 0,0495 \text{ ft}$$

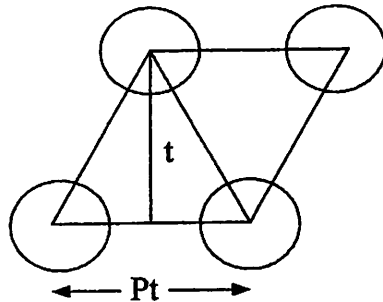
$$a'' = 0,3271 \text{ ft/ft}^2$$

$$\text{Panjang tube} = 5 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas per tube} &= \pi \cdot \text{ID} \cdot L \\ &= 3,14 \times 0,0725 \text{ ft} \times 5 \text{ ft} \\ &= 1,13825 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah tube} = \frac{A}{\text{Luas per tube}} = \frac{277,5808 \text{ ft}^2}{1,13825 \text{ ft}^2} = 243,866 \approx 244 \text{ buah}$$

Direncanakan susunan pipa berbentuk segitiga (*triangular pitch*).



Diasumsikan : $Pt = 1 \frac{1}{4} \text{ in} = 0,1041 \text{ ft}$

Diketahui : $Pt = OD + C$

Sehingga : $C = Pt - OD = 0,1041 \text{ ft} - 0,0833 \text{ ft}$
 $= 0,0208 \text{ ft}$

Luasan triangular pitch = $\frac{1}{2} \times \text{panjang alas} \times \frac{1}{2} Pt \sin 60^\circ$
 $= \frac{1}{2} \times 0,1041 \text{ ft} \times (\frac{1}{2} \times 0,1041 \text{ ft} \times \sin 60^\circ)$
 $= 0,002346 \text{ ft}^2$

Jumlah luasan triangular = $(n - 2) \times \text{luasan triangular}$

Dimana $n = \text{jumlah tube}$, maka :

Jumlah luasan triangular untuk penempatan tube = $(244 - 2) \times 0,002346 \text{ ft}^2$
 $= 0,520812 \text{ ft}^2$

Safety factor untuk penempatan tube = 10 % = $(1,1 \times 0,520812 \text{ ft}^2)$
 $= 0,5728 \text{ ft}^2$

6.4. Menentukan Dimensi Evaporator

Kapasitas larutan masuk = $17541,0638 \text{ kg/jam} \times 2,2046 \text{ lb/kg}$
 $= 38590,3403 \text{ lb/jam}$

Suhu bahan masuk = $59,1^\circ\text{C} = 138,3^\circ\text{F}$

Komposisi Larutan masuk

Komposisi	Berat (kg)	Xi	sg
Al ₂ (SO ₄) ₃	5828,1690	0,33226	2,710
BaS	10,2248	0,00058	4,250
SiO ₂	3,5077	0,00020	2,320
S	0,3227	0,00002	2,046
H ₂ O	11698,8397	0,66694	1,000
	17541,0638	1,00000	

$$\rho_{\text{Campuran}} = \frac{1}{\left[\frac{0,3322}{2,71} \right] + \left[\frac{0,00058}{4,25} \right] + \left[\frac{0,0002}{2,32} \right] + \left[\frac{0,00002}{2,046} \right] + \left[\frac{0,66694}{1} \right]} \times 62,43$$

$$= 79,0476 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Volume larutan} = \frac{m}{\rho} = \frac{38590,3403 \text{ lb/jam}}{79,0476 \text{ lb/ft}^3} = 488,191 \text{ ft}^3$$

a. menentukan Diameter Evaporator

Diasumsikan : ruang kosong di dalam silinder = 20 %

$$L_s = 1,5 \text{ di}$$

Sehingga :

$$\text{Volume total silinder} = (100/80) \times 488,191 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam} = 610,2387 \text{ ft}^3$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$= \left(\frac{\pi}{24} \times \frac{di^3}{\text{tg } \frac{1}{2}\alpha} \right) + \left(\frac{\pi}{4} \times di^2 \times L_s \right) + (0,0847 \times di^3)$$

$$= \left(\frac{\pi}{24} \times \frac{di^3}{\text{tg } 60^\circ} \right) + \left(\frac{\pi}{4} \times di^2 \times 1,5 \text{ di} \right) + (0,0847 \times di^3)$$

$$610,2387 \text{ ft}^3 = 0,0755 \text{ di}^3 + 1,1775 \text{ di}^3 + 0,0847 \text{ di}^3$$

$$di^3 = 456,1850 \text{ ft}^3$$

$$di = 7,6980 \text{ ft} = 92,2376 \text{ in}$$

$$V_L = V_1 + V_2$$

$$= \left(\frac{\pi}{24} \times \frac{di^3}{\text{tg } 60} \right) + \left(\frac{\pi}{4} \times di^2 \times L_{LS} \right)$$

$$488,191 \text{ ft}^3 = \left(\frac{\pi}{24} \times \frac{(7,698 \text{ ft})^3}{\text{tg } 60^\circ} \right) + \left(\frac{\pi}{4} \times (7,698 \text{ ft})^2 \times L_{LS} \right)$$

$$488,191 \text{ ft}^3 = 34,4503 \text{ ft}^3 + 46,5184 L_{LS}$$

$$L_{LS} = 9,75400 \text{ ft}$$

$$\text{Tekanan (P) hidrostatik} = 79,0476 \text{ lb/ft}^3 \times 9,754 \text{ ft}$$

$$= 771,0302 \text{ lb/ft}^2 \approx 5,3543 \text{ psia}$$

$$\text{Tekanan operasi (100,9241 } ^\circ\text{C)} = 1,0358 \text{ atm} = 15.2215 \text{ psia}$$

$$P \text{ design} = P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik}$$

$$= 15,2215 \text{ psia} + 5,3543 \text{ psia}$$

$$= 20,5758 \text{ psia}$$

$$C = 1/16 \text{ in}$$

Dari Brownel dan Young, App-D, hlm 342, diketahui untuk bahan SA 240 grade M

$$\text{maka harga } f = 18750 \text{ psi}$$

$$ts = \frac{pi \times di}{2 [(f \times E) - (0,6 \times pi)]} + C$$

$$= \frac{20,5758 \text{ psi} \times 92,2376 \text{ in}}{2 [(18750 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 20,5758 \text{ psi})]} + \frac{1}{16} \text{ in}$$

$$= 0,1258 \times 16/16 = \frac{2,0128}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 d_o &= d_i + 2 t_s = 92,2376 \text{ in} + (2 \times 3/16) \\
 &= 92,6126 \text{ in} \\
 &= 96 \text{ in (standarisasi } d_o \text{ ke atas)}
 \end{aligned}$$

Dari Brownel dan Young, tabel 5.7, hlm 89-90, untuk $d_o = 96 \text{ in}$, maka didapat :

$$\begin{aligned}
 - \text{ icr} &= 5\frac{7}{8} \text{ in} & - r &= 96 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari Brownel dan Young, tabel 5.6, hlm 88, untuk $C = 3/16$, maka $sf = 1\frac{1}{2} \text{ in}$.

$$\begin{aligned}
 \text{harga } d_i \text{ baru : } \quad d_i &= d_o - 2 t_s = 96 \text{ in} - (2 \times 3/16 \text{ in}) \\
 &= 95,625 \text{ in} = 7,9687 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned}
 L_s &= 1,5 \times d_i \\
 &= 1,5 \times 7,9687 \text{ ft} \\
 &= 11,953 \text{ ft} = 143,436 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\text{Didapat } \frac{L_s}{d_i} = \frac{11,953 \text{ ft}}{7,9687 \text{ ft}} = 1,5$$

$$V_L = V_1 + V_2$$

$$= \left(\frac{\pi}{24} \times \frac{d_i^3}{\text{tg } 60^\circ} \right) + \left(\frac{\pi}{4} \times d_i^2 \times L_{LS} \right)$$

$$488,191 \text{ ft}^3 = \left(\frac{\pi}{24} \times \frac{(7,9687 \text{ ft})^3}{\text{tg } 60^\circ} \right) + \left(\frac{\pi}{4} \times (7,9687 \text{ ft})^2 \times L_{LS} \right)$$

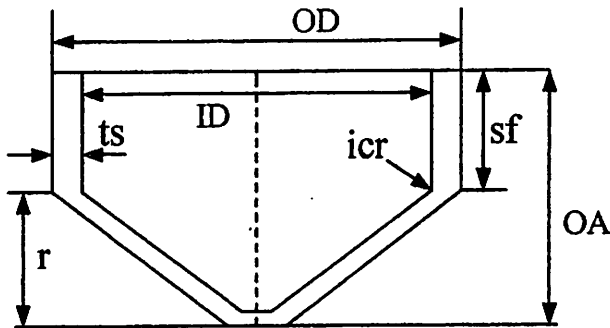
$$488,191 \text{ ft}^3 = 38,2139 \text{ ft}^3 + 49,8476 L_{LS}$$

$$L_{LS} \text{ baru} = 9,0270 \text{ ft} = 108,3246 \text{ in}$$

b. Menentukan Tinggi Ruang Uap

$$L_{RU} = 2 \times \text{tinggi tube} = 2 \times 5 \text{ ft} = 10 \text{ ft}$$

c. Menentukan Tinggi dan Tebal Tutup Bawah (conical) OD



$$thb = \frac{Pi \times de}{2[(f \times E) - (0,6 \times Pi)] \cos 60^0} + C$$

dimana $de = di$, sehingga :

$$\begin{aligned} thb &= \frac{20,5758 \text{ psi} \times 95,625 \text{ in}}{2[(18750 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 20,5758 \text{ psi})] \cos 60^0} + \frac{1}{16} \\ &= 0,1281 \times 16/16 \\ &= \frac{2,0496}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

$$Hb = \frac{0,5 \times de}{\text{tg } \frac{1}{2} \alpha} = \frac{0,5 \times 95,625 \text{ in}}{\text{tg } 60^0} = 27,6053 \text{ in} = 2,3 \text{ ft}$$

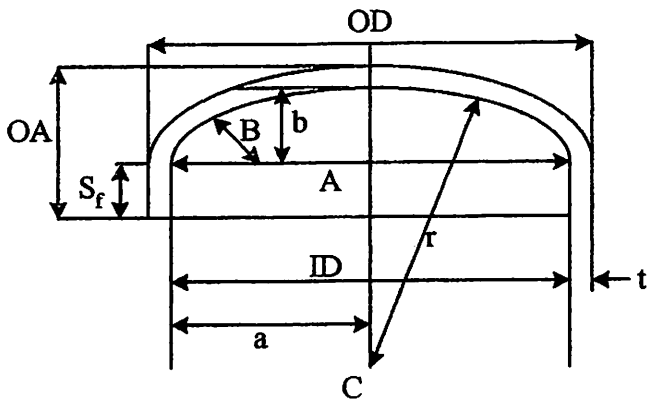
$$sf = 1\frac{1}{2} \text{ in}$$

d. Menentukan Tinggi dan Tebal Tutup atas (standard dished)

$$\begin{aligned} tha &= \frac{0,885 \times Pi \times r}{(f \times E) - (0,1 \times Pi)} + C \\ &= \frac{0,885 \times 20,5758 \text{ psi} \times 96 \text{ in}}{(18750 \text{ psi} \times 0,8) - (0,1 \times 20,5758 \text{ psi})} + \frac{1}{16} \end{aligned}$$

$$= 0,179 \times 16/16 = \frac{2,864}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Jadi tebal tutup atas 3/16 in



$$\begin{aligned} AB &= 1/2 (di) - 1cr \\ &= 1/2 \times 95,625 - 5 \frac{7}{8} = 44,875 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= r - 1cr \\ &= 96 - 5 \frac{7}{8} = 90,125 \text{ in} \end{aligned}$$

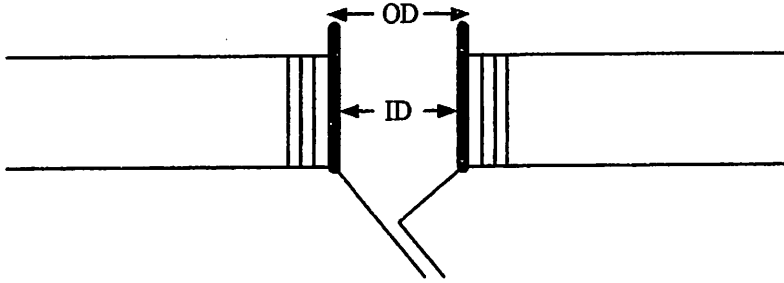
$$\begin{aligned} AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\ &= \sqrt{90,125^2 - 44,875^2} = 78,1584 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - AC = 96 - 78,1584 \\ &= 17,8416 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} OA &= tha + b - sf \\ &= 3/16 \text{ in} + 17,8416 \text{ in} - 1 \frac{1}{2} \text{ in} \\ &= 17,4567 \text{ in} \end{aligned}$$

Jadi Tinggi Tutup Atas (Standar dishead) adalah sebesar 17,4567 in = 1,4547 ft

e. Menentukan Down Take



Direncanakan pan masakan calandria dengan pipa down take di tengah .

Dari Hugot, hlm 664, diketahui : diameter down take = 0,25 diameter shell

$$D_{DT} = 0,25 D_{shell} = 0,25 \times 95,625 \text{ in}$$

$$= 23,9062 \text{ in}$$

$$\text{Diameter ruang kosong} = D_{shell} - D_{down\ take} - D_{tube}$$

$$= 95,625 \text{ in} - 23,9062 \text{ in} - 27,6053 \text{ in}$$

$$= 70,8488 \text{ in}$$

f. Menentukan Tinggi Total Evaporator

$$\text{Tinggi total evaporator} = L_s + O_A + H_b$$

$$= 143,436 \text{ in} + 17,4567 \text{ in} + 27,6053 \text{ in}$$

$$= 188,498 \text{ in} = 15,7081 \text{ ft}$$

6.5. Menentukan Dimensi Lubang

a. Lubang Steam Masuk

$$\text{Suhu steam masuk} = 130 \text{ }^{\circ}\text{C} = 266 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Massa steam masuk} = 7521,1913 \text{ kg/jam} \times 2,2046 \text{ lb/kg}$$

$$= 16546,6208 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Dari Kern, tabel 7, hlm 817 didapatkan : } S_v \text{ pada } 275 \text{ }^{\circ}\text{F} = 9,3255 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

$$\rho_{\text{ steam }} = \frac{1}{S_v} = \frac{1}{9,3255 \text{ ft}^3/\text{lb}} = 0,1072 \text{ lb/ft}^3$$

Dari Kern, fig. 15, hlm 825 didapatkan :

$$\mu_{\text{ steam }} = 0,0145 \text{ cp} = 9.0716 \cdot 10^{-6} \text{ lb/ft.dt}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan volumetrik (Q)} &= \frac{16546,6208 \text{ lb/jam}}{0,1072 \text{ lb/ft}^3} = 154352,8059 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 42,8757 \text{ ft}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Diasumsikan aliran turbulen. Dari Peter dan Timmerhause, fig. 14-2, hlm 496,

$$\begin{aligned} \text{di optimum} &= 3,9 \times (Q)^{0,45} \times (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 \times (42,8757)^{0,45} \times (0,1072)^{0,13} \\ &= 15,829 \text{ in} \approx 16 \text{ in} \end{aligned}$$

Standarisasi ukuran pipa dari Kern, tabel 11, hlm 844 didapat :

$$\text{Ukuran pipa nominal} = 16 \text{ in sch 30}$$

$$\text{OD} = 16 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 15,25 \text{ in} = 1,2708 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi}{4} \times \text{ID}^2 = \frac{\pi}{4} \times (1,2708 \text{ ft})^2 \\ &= 0,9975 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan linear (V)} &= \frac{Q}{A} = \frac{42,8757 \text{ ft}^3/\text{dt}}{0,9975 \text{ ft}^2} \\ &= 42,9831 \text{ ft/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{\text{Re}} &= \frac{D \times V \times \rho}{\mu} = \frac{1,2708 \text{ ft} \times 42,9381 \text{ ft/dt} \times 0,1072 \text{ lb/ft}^3}{9,0716 \cdot 10^{-6} \text{ lb/ft.dt}} \\ &= 644807,9721 \end{aligned}$$

$N_{\text{Re}} > 4000$, maka aliran turbulen benar

b. Lubang Feed Masuk

$$\text{Suhu feed masuk} = 59,1 \text{ } ^\circ\text{C} = 138,3 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah feed masuk} &= 17541,0638 \text{ kg/jam} \times 2,2046 \text{ lb/kg} \\ &= 38671,0292 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\rho \text{ campuran} = 79,0476 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ campuran} = 0,6697 \text{ cp} = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ lb/ft}\cdot\text{dt}$$

Dari Ulrich, tabel 4-7 hlm 91 diketahui range viskositas maksimum untuk evaporator *short tube* adalah $0,01 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 0,0067197 \text{ lb/ft}\cdot\text{dt}$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan volumetrik (Q)} &= \frac{38671,0292 \text{ lb/jam}}{79,0467 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 489,2175 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,1358 \text{ ft}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Diasumsikan aliran turbulen. Dari Peter dan Timmerhause, hlm 496 didapat :

$$\begin{aligned} \text{di optimum} &= 3,9 \times (Q)^{0,45} \times (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,1358)^{0,45} \times (79,0476)^{0,13} \\ &= 2.802802 \text{ in} \approx 3 \text{ in} \end{aligned}$$

Standarisasi ukuran pipa dari Kern, tabel 11, hlm 844 didapat :

$$\text{Ukuran pipa nominal} = 3 \text{ in sch 40}$$

$$\text{OD} = 3,5 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 3,068 \text{ in} = 0,2556 \text{ ft}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times \text{ID}^2 = \frac{\pi}{4} \times (0,2556 \text{ ft})^2 = 0,0512 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan linear (V)} = \frac{Q}{A} = \frac{0,1358 \text{ ft}^3/\text{dt}}{0,0512 \text{ ft}^2} = 2,6523 \text{ ft/dt}$$

$$N_{Re} = \frac{D \times V \times \rho}{\mu} = \frac{0,2556 \text{ ft} \times 2,6523 \text{ ft/dt} \times 79,0476 \text{ lb/ft}^3}{4,5 \cdot 10^{-4} \text{ lb/ft.dt}}$$

$$= 119085,7153$$

$N_{Re} > 4000$, maka aliran turbulen benar

c. Lubang Produk Keluar

$$\text{Suhu feed keluar} = 102,3 \text{ } ^\circ\text{C} = 216,1 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah feed keluar} &= 11684,4482 \text{ kg/jam} \times 2,2046 \text{ lb/kg} \\ &= 25759,5345 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\rho \text{ campuran} = 79,0476 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ campuran} = 0,6697 \text{ cp} = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ lb/ft.dt}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan volumetrik (Q)} &= \frac{25759,5345 \text{ lb/jam}}{79,0476 \text{ lb/ft}^3} = 325,8737 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,0905 \text{ ft}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Diasumsikan aliran turbulen. Dari Peter dan Timmerhause, hlm 496 didapat :

$$\begin{aligned} \text{di optimum} &= 3,9 \times (Q)^{0,45} \times (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,0905)^{0,45} \times (79,0476)^{0,13} \\ &= 2,3347 \text{ in} \approx 2 \text{ in} \end{aligned}$$

Standarisasi ukuran pipa dari Kern, tabel 11, hlm 844 didapat :

$$\text{Ukuran pipa nominal} = 2 \text{ in sch 40}$$

$$\text{OD} = 2,38 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 2,067 \text{ in} = 0,1722 \text{ ft}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times \text{ID}^2 = \frac{\pi}{4} \times (0,1722 \text{ ft})^2 = 0,0232 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan linear (V)} = \frac{Q}{A} = \frac{0,0905 \text{ ft}^3/\text{dt}}{0,0232 \text{ ft}^2} = 3,9008 \text{ ft/dt}$$

$$N_{Re} = \frac{D \times V \times \rho}{\mu} = \frac{0,1722 \text{ ft} \times 3,9008 \text{ ft/dt} \times 79,0476 \text{ lb/ft}^3}{4,5 \cdot 10^{-4} \text{ lb/ft}\cdot\text{dt}}$$

$$= 117994,8373$$

$N_{Re} > 4000$, maka aliran turbulen benar

d. Lubang Uap Keluar

$$\text{Suhu uap keluar} = 102,3 \text{ }^{\circ}\text{C} = 216,1 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah uap keluar} &= 5856,6156 \text{ kg/jam} \times 2,2046 \text{ lb/kg} \\ &= 12911,4947 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\rho \text{ uap} = 0,0129 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ uap} = 0,0115 \text{ cp} = 7,727 \cdot 10^{-6} \text{ lb/ft}\cdot\text{dt}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan volumetrik (Q)} &= \frac{12911,4947 \text{ lb/jam}}{0,0129 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 1000891,066 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 278,0252 \text{ ft}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Diasumsikan aliran turbulen. Dari Peter dan Timmerhause, hlm 496 didapat :

$$\begin{aligned} \text{di optimum} &= 3,9 \times (Q)^{0,45} \times (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 \times (278,0252)^{0,45} \times (0,0129)^{0,13} \\ &= 24,8772 \text{ in} \approx 24 \text{ in} \end{aligned}$$

Standarisasi ukuran pipa dari Kern, tabel 11, hlm 844 didapat :

$$\text{Ukuran pipa nominal} = 24 \text{ in sch 40}$$

$$\text{OD} = 24 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 23,25 \text{ in} = 1,9375 \text{ ft}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times \text{ID}^2 = \frac{\pi}{4} \times (1,9375 \text{ ft})^2 = 2,9468 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan linear (V)} = \frac{Q}{A} = \frac{278,0252 \text{ ft}^3/\text{dt}}{2,9468 \text{ ft}^2} = 94,3481 \text{ ft/dt}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{D \times V \times \rho}{\mu} = \frac{1,9375 \text{ ft} \times 94,3481 \text{ ft/dt} \times 0,0129 \text{ lb/ft}^3}{7,727 \cdot 10^{-6} \text{ lb/ft} \cdot \text{dt}} \\ &= 305178,3129 \end{aligned}$$

$N_{Re} > 4000$, maka aliran turbulen benar

e. Lubang Kondensat Keluar

$$\text{Suhu kondensat keluar} = 102,3 \text{ } ^\circ\text{C} = 216,1 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kondensat keluar} &= 5856,6156 \text{ kg/jam} \times 2,2046 \text{ lb/kg} \\ &= 12911,4947 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\rho \text{ kondensat} = 61,0128 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ kondensat} = 0,4506 \text{ cp} = 3,0282 \cdot 10^{-4} \text{ lb/ft} \cdot \text{dt}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan volumetrik (Q)} &= \frac{12911,4947 \text{ lb/jam}}{61,0128 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 211,61944 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,0587 \text{ ft}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Diasumsikan aliran turbulen. Dari Peter dan Timmerhause, hlm 496 didapat :

$$\begin{aligned} \text{di optimum} &= 3,9 \times (Q)^{0,45} \times (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,0587)^{0,45} \times (61,0128)^{0,13} \\ &= 1,85741 \text{ in} \approx 2 \text{ in} \end{aligned}$$

Standarisasi ukuran pipa dari Kern, tabel 11, hlm 844 didapat :

$$\text{Ukuran pipa nominal} = 2 \text{ in sch 40}$$

$$\text{OD} = 2,38 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 2,067 \text{ in} = 0,1722 \text{ ft}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times ID^2 = \frac{\pi}{4} \times (0,1722 \text{ ft})^2 = 0,0232 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan linear (V)} = \frac{Q}{A} = \frac{0,0587 \text{ ft}^3/\text{dt}}{0,0232 \text{ ft}^2} = 2,5301 \text{ ft/dt}$$

$$N_{Re} = \frac{D \times V \times \rho}{\mu} = \frac{0,1722 \text{ ft} \times 2,5301 \text{ ft/dt} \times 61,0128 \text{ lb/ft}^3}{3,0282 \cdot 10^{-4} \text{ lb/ft} \cdot \text{dt}}$$

$$= 87782,3564$$

$N_{Re} > 4000$, maka aliran turbulen benar

6.6. Menentukan Flange Untuk Pipa

Dari Brownell dan Young, fig. 12.2, hlm 221, ukuran flange pada lubang menggunakan standar 150 lb *steel weeding-neck flanges* (168) sehingga didapatkan :

Tabel 6.6.1. Dimensi Flange pada masing-masing Pipa

No.	Lubang	NPS	A	T	R	E	K	L	B
1.	Steam	16	23 1/2	1 7/16	18 1/2	18	16	5	15,25
2.	Feed	3	7 1/2	15/16	5	4 1/2	3,5	2 3/4	3,07
3.	Produk	2	6	3/4	3 5/8	3 1/16	2,38	2 1/2	2,07
4.	Uap	24	32	1 7/8	27 1/4	26 1/8	24	6	23,25
5.	Kondensat	2	6	3/4	3 5/8	3 1/16	2,38	2 1/2	2,07

Dimana :

A = Diameter luar flange (in)

T = Ketebalan minimum flange (in)

R = Diameter luar dari pembesaran permukaan (in)

E = Diameter hubungan pada dasar (in)

K = Diameter pada titik pengelasan (in)

L = Panjang hubungan (in)

B = Diameter dalam (in)

Tabel 6.6.2. Dimensi Diameter Flange

No.	Nozzle	NPS	Diameter Lubang	Diameter Baut	Sirkulasi Baut	Jumlah Baut
1.	Steam	16	1 ¹ / ₈	1	21 ¹ / ₄	16
2.	Feed	3	³ / ₄	⁵ / ₈	6	4
3.	Produk	2	³ / ₄	⁵ / ₈	4 ³ / ₄	4
4.	Uap	24	1 ³ / ₈	1 ¹ / ₄	29 ¹ / ₂	24
5.	Kondensat	2	³ / ₄	⁵ / ₈	4 ³ / ₄	4

6.7. Menentukan Dimensi *Hand Hole*

a. Dimensi *Hand Hole*

Dari Brownell dan Young, fig. 12.3, hlm 222, maka sebuah *hand hole* direncanakan dengan diameter 10 in. *Flange* untuk *hand hole* digunakan tipe standar 150 lb *forged slip on-flange* (168).

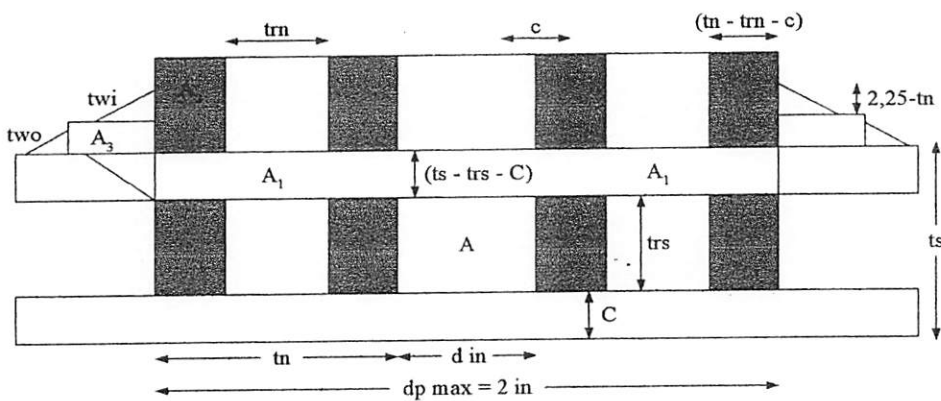
1. Ukuran nominal (NPS) = 10 in
2. Diameter luar *flange* (A) = 16 in
3. Ketebalan *flange* (T) = 1 ³/₁₆ in
4. Diameter luar pembesaran permukaan (R) = 12 ³/₄ in
5. Diameter pusat dari dasar (E) = 12 in
6. Panjang (L) = 1 ¹⁵/₁₆ in
7. Jumlah lubang baut = 12 buah
8. Diameter lubang = 1 in
9. Diameter baut = ⁷/₈ in
10. *Bolt circle* = 14 ¹/₄
11. Dalam (B) = 10,88

b. Tutup *Hand Hole*

Dari Brownell dan Young, fig. 12.6, hlm 222, dipilih standar 150 lb *blind flange* (168).

1. Ukuran nominal pipa (NPS) = 10 in
2. Diameter luar flange (A) = 16 in
3. Tebal *flange* minimum (T) = $1 \frac{3}{16}$ in
4. Diameter luar pembesaran permukaan = $12 \frac{3}{4}$ in
5. Diameter lubang baut = 1 in
6. Jumlah lubang baut = 12 buah
7. Diameter baut = $\frac{7}{8}$ in
8. *Bolt circle* = $14 \frac{1}{4}$

6.8. Menentukan perlu tidaknya Penguat pada Lubang



a. Lubang Steam Masuk

Diameter lubang = 16 in

Diameter dalam (ID) = 15,25 in = 1,2708 ft

Diameter luar (OD) = 16 in = 1,3333 ft

Diasumsikan :

$$\text{Tebal pengelasan luar (two)} = 7/16 \text{ in}$$

$$\text{Tebal pengelasan dalam (twi)} = 7/16 \text{ in}$$

$$t_p = 1/2 \text{ in}$$

Diketahui : - $t_{\min} = t$ terkecil antara t_s , t_n dan t_p

$$t_n = (DO - DI)_{\text{lubang}} = 16 \text{ in} - 15,25 \text{ in} = 0,75 \text{ in}$$

$$\text{two}_{\min} = 0,5 \times t_{\min} = 0,5 \times 3/16 \text{ in} = 0,0938 \text{ in}$$

$\text{two} > \text{two}_{\min}$, sehingga pengelasan memadai.

$$\text{twi}_{\min} = 0,5 \times t_{\min} = 0,5 \times 3/16 \text{ in} = 0,0938 \text{ in}$$

$\text{twi} > \text{twi}_{\min}$, sehingga pengelasan memadai.

Diameter penguat maksimum

$$d_p = 2 \times d_{\text{inmaks}} = 2 \times 15,25 \text{ in} = 30,5 \text{ in} = 2,5416 \text{ ft}$$

$$d_i \text{ tangki} = 92,6126 \text{ in} = 7,7177 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} t_{rs} &= \frac{P_i \times d_i}{2 [(f \times E) - (0,6 \times P_i)]} = \frac{20,5758 \text{ psi} \times 92,6126 \text{ in}}{2 [(18750 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 20,5758 \text{ psi})]} \\ &= 0,0635 \text{ in} \end{aligned}$$

$c_{\text{lubang}} = 0$, sehingga :

$$\begin{aligned} t_{rn} &= \frac{P_i \times d_{in}}{2 [(f \times E) - (0,6 \times P_i)]} = \frac{20,5758 \text{ psi} \times 15,25 \text{ in}}{2 [(18750 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 20,5758 \text{ psi})]} \\ &= 0,01046 \text{ in} \end{aligned}$$

$$A = t_{rs} \times d_{in} = 0,0635 \text{ in} \times 15,25 \text{ in} = 0,9683 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= d_{in} \times (t_s - t_{rs} - c) = 15,25 \text{ in} (3/16 \text{ in} - 0,0635 \text{ in} - 0) \\ &= 1,891 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= 2 \times [((2 \frac{1}{4} \times t_n) + t_p)(t_n - t_{rn} - c)] \\ &= 2 \times [((2 \frac{1}{4} \times 0,75 \text{ in}) + 1/2 \text{ in})(0,75 \text{ in} - 0,01046 \text{ in} - 0)] \end{aligned}$$

$$= 3,2354 \text{ in}$$

$$A_1 + A_2 = 1,891 \text{ in} + 3,2354 \text{ in}$$

$$= 5,1264 \text{ in} > 0,0,9683 \text{ in, (Jadi tidak diperlukan penguat)}$$

b. Lubang Feed masuk

$$\text{Diameter lubang} = 3 \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam (ID)} = 3,068 \text{ in} = 0,2556 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter luar (OD)} = 3,5 \text{ in} = 0,2916 \text{ ft}$$

Diasumsikan :

$$\text{Tebal pengelasan luar (two)} = 7/16 \text{ in}$$

$$\text{Tebal pengelasan dalam (twi)} = 7/16 \text{ in}$$

$$t_p = \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$t_s = \frac{3}{16} \text{ in}$$

Diketahui : - $t_{\min} = t$ terkecil antara t_s , t_n dan t_p

$$t_n = (DO - DI)_{\text{lubang}} = 3,5 \text{ in} - 3,068 \text{ in} = 0,432 \text{ in}$$

$$two_{\min} = 0,5 \times t_{\min} = 0,5 \times \frac{3}{16} \text{ in} = 0,0938 \text{ in}$$

$two > two_{\min}$, sehingga pengelasan memadai.

Diameter penguat maksimum

$$d_p = 2 \times d_{\text{inmaks}} = 2 \times 3,068 \text{ in} = 6,136 \text{ in}$$

$$d_i = 92,6126 \text{ in} = 7,7177 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} t_{rs} &= \frac{\pi \times d_i}{2 [(f \times E) - (0,6 \times \pi)]} = \frac{20,5758 \text{ psi} \times 92,6126 \text{ in}}{2 [(18750 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 20,5758 \text{ psi})]} \\ &= 0,0635 \text{ in} \end{aligned}$$

c lubang = 0, sehingga :

$$\begin{aligned} t_{rn} &= \frac{\text{Pi} \times \text{din}}{2 [(f \times E) - (0,6 \times \text{Pi})]} = \frac{20,5758 \text{ psi} \times 3,068 \text{ in}}{2 [(18750 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 20,5758 \text{ psi})]} \\ &= 0,002105 \text{ in} \end{aligned}$$

$$A = t_{rs} \times \text{din} = 0,0635 \text{ in} \times 3,068 \text{ in} = 0,1948 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= \text{din} \times (t_s - t_{rs} - c) = 3,068 \text{ in} (3/16 \text{ in} - 0,0635 \text{ in} - 0) \\ &= 0,3804 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= 2 \times [((2 \frac{1}{4} \times t_n) + t_p)(t_n - t_{rn} - c)] \\ &= 2 \times [((2 \frac{1}{4} \times 0,432 \text{ in}) + \frac{1}{2} \text{ in})(0,432 \text{ in} - 0,002105 \text{ in} - 0)] \\ &= 1,2653 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_1 + A_2 &= 0,3804 \text{ in} + 1,2653 \text{ in} \\ &= 1,6457 \text{ in} > 0,1984 \text{ in, (Jadi tidak diperlukan penguat)} \end{aligned}$$

c. Lubang Produk Keluar

$$\text{Diameter lubang} = 2 \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam (ID)} = 2,067 \text{ in} = 0,1722 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter luar (OD)} = 2,38 \text{ in} = 0,1983 \text{ ft}$$

Diasumsikan :

$$\text{Tebal pengelasan luar (two)} = 7/16 \text{ in}$$

$$\text{Tebal pengelasan dalam (twi)} = 7/16 \text{ in}$$

$$t_p = \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$t_s = 3/16 \text{ in}$$

Diketahui : - $t_{\min} = t$ terkecil antara t_s , t_n dan t_p

$$t_n = (\text{DO} - \text{DI})_{\text{lubang}} = 2,38 \text{ in} - 2,067 \text{ in} = 0,313 \text{ in}$$

$$two_{\min} = 0,5 \times t_{\min} = 0,5 \times 3/16 \text{ in} = 0,0938 \text{ in}$$

$t_{wo} > t_{wo \min}$, sehingga pengelasan memadai.

$$t_{wi \min} = 0,5 \times t_{\min} = 0,5 \times 3/16 \text{ in} = 0,0938 \text{ in}$$

$t_{wi} > t_{wi \min}$, sehingga pengelasan memadai.

Diameter penguat maksimum

$$d_p = 2 \times d_{\text{maks}} = 2 \times 2,067 \text{ in} = 4,134 \text{ in}$$

$$d_i = 92,6126 \text{ in} = 7,7177 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} t_{rs} &= \frac{\pi \times d_i}{2 [(f \times E) - (0,6 \times \pi)]} = \frac{20,5758 \text{ psi} \times 92,6126 \text{ in}}{2 [(18750 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 20,5758 \text{ psi})]} \\ &= 0,0635 \text{ in} \end{aligned}$$

$c_{\text{lubang}} = 0$, sehingga :

$$\begin{aligned} t_{rn} &= \frac{\pi \times d_{in}}{2 [(f \times E) - (0,6 \times \pi)]} = \frac{20,5758 \text{ psi} \times 2,067 \text{ in}}{2 [(18750 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 20,5758 \text{ psi})]} \\ &= 0,001418 \text{ in} \end{aligned}$$

$$A = t_{rs} \times d_{in} = 0,0635 \text{ in} \times 2,067 \text{ in} = 0,1312 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= d_{in} \times (t_s - t_{rs} - c) = 2,067 \text{ in} (3/16 \text{ in} - 0,0635 \text{ in} - 0) \\ &= 0,2563 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= 2 \times [((2 \frac{1}{4} \times t_n) + t_p)(t_n - t_{rn} - c)] \\ &= 2 \times [((2 \frac{1}{4} \times 0,313 \text{ in}) + \frac{1}{2} \text{ in})(0,313 \text{ in} - 0,001418 \text{ in} - 0)] \\ &= 0,7502 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_1 + A_2 &= 0,2563 \text{ in} + 0,7502 \text{ in} \\ &= 1,0065 \text{ in} > 0,1312 \text{ in}, \text{ (Jadi tidak diperlukan penguat)} \end{aligned}$$

d. Lubang Uap Keluar

$$\text{Diameter lubang} = 24 \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam (ID)} = 23,25 \text{ in} = 1.9375 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter luar (OD)} = 24 \text{ in} = 2 \text{ ft}$$

Diasumsikan :

$$\text{Tebal pengelasan luar (two)} = 7/16 \text{ in}$$

$$\text{Tebal pengelasan dalam (twi)} = 7/16 \text{ in}$$

$$t_p = \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$t_s = 3/16 \text{ in}$$

Diketahui : - $t_{\min} = t$ terkecil antara t_s , t_n dan t_p

$$t_n = (DO - DI)_{\text{lubang}} = 24 \text{ in} - 23,25 \text{ in} = 0,75 \text{ in}$$

$$\text{two}_{\min} = 0,5 \times t_{\min} = 0,5 \times 3/16 \text{ in} = 0,0938 \text{ in}$$

$\text{two} > \text{two}_{\min}$, sehingga pengelasan memadai.

$$\text{twi}_{\min} = 0,5 \times t_{\min} = 0,5 \times 3/16 \text{ in} = 0,0938 \text{ in}$$

$\text{twi} > \text{twi}_{\min}$, sehingga pengelasan memadai.

Diameter penguat maksimum

$$d_p = 2 \times d_{\text{inmaks}} = 2 \times 23,25 \text{ in} = 46,5 \text{ in}$$

$$d_i = 92,6126 \text{ in} = 7,7177 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} t_{rs} &= \frac{\pi \times d_i}{2 [(f \times E) - (0,6 \times \pi)]} = \frac{20,5758 \text{ psi} \times 92,6126 \text{ in}}{2 [(18750 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 20,5758 \text{ psi})]} \\ &= 0,0635 \text{ in} \end{aligned}$$

$c_{\text{lubang}} = 0$, sehingga :

$$t_{rn} = \frac{\pi \times d_{in}}{2 [(f \times E) - (0,6 \times \pi)]} = \frac{20,5758 \text{ psi} \times 23,25 \text{ in}}{2 [(18750 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 20,5758 \text{ psi})]}$$

$$= 0,01595 \text{ in}$$

$$A = trs \times din = 0,0635 \text{ in} \times 23,25 \text{ in} = 1,4763 \text{ in}$$

$$A_1 = din \times (ts - trs - c) = 23,25 \text{ in} (3/16 \text{ in} - 0,0635 \text{ in} - 0) \\ = 2,883 \text{ in}$$

$$A_2 = 2 \times [((2 \frac{1}{4} \times tn) + tp)(tn - trn - c)] \\ = 2 \times [((2 \frac{1}{4} \times 0,75 \text{ in}) + \frac{1}{2} \text{ in})(0,75 \text{ in} - 0,01595 \text{ in} - 0)] \\ = 5,96 \text{ in}$$

$$A_1 + A_2 = 2,883 \text{ in} + 5,96 \text{ in} \\ = 8,843 \text{ in} > 1,4763 \text{ in, (Jadi tidak diperlukan penguat)}$$

e. Lubang Kondensat Keluar

$$\text{Diameter lubang} = 2 \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam (ID)} = 2,067 \text{ in} = 0,1722 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter luar (OD)} = 2,38 \text{ in} = 0,1983 \text{ ft}$$

Diasumsikan :

$$\text{Tebal pengelasan luar (two)} = 7/16 \text{ in}$$

$$\text{Tebal pengelasan dalam (twi)} = 7/16 \text{ in}$$

$$tp = \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$ts = 3/16 \text{ in}$$

Diketahui : - $t_{\min} = t$ terkecil antara ts , tn dan tp

$$tn = (DO - DI)_{\text{lubang}} = 2,38 \text{ in} - 2,067 \text{ in} = 0,313 \text{ in}$$

$$two_{\min} = 0,5 \times t_{\min} = 0,5 \times 3/16 \text{ in} = 0,0938 \text{ in}$$

$two > two_{\min}$, sehingga pengelasan memadai.

$$twi_{\min} = 0,5 \times t_{\min} = 0,5 \times 3/16 \text{ in} = 0,0938 \text{ in}$$

$t_{wi} > t_{wi \text{ min}}$, sehingga pengelasan memadai.

Diameter penguat maksimum

$$d_p = 2 \times d_{in_{maks}} = 2 \times 2,067 \text{ in} = 4,134 \text{ in}$$

$$d_i = 92,6126 \text{ in} = 7,7177 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} t_{rs} &= \frac{\pi \times d_i}{2 [(f \times E) - (0,6 \times \pi)]} = \frac{20,5758 \text{ psi} \times 92,6126 \text{ in}}{2 [(18750 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 20,5758 \text{ psi})]} \\ &= 0,0635 \text{ in} \end{aligned}$$

$c \text{ lubang} = 0$, sehingga :

$$\begin{aligned} t_{rn} &= \frac{\pi \times d_{in}}{2 [(f \times E) - (0,6 \times \pi)]} = \frac{20,5758 \text{ psi} \times 2,067 \text{ in}}{2 [(18750 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 20,5758 \text{ psi})]} \\ &= 0,001418 \text{ in} \end{aligned}$$

$$A = t_{rs} \times d_{in} = 0,0635 \text{ in} \times 2,067 \text{ in} = 0,1312 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= d_{in} \times (t_s - t_{rs} - c) = 2,067 \text{ in} (3/16 \text{ in} - 0,0635 \text{ in} - 0) \\ &= 0,2563 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= 2 \times [((2 \frac{1}{4} \times t_n) + t_p)(t_n - t_{rn} - c)] \\ &= 2 \times [((2 \frac{1}{4} \times 0,313 \text{ in}) + \frac{1}{2} \text{ in})(0,313 \text{ in} - 0,001418 \text{ in} - 0)] \\ &= 0,7502 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_1 + A_2 &= 0,2563 \text{ in} + 0,7502 \text{ in} \\ &= 1,0065 \text{ in} > 0,1312 \text{ in, (Jadi tidak diperlukan penguat)} \end{aligned}$$

f. *Hand Hole*

$$\text{Diameter lubang} = 10 \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam } \textit{hand hole} = 9,25 \text{ in}$$

$$\text{Diameter luar } \textit{hand hole} = 10 \text{ in}$$

Diasumsikan :

$$\text{Tebal pengelasan luar (two)} = 7/16 \text{ in}$$

$$\text{Tebal pengelasan dalam (twi)} = 7/16 \text{ in}$$

$$t_p = \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$t_s = 3/16 \text{ in}$$

Diketahui : - $t_{\min} = t$ terkecil antara t_s , t_n dan t_p

$$t_n = (DO - DI)_{\text{lubang}} = 10 \text{ in} - 9,25 \text{ in} = 0,75 \text{ in}$$

$$\text{two}_{\min} = 0,5 \times t_{\min} = 0,5 \times 3/16 \text{ in} = 0,0938 \text{ in}$$

$\text{two} > \text{two}_{\min}$, sehingga pengelasan memadai

$$\text{twi}_{\min} = 0,5 \times t_{\min} = 0,5 \times 3/16 \text{ in} = 0,0938 \text{ in}$$

$\text{twi} > \text{twi}_{\min}$, sehingga pengelasan memadai.

Diameter penguat maksimum

$$d_p = 2 \times d_{\text{inmaks}} = 2 \times 9,25 \text{ in} = 18,5 \text{ in}$$

$$d_i = 95,625 \text{ in} = 7,9688 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} t_{rs} &= \frac{\pi \times d_i}{2 [(f \times E) - (0,6 \times \pi)]} = \frac{20,5758 \text{ psi} \times 95,625 \text{ in}}{2 [(18750 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 20,5758 \text{ psi})]} \\ &= 0,0635 \text{ in} \end{aligned}$$

$c_{\text{lubang}} = 0$, sehingga :

$$\begin{aligned} t_{rn} &= \frac{\pi \times d_{in}}{2 [(f \times E) - (0,6 \times \pi)]} = \frac{17,794892 \text{ psi} \times 9,25 \text{ in}}{2 [(18750 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 17,794892 \text{ psi})]} \\ &= 0,0055 \text{ in} \end{aligned}$$

$$A = t_{rs} \times d_{in} = 0,0635 \text{ in} \times 9,25 \text{ in} = 0,5873 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= d_{in} \times (t_s - t_{rs} - c) = 9,25 \text{ in} (3/16 \text{ in} - 0,0635 \text{ in} - 0) \\ &= 1,147 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_2 &= 2 \times [(2 \frac{1}{4} \times t_n) + t_p](t_n - t_{rn} - c) \\
 &= 2 \times [(2 \frac{1}{4} \times 0,75 \text{ in}) + \frac{1}{2} \text{ in}](0,75 \text{ in} - 0,0055 \text{ in} - 0) \\
 &= 3,2572 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_1 + A_2 &= 1,147 \text{ in} + 3,2572 \text{ in} \\
 &= 4,4042 \text{ in} > 0,3276 \text{ in, (Jadi tidak diperlukan penguat)}
 \end{aligned}$$

6.9. Menentukan Dimensi Gasket, *Bolting* dan *Flange* pada Tangki

Diameter luar (OD) evaporator = 96 in

Diameter dalam (ID) evaporator = 95,625 in

$t_s = 3/16$ in

Pemilihan :

a. Gasket pada tangki (Brownell dan Young, hlm 228)

Bahan : Asbestos

Tebal : 1/16 in

Faktor gasket (m) : 2,75

Design stress seating minimal (y) : 3700 psi

b. *Bolting* pada tangki (Brownell dan Young, hlm 340)

Bahan : SB 160

Stress : 15.000 psi

c. *Flange* pada tangki

Bahan : *Carbon steel* SA – Grade M tipe 316

Stress : 18.750 psi

6.9.1. Menentukan Gasket pada Tangki

a. Menentukan Lebar Gasket

Dari Brownell dan Young, hlm 226 diketahui bahwa :

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{y - (P \times m)}{y - P(m + 1)}}$$

dimana :

d_o = diameter luar gasket

d_i = diameter dalam gasket

P = 20,5758 psi

y = 3700 psi

m (faktor gasket) = 2,75

$$\text{sehingga : } \frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{3700 \text{ psi} - (20,5758 \text{ psi} \times 2,75)}{3700 \text{ psi} - 20,5758 \text{ psi}(2,75 + 1)}} = 1,0028$$

Diasumsikan diameter dalam (d_i) gasket = 95,625 in

Sehingga : $d_o = 1,0028 \times 95,625 \text{ in} = 95,8927 \text{ in}$

Dari Brownell dan Young, hlm 242 didapatkan :

$$\begin{aligned} \text{Lebar minimum gasket} &= \frac{1}{2} (d_o - d_i) = \frac{1}{2} (95,8927 \text{ in} - 95,625 \text{ in}) \\ &= 0,1338 \text{ in} \times 16/16 \\ &= \frac{2,1416}{16} \text{ in} \approx 3/16 \text{ in} \end{aligned}$$

b. Menentukan Beban Gasket

Dari Brownell dan Young, hlm 240 diketahui bahwa :

$$W_{m2} = H_y = \pi \cdot b \cdot G \cdot y$$

Dimana :

B = lebar efektif gasket

Y = yield = 3700 psi

G = diameter pada tempat terjadinya beban gasket

n = tebal gasket = 1/16 in (asumsi)

$$G = d \text{ rata-rata gasket} = d_i + \text{tebal gasket} = 95,625 \text{ in} + 1/16 \text{ in}$$

$$= 95,6875 \text{ in}$$

Dari Brownell dan Young, fig. 12.12 hlm 229, diketahui bahwa $b_o \leq \frac{1}{4} \text{ in}$ apabila

$b_o = b$, sehingga :

$$b_o = \frac{n}{2} = \frac{1/16 \text{ in}}{2} = 0,03125 \text{ in} = b$$

didapatkan :

$$W_{m2} = \pi \times 0,03125 \times 95,6875 \text{ in} \times 3700 = 34740,542 \text{ in}$$

Dari Brownell dan Young, hlm 240 diketahui bahwa beban untuk menjaga sambungan adalah :

$$H_p = 2b\pi \times G \times p \times m$$

$$= (2 \times 0,03125 \text{ in} \times \pi) \times 95,6875 \text{ in} \times 20,5758 \text{ psi} \times 2,75$$

$$= 1062,562 \text{ lb}$$

Beban karena tekanan dalam :

$$H = \pi/4 \times G^2 \times P = \pi/4 \times (95,6875 \text{ in})^2 \times 20,5758 \text{ in}$$

$$= 147889,3168 \text{ lb}$$

Jadi beban berat pada kondisi operasi didapatkan :

$$W_{m1} = H + H_p = 147889,3168 \text{ lb} + 1062,562 \text{ lb}$$

$$= 148951,8788 \text{ lb}$$

Dari perhitungan diketahui bahwa $W_{m1} > W_{m2}$, sehingga beban yang mengontrol dalam proses adalah W_{m1} .

6.9.2. Menentukan Baut Tangki

Dari Brownell dan Young, hlm 240, diketahui bahwa luas minimum baut area (A_m) adalah :

$$A_m = \frac{W_{m1}}{fb} = \frac{148951,8788 \text{ lb}}{15000} = 9,9301 \text{ in}^2$$

Dari Brownell dan Young, hlm 188, maka :

Dicoba ukuran baut = 1 in

Root Area = 0,551 in²

Jumlah baut minimum (N) :

$$N = \frac{A_m}{\text{Root Area}} = \frac{9,9301 \text{ in}^2}{0,551 \text{ in}^2} = 18,022 \approx 18 \text{ buah}$$

Sehingga dari Brownell dan Young, hlm 188 diperoleh :

- Ukuran nominal baut = 1 in
- *Root area* = 0,551 in²
- *Bolt spacing* (Bc) = 2 ¼ in
- Jarak radial minimum (R) = 1 3/8 in
- Jarak dari tepi (E) = 1 1/16 in
- *Nut dimension* = 1 5/8 in
- *Radius fillet* maks (r) = 7/16 in

Pengecekan lebar gasket :

$$\begin{aligned} A_b \text{ aktual} &= \text{jumlah baut} \times \text{root area} \\ &= 18 \times 0,551 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$= 9,9180 \text{ in}^2$$

Dari Brownell dan Young, hlm 243 didapat lebar gasket minimum (W) :

$$\begin{aligned} W &= \frac{A_b \text{ aktual} \times f \text{ allowable}}{2 \times Y \times G \times \pi} = \frac{9,9180 \text{ in}^2 \times 15000}{2 \times 3700 \times 95,6875 \times \pi} \\ &= 0,0669 \text{ in} \end{aligned}$$

Karena $W = 0,0669 \text{ in} <$ dari lebar gasket yang ditentukan $= 1 \frac{1}{16} \text{ in}$, maka lebar gasket memadai.

6.9.2. Menentukan *Flange* Tangki

a. Menentukan Diameter Luar *Flange* (A)

Dari Brownell dan Young, hlm 243 didapat :

$$A = \text{bolt circle diameter} + 2E = C + 2E$$

$$C = 2(1,45 g_o + R) + \text{di gasket}$$

Dimana $g_o > 5/8 \text{ in}$, maka diambil harga $g_o = 0,8 \text{ in}$

Sehingga :

$$C = [2((1,45 \times 0,8 \text{ in}) + 1 \frac{3}{8} \text{ in})] + 95,625 \text{ in} = 98,695 \text{ in}$$

$$A = \text{OD} = 98,695 \text{ in} + (2 \times 1 \frac{1}{16} \text{ in}) = 100,82 \text{ in}$$

b. Menentukan Momen

Untuk keadaan *bolting up* (tanpa tekanan dalam), maka :

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{2} (A_m + A_b) \times f_{all} = \frac{1}{2} (9,9301 \text{ in}^2 + 9,9180 \text{ in}^2) \times 15000 \\ &= 148860,75 \text{ lb} \end{aligned}$$

Dari Brownell dan Young, hlm 243, maka diketahui jarak radial dari beban gasket yang bereaksi terhadap *bolt circle* (h_G) adalah :

$$h_G = \frac{1}{2} (C - G) = \frac{1}{2} (98,695 \text{ in} - 95,6875 \text{ in}) = 1,50375 \text{ in}$$

Momen *flange* (M_a):

$$M_a = h_G \times W = 1,50375 \text{ in} \times 148860,75 \text{ lb} = 223849,3528 \text{ lb in}$$

Untuk kondisi operasi :

$$\begin{aligned} W = W_{ml} &= H + H_p = 147889,3168 \text{ lb} + 1062,562 \text{ lb} \\ &= 148951,8788 \text{ lb} \end{aligned}$$

Tekanan hidrostatik pada daerah *flange* (H_D):

$$\begin{aligned} H_D &= 0,785 B^2 \times P \quad \text{dimana: } B = \text{OD shell} = 96 \text{ in} \\ &P = 20,5758 \text{ psi} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} H_D &= 0,785 B^2 \times P = 0,785 \times (96 \text{ in})^2 \times 20,5758 \text{ psi} \\ &= 148856,8596 \text{ lb} \end{aligned}$$

Dari Brownell dan Young, hlm 243, diketahui jarak jari-jari dari *bolt circle* pada H_D adalah :

$$h_D = \frac{1}{2} (C - B) = \frac{1}{2} (98,695 \text{ in} - 96 \text{ in}) = 1,3475 \text{ in}$$

Momen komponen M_D :

$$\begin{aligned} M_D &= H_D \times h_D = 148856,8596 \text{ lb} \times 1,3475 \text{ in} \\ &= 200584,6183 \text{ lb in} \end{aligned}$$

Perbedaan antar beban baut *flange* dengan gaya hidrostatik total :

$$\begin{aligned} H_G &= W - H = W_{ml} - H = 148951,8788 \text{ lb} - 147889,3168 \text{ lb} \\ &= 1062,562 \text{ lb} \end{aligned}$$

Komponen momen ke M_G :

$$M_G = H_G \times h_G = 1062,562 \text{ lb} \times 1,50375 \text{ in} = 1597,8276 \text{ lb in}$$

Perbedaan antara gaya hidrostatis total dengan gaya hidrostatis dalam area *flange* adalah :

$$\begin{aligned} H_T &= H - H_D = 148856,8596 \text{ lb} - 47889,3168 \text{ lb} \\ &= 967,5428 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_T &= \frac{1}{2} (h_D + h_G) = \frac{1}{2} (1,3475 \text{ in} + 1,50375 \text{ in}) \\ &= 1,425625 \text{ in} \end{aligned}$$

Komponen momen (M_T) :

$$\begin{aligned} M_T &= H_T \times h_T = 967,5428 \text{ lb} \times 1,425625 \text{ in} \\ &= 1379,3532 \text{ lb in} \end{aligned}$$

Total momen pada kondisi operasi :

$$\begin{aligned} M_O &= M_D + M_G + M_T \\ &= 200584,6183 \text{ lb in} + 1597,8276 \text{ lb in} + 1379,3532 \text{ lb in} \\ &= 203561,7991 \text{ lb in} \end{aligned}$$

c. Menentukan Tebal *Flange*

Dari Brownell dan Young, hlm 244 :
$$t = \sqrt{\frac{y \times M_{maks}}{f \times B}}$$

Dimana : $M_{maks} = M_O$

$f = \text{stress} = 18750 \text{ psi}$

$B = \text{OD evaporator} = 96 \text{ in}$

$$\begin{aligned} K &= \frac{A}{B} = \frac{\text{OD flange}}{\text{OD evaporator}} = \frac{100,82 \text{ in}}{96 \text{ in}} \\ &= 1,0502 \end{aligned}$$

Dari Brownell dan Young, fig. 12.12, hlm 238, didapatkan $y = 2,5$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } t &= \sqrt{\frac{2,5 \times 203561,7991 \text{ lb in}}{18750 \text{ psi} \times 96 \text{ in}}} \\ &= 0,5317 \text{ in} \end{aligned}$$

Jadi dipakai tebal flange = 1 in

Kesimpulan dimensi :

a. Gasket pada tangki

Bahan : Asbestos
 Tebal : 1/16 in
 Lebar : 3/16 in

b. *Bolting* pada tangki

Bahan : SB 160
 Ukuran : 1 in
 Jumlah : 18 buah
Bolt spacing : 2 ¼ in
 Jarak radial minimum : 1 3/8 in
 Jarak dari tepi : 1 1/16 in
 Stress : 15000 psi

c. *Flange* pada tangki

Bahan : Carbon steel SA – Grade M tipe 316
 Stress : 18750 psi
 Tebal : 1 in
 OD : 100,82 in

6.10. Menentukan Dimensi Penyangga

a. Berat Bejana Kosong

$$\text{OD} = 96 \text{ in} = 8 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 95,625 \text{ in} = 7,9688 \text{ ft}$$

$$t_s = 3/16 \text{ in} = 0,0156 \text{ ft}$$

Dari Perry, edisi 6, tabel 3-118 didapatkan densitas bejana (ρ) = 489 lb/ft³

$$\text{Tinggi silinder} = L_s = 11,953 \text{ ft} = 143,436 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} W_s &= (\pi/4) \times (d_o^2 - d_i^2) \times \rho \times H \\ &= (\pi/4) \times [(8 \text{ ft})^2 - (7,9688 \text{ ft})^2] \times 489 \text{ lb/ft}^3 \times 11,953 \text{ ft} \\ &= \frac{2286,0321 \text{ lb}}{2,2046 \text{ lb/kg}} = 1036,9373 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Berat Tutup Bejana

Tutup bawah *conical* :

$$V = \frac{\pi (d_o^3 - d_i^3)}{24 \times \text{tg } \frac{1}{2}\alpha} = \frac{\pi [(8 \text{ ft})^3 - (7,9688 \text{ ft})^3]}{24 \times \text{tg } 60^\circ} = 0,1435 \text{ ft}^3$$

$$\begin{aligned} W_{Tb} &= V \times \rho = 0,1435 \text{ ft}^3 \times 489 \text{ lb/ft}^3 = \frac{70,1715 \text{ lb}}{2,2046 \text{ lb/kg}} \\ &= 31,8295 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tutup atas *standar dished* :

$$\begin{aligned} V &= 0,000049 (d_o^3 - d_i^3) = 0,000049 [(8 \text{ ft})^3 - (7,9688 \text{ ft})^3] \\ &= 2,9238 \cdot 10^{-4} \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{Ta} &= V \times \rho = 2,9238 \cdot 10^{-4} \text{ ft}^3 \times 489 \text{ lb/ft}^3 = \frac{0,1429 \text{ lb}}{2,2046 \text{ lb/kg}} \\ &= 0,0648 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$W_{\text{tutup}} = W_{Tb} + W_{Ta} = 31,8295 \text{ kg} + 0,0648 \text{ kg}$$

$$= 31,8943 \text{ kg}$$

c. Berat Larutan Evaporator

$$W_L = 17541,0638 \text{ kg (App. A, Evaporator)}$$

d. Berat Tube (Wt)

$$\text{Diameter luar} = 1 \text{ in} = 0,0833 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter dalam} = 0,870 \text{ in} = 0,0725 \text{ ft}$$

$$\rho_{\text{tube}} = 489 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} W_t &= (\pi/4) \times (d_o^2 - d_i^2) \times \rho \times N_t \times L \\ &= (\pi/4) \times [(0,0833 \text{ ft})^2 - (0,0725 \text{ ft})^2] \times 489 \text{ lb/ft}^3 \times 244 \times 5 \text{ ft} \\ &= \frac{787,9639 \text{ lb}}{2,2046 \text{ lb/kg}} \\ &= 357,4181 \text{ kg} \end{aligned}$$

e. Berat Steam

$$W_{st} = 7521,1913 \text{ kg (App. B, Evaporator)}$$

f. Berat isolasi

$$\text{Dipilih isolasi} = \textit{Asbestos Fibber Standart}$$

$$\text{Dari Kern, hlm 795 didapat harga : } \rho_{\text{asbestos}} = 29,3 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Diasumsikan tebal isolasi} = 2 \text{ in, sehingga :}$$

$$\begin{aligned} \text{OD isolasi} &= D_{\text{shell}} + \text{tebal isolasi} = 96 \text{ in} + 2 \text{ in} \\ &= 98 \text{ in} = 8,166667 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$H_{\text{total}} = 15,7081 \text{ ft} = 188,4972 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} W_I &= (\pi/4) \times [(d_{\text{isolasi}})^2 - (d_{\text{shell}})^2] \times \rho \times H \\ &= (\pi/4) \times [(8,166667 \text{ ft})^2 - (8 \text{ ft})^2] \times 29,3 \text{ lb/ft}^3 \times 15,7081 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{973,6837 \text{ lb}}{2,2046 \text{ lb/kg}} \\
 &= 441,6600 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

g. Berat Perlengkapan Lain di Shell

Diambil 18 % berat shell, sehingga :

$$\begin{aligned}
 W_p &= 18 \% \times W_s = 18 \% \times 441,6600 \text{ kg} \\
 &= 79,4988 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka didapat :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total} &= W_s + W_{\text{tutup}} + W_L + W_t + W_{st} + W_i + W_p \\
 &= 1036,9373 \text{ kg} + 31,8943 \text{ kg} + 17541,0638 \text{ kg} + 357,4181 \text{ kg} + \\
 &\quad 7521,1913 \text{ kg} + 441,6600 \text{ kg} + 79,4988 \text{ kg} \\
 &= 27009,6636 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk faktor pengamananan dipakai *safety* 10 % lebih besar, maka berat total menjadi :

$$W_{\text{total}} = 1,1 \times 27009,6636 \text{ kg} = 29710,6299 \text{ kg}$$

h. Perancangan *Leg Support*

Untuk penahan dipilih jenis *I-Beam* dengan jumlah 4 buah

$$\begin{aligned}
 \text{Beban tiap kolom (P)} &= \frac{\text{Berat total}}{4} = \frac{29710,6299 \text{ kg}}{4} \\
 &= 7427,6575 \text{ kg} \times 2,2046 \text{ lb/kg} \\
 &= 16375,0137 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Evaporator dianggap terletak di dalam ruangan, sehingga tekanan angin tidak dikontrol (tanpa beban eksentrik).

Untuk *I-Beam* dicoba dengan ukuran (8 x 4), sehingga dari Brownell dan Young, hlm 354 didapat :

$$\begin{array}{ll}
 \text{Berat} & = 18,4 \text{ lb} & b & = 4 \text{ in} \\
 \text{Luas (Ay)} & = 5,34 \text{ in}^2 & R_{2-2} & = 0,84 \text{ in} \\
 H & = 8 \text{ in} & I_{2-2} & = 3,8 \text{ in}^4
 \end{array}$$

Jarak dari *base plate* ke dasar kolom = $L = 10 \text{ ft}$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi leg (l)} &= (0,5 \times H) + (0,5 \times L) = (0,5 \times 11,953 \text{ ft}) + (0,5 \times 8 \text{ ft}) \\
 &= 9,9765 \text{ ft} \times 12 \text{ in/ft} \\
 &= 119,718 \text{ in}
 \end{aligned}$$

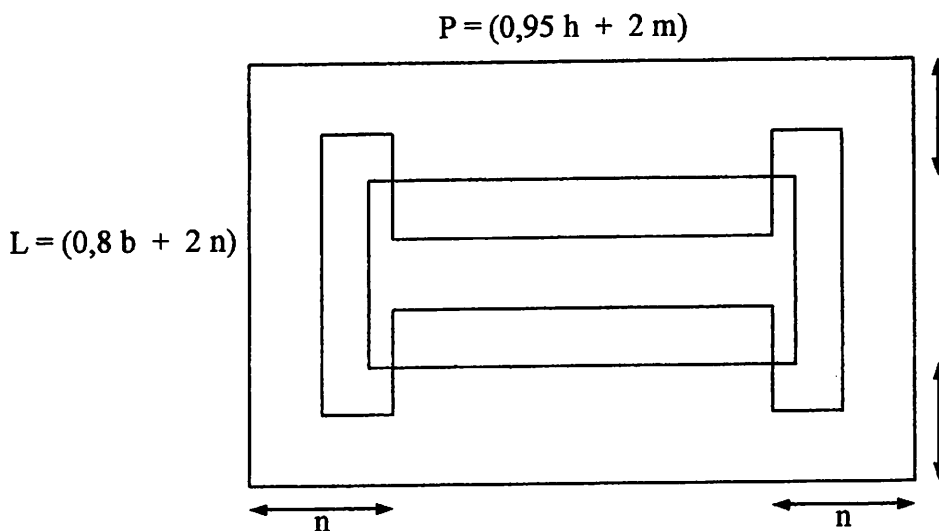
$$\text{sehingga didapat : } \frac{l}{r} = \frac{119,718 \text{ in}}{1,56 \text{ in}} = 76,7423$$

$$\text{fc aman} = \frac{18000}{1 + \frac{\left(\frac{l}{r}\right)^2}{18000}} = \frac{18000}{1 + \frac{(76,7423)^2}{18000}} = 13563,4089 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas (A) yang dibutuhkan} &= \frac{P}{\text{fc aman}} = \frac{16375,0137 \text{ lb}}{13563,4089 \text{ psi}} \\
 &= 1,2073 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

Karena A yang dibutuhkan $<$ A tersedia, maka *I-Beam* dengan ukuran tersebut di atas memadai.

i. Dimensi *Base Plate*



$$P = 16375,0137 \text{ lb}$$

$$\text{Luas base plate} = A_1 = \frac{P}{f_{bp}}$$

Dimana : f_{bp} = stress pada pondasi

Direncanakan pondasi menggunakan beton, maka dari Hesse, hlm 162 diperoleh f_{bp}

= 600 psi sehingga :

$$A_1 = \frac{16375,0137 \text{ lb}}{600 \text{ psi}} = 27,2916 \text{ in}^2$$

Menghitung panjang dan lebar dari *base plate* :

$$A_2 = P \times L \quad \text{dimana} \quad P = 0,95 h + 2 m$$

$$L = 0,8 b + 2 n$$

Diasumsikan $m = n$, sehingga :

$$A_2 = (0,95 h + 2 m)(0,8 b + 2 n)$$

$$= (2m + (0,95 \times 8))(2m + (0,8 \times 4))$$

$$27,2916 \text{ in}^2 = 4 m^2 + 21,6 m + 24,32$$

$$0 = 4 m^2 + 58,4768 m - 2,9716$$

Dengan rumus ABC, maka didapat : $m = 0,1342 \text{ in}$

$$P = 0,95 h + 2 m = (0,95 \times 8 \text{ in}) + (2 \times 0,1342 \text{ in})$$

$$= 7,8685 \text{ in} \approx 9 \text{ in}$$

$$L = 0,8 b + 2 n = (0,8 \times 4 \text{ in}) + (2 \times 0,1342 \text{ in})$$

$$= 3,4685 \text{ in} \approx 4 \text{ in}$$

$$A_2 = P \times L = 9 \text{ in} \times 4 \text{ in}$$

$$= 36 \text{ in}$$

$A_2 > A_1$, maka ukuran *I-Beam* memadai.

Harga m dan n baru :

$$P = 0,95 h + 2 m$$

$$9 \text{ in} = (0,95 \times 8 \text{ in}) + (2 m)$$

$$m = 0,7 \text{ in}$$

$$L = 0,8 b + 2 n$$

$$4 \text{ in} = (0,8 \times 4 \text{ in}) + (2 n)$$

$$n = 0,4 \text{ in}$$

Beban yang harus ditahan :

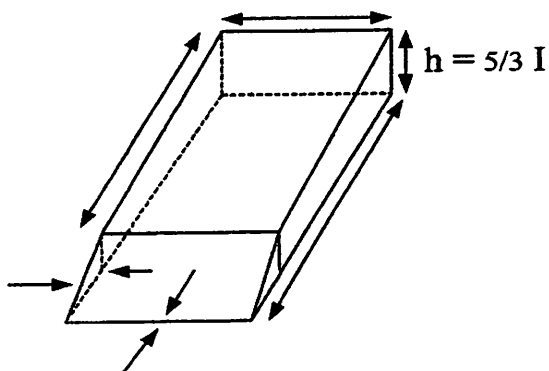
$$P = \frac{P}{A_2} = \frac{16375,0137 \text{ lb}}{36 \text{ in}} = 454,8615 \text{ lb/in}$$

Tebal *base plate*:

$$\begin{aligned} T_{bp} &= \sqrt{0,00015 \times P \times m^2} = \sqrt{0,00015 \times 454,8615 \text{ lb/in} \times (0,7 \text{ in})^2} \\ &= 0,1828 \text{ in} \times 16/16 \\ &= 2,9248/16 \text{ in} \approx 3/16 \text{ in} \end{aligned}$$

j. Dimensi Baut

$$P \text{ baut} = 16375,0137 \text{ lb}$$



$$\text{Jumlah baut} = 18 \text{ buah}$$

$$P \text{ tiap baut} = \frac{16375,0137 \text{ lb}}{18} = 909,7229 \text{ lb}$$

$$F_t \text{ steel} = \text{Beban tiap baut maks} = 12000 \text{ psi}$$

$$A \text{ baut} = \frac{P \text{ tiap baut}}{f_t \text{ steel}} = \frac{909,7229 \text{ lb}}{12000 \text{ psi}}$$

$$= 0,07581 \text{ in}^2$$

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d_b^2$$

$$0,07581 \text{ in}^2 = \frac{1}{4} \pi d_b^2$$

$$d_b = 0,3107 \text{ in} \approx 0,5 \text{ in}$$

Standarisasi dari Brownell dan Young, hlm 188 :

$$\text{Ukuran } D \text{ baut} = \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$\text{Bolt spacing} = 1 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$\text{Jarak radial minimum} = 1 \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\text{Edge distance} = \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$\text{Nut dimension} = \frac{7}{8} \text{ in}$$

k. Dimensi Lug Support

Di gunakan 2 *plate* horizontal (lug) dan *plate* vertikal (*gusset*).

$$\text{Tebal plate horizontal : } T_{hp} = \sqrt{\frac{6 \times M_y}{f_{all}}}$$

Dimana :

$$T_{hp} = \text{tebal plate horisontal}$$

$$f_{all} = \text{allowable stress material}$$

$$M = \frac{\beta^3 \times t^2 \times P \times e \times r_o^2}{12(1-\mu) b \times h}$$

Dimana :

M = axial bending momen

T = tebal momen

P = beban yang ditanggung

A = lebar *arm* untuk beban P

H = *gasket / rob height*

μ = rasio Poisson = 0,3

r_o = jari-jari silinder luar = $\frac{1}{2}$ OD = $\frac{1}{2}$ x 96 in
= 48 in

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{3(1-\mu^2)}{r_o^2 \times ts^3}} = \sqrt[4]{\frac{3[1-(0,3)^2]}{(48 \text{ in})^2 \times (3/16 \text{ in})^3}} = 0,1797$$

$$e = \frac{1}{2} ts + \frac{1}{2} bi + 1,5 = (\frac{1}{2} \times 3/16 \text{ in}) + (\frac{1}{2} \times 4) + 1,5 \\ = 3,5937 \text{ in}$$

$$l = b + 2 db = 4 + (2 \times \frac{1}{2}) = 5 \text{ in}$$

$$h = \text{tinggi lug} = \frac{5}{3} \times l = \frac{5}{3} \times 5 \text{ in} \\ = 8,3333 \text{ in}$$

$$P = 16375,0137 \text{ lb}$$

$$M = \frac{(0,1797)^3 \times (3/16)^2 \times 16375,0137 \times 3,5937 \times (48)^2}{12 \times (1-0,3) \times 4 \times 8,3333} \\ = 98,7195$$

$$T_{hp} = \sqrt{\frac{6 \times M_y}{f \text{ all}}} = \sqrt{\frac{6 \times 98,7195}{12000}} = 0,2221 \times 16/16 \\ = 3,5547/16 \text{ in} \approx 4/16 \text{ in}$$

$$T_g = \frac{3}{8} \times T_{hp} = \frac{3}{8} \times 4/16 \text{ in} = 0,09375 \text{ in} \times 16/16 \\ = 1,5/16 \text{ in} \approx 3/16 \text{ in}$$

1. Dimensi Pondasi

Berat total yang harus ditahan pondasi adalah :

- Berat beban total bejana
- Berat kolom penyangga
- Berat *base plate*

Ditentukan :

- Masing-masing kolom penyangga diberi pondasi
- Spesifikasi didasarkan atas beban tiap kolom penyangga pada sistem pondasi
- Spesifikasi tiap kolom penyangga adalah sama

$$\text{Berat beban kolom } (W_k) = 16375,0137 \text{ lb}$$

$$\text{Berat } \textit{base plate} (W_{bp}) = p \times l \times t \times \rho$$

Dimana :

$$W_{bp} = \text{beban } \textit{base plate}$$

$$p = \text{panjang } \textit{base plate} = 9 \text{ in} = 0,75 \text{ ft}$$

$$l = \text{lebar } \textit{base plate} = 4 \text{ in} = 0,3333 \text{ ft}$$

$$t = \text{tebal } \textit{base plate} = 3/16 \text{ in} = 0,0156 \text{ ft}$$

$$\rho_{\text{baja}} = \text{densitas baja} = 480 \text{ lb/ft}^3$$

sehingga :

$$\begin{aligned} W_{bp} &= 0,75 \text{ ft} \times 0,3333 \text{ ft} \times 0,0156 \text{ ft} \times 480 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 1,8718 \text{ lb} \end{aligned}$$

Beban penyangga kolom :

$$W_p = l \times A \times \rho \times f$$

Dimana :

W_p = beban kolom

l = tinggi kolom = 9,9765 ft

ρ = densitas baja

A = luas kolom *I-Beam*

f = faktor koreksi = 3,4

sehingga :

$$\begin{aligned} W_p &= 9,9765 \text{ ft} \times 0,2225 \text{ ft}^2 \times 480 \text{ lb/ft}^3 \times 3,4 \\ &= 3622,6666 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi : } W_t &= W_k + W_p = 16375,0137 \text{ lb} + 3622,6666 \text{ lb} \\ &= 19997,6803 \text{ lb} \end{aligned}$$

Dengan penyangga hanya ada gaya vertikal dan berat kolom itu sendiri yang bekerja pada pondasi, maka diambil bidang kerja berbentuk persegi panjang dengan ukuran :

Luas pondasi atas = 20 in x 20 in

Luas pondasi bawah = 30 in x 30 in

Tinggi pondasi = 15 in

$$\begin{aligned} \text{Luas pondasi rata-rata} &= \frac{\text{Luas pondasi atas} + \text{Luas pondasi bawah}}{2} \\ &= \frac{(20 \text{ in} \times 20 \text{ in}) + (30 \text{ in} \times 30 \text{ in})}{2} \\ &= 650 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume pondasi (V)} &= A \times t = 650 \text{ in}^2 \times 15 \text{ in} = 9750 \text{ in}^3 \\ &= 5,6423 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Dari Kern, hlm 795 didapat harga ρ beton = 115 lb/ft³ sehingga :

$$\begin{aligned}
 W_b &= V \times \rho = 5,6423 \text{ ft}^3 \times 115 \text{ lb/ft}^3 \\
 &= 648,8645 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Menentukan tekanan tanah :

Diasumsikan kondisi tanah adalah *gravel* (kerikil) dengan tegangan yang diinginkan maka dari Hesse, hlm 327 diperoleh *safe bearing power* minimum adalah 2 ton/ft³ dan *safe bearing power* maksimum adalah 4 ton/ft³.

Berat total yang harus ditahan pondasi :

$$\begin{aligned}
 W_{\text{total}} &= W_t + W_b = 19997,6803 \text{ lb} + 648,8645 \text{ lb} \\
 &= 20646,5448 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Luas tanah yang didasari pondasi :

$$A = 30 \text{ in} \times 30 \text{ in} = 900 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan pada tanah (P)} &= \frac{W_{\text{total}}}{A} = \frac{20646,5448 \text{ lb}}{900 \text{ in}^2} \\
 &= 22,9406 \text{ lb/in}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan *safe bearing power* minimum untuk menjamin keamanannya, sehingga :

$$\begin{aligned}
 \text{Bearing power tanah} &= 2000 \frac{\text{kg}}{\text{ft}^3} \times \frac{1 \text{ lb}}{0,4536 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ ft}^3}{144 \text{ in}^2} \\
 &= 30,6192 \text{ lb/in}^2
 \end{aligned}$$

Tekanan dari pondasi *bearing power* tanah aman karena $P_{\text{pondasi}} < P_{\text{bearing power}}$, maka penggunaan pondasi dengan ukuran (20 in x 20 in) untuk bagian atas dan (30 in x 30 in) untuk bagian bawah dengan ketinggian 15 in yang dibangun di atas tanah (kerikil) adalah memadai.

Kesimpulan Spesifikasi Evaporator

Type : *Short tube vertical* (calandria) dengan tutup atas berbentuk *standard dished* dan tutup bawah *conical*.

Jumlah feed masuk (F)	:	17541,0638 kg/jam	
Suhu feed masuk evaporator	:	59,1 °C	= 138,3 °F
Suhu feed keluar evaporator	:	102,3 °C	= 216,1 °F
Suhu steam (T ₁)	:	130 °C	= 266 °F
Tekanan operasi (P)	:	1,0358 atm	= 15,2215 psia

Dimensi alat :

a. Tube

- Susunan pipa : *Triangular pitch*
- Panjang pipa : 5 ft
- Diameter luar pipa : 1 in
- Diameter dalam pipa : 0,870 in
- Jumlah *tube* : 244 buah

b. Silinder

- Bahan : HAS SA-240 grade M type 316
- Diameter luar silinder : 96 in
- Diameter dalam silinder : 95,625 in
- Tinggi silinder (L_s) : 143,436 in
- Tebal silinder (t_s) : 3/16 in

c. Perpipaan

- Ukuran pipa pemasukan steam : 16 in
- Ukuran pipa pemasukan feed : 3 in
- Ukuran pipa keluaran produk : 2 in
- Ukuran pipa keluaran uap : 24 in
- Ukuran pipa keluaran kondensat : 2 in
- Ukuran *hand hole* : 10 NPS

d. Gasket

- Bahan : Asbestos
- Tebal : 1/16 in
- Lebar : 3/16 in

e. Bolting (baut)

- Bahan : SB 160
- Ukuran : 1 in
- Jumlah : 18 buah

f. Flange

- Bahan : *Carbon steel SA – Grade M tipe 316*
- Tebal : 2 in
- OD : 100,82 in

g. Leg Support

- Jenis : *I-Beam (8 x 4)*
- Luas (Ay) : 5,34 in²
- H : 8 in

- b : 4 in
- R_{2-2} : 0,84 in
- I_{2-2} : 3,8 in⁴

h. *Base plate*

- Bahan konstruksi : *Carbon steel*
- Tebal *base plate* : 3/16 in
- Ukuran : 9 in x 4 in
- Jumlah baut : 4 buah
- Ukuran diameter baut : ½ in

i. Pondasi

- Bahan : Beton
- Ukuran atas : 20 in x 20 in
- Ukuran bawah : 30 in x 30 in
- Tinggi pondasi : 15 in

BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

Instrumen merupakan bagian yang sangat penting bagi suatu industri kimia. Dengan adanya instrumentasi, maka dengan mudah diketahui kondisi-kondisi operasi yang sedang berlangsung.

Keselamatan kerja merupakan faktor yang sangat perlu diperhatikan, karena menyangkut keselamatan manusia dan kelancaran proses produksi.

7.1 Instrumentasi

Instrumentasi berfungsi sebagai petunjuk (indikator), suatu perekam atau recorder, atau suatu pengontrol (controller). Dalam suatu industri kima banyak variabel-variabel proses yang perlu diukur maupun dikontrol baik secara manual maupun secara control automatic. Pada proses secara manual dipakai instrumen yang hanya berfungsi sebagai petunjuk atau pencatat saja. Tujuan utama dari pemasangan alat instrumentasi adalah :

- a. Untuk menjaga variabel-variabel proses pada batas-batas operasi yang aman.
- b. Laju produksi diatur dalam batas-batas yang direncanakan.
- c. Kualitas produksi lebih terjamin.
- d. Membantu mempermudah pengoperasian suatu alat.

- e. Kondisi-kondisi yang berbahaya dapat diketahui lebih dini melalui alarm peringatan, sehingga lebih menjamin keselamatan kerja.
- f. Efisiensi kerja akan meningkat.

Faktor-faktor yang sangat perlu diperhatikan dalam pemilihan instrumentasi adalah :

1. Level instrumentasinya.
2. Range yang diperlukan untuk pengukuran.
3. Ketelitian yang dibutuhkan.
4. Bahan konstruksinya.
5. Pengaruh pemasangan instrumentasi pada kondisi proses.
6. Faktor ekonomi.

Jenis-jenis instrumentasi antara lain :

a. Indikator

Alat yang dapat menunjukkan kondisi operasi pada suatu daerah tertentu pada suatu peralatan.

b. Recording

Alat yang dapat mencatat kondisi operasi pada suatu daerah tertentu pada suatu peralatan.

c. Controller

Alat yang dapat menunjukkan kondisi operasi dan mengendalikan kondisi tersebut apabila tidak sesuai dengan yang diinginkan.

Secara garis besar cara kerja dari alat-alat instrumentasi dapat dibagi menjadi dua bagian :

1. Operasi secara manual

Untuk instrumen jenis ini, pada akhirnya dibutuhkan tenaga kerja manusia untuk mengawasinya jika suatu saat instrumen tersebut menunjukkan suatu penyimpangan dari tujuan yang telah ditentukan pada alat tertentu, maka diperlukan tenaga kerja manusia untuk mengatur kondisi dan kerja alat agar sesuai kondisi alat ini sebagai indikator.

2. Operasi secara otomatis

Penyimpangan-penyimpangan yang timbul pada alat yang diawasi langsung dapat diatasi sendiri tanpa bantuan manusia. Instrumentasi ini biasanya bekerja secara kontroler.

Pemilihan Instrumentasi

Peralatan yang dipilih adalah yang sederhana, mudah pemakaiannya, dan jika terjadi kerusakan mudah memperbaikinya. Alat-alat kontrol yang umum dipakai dalam industri/pabrik adalah :

1. Pengukuran suhu

a. Temperatur Indikator (TI)

Fungsi : untuk melihat secara langsung suhu fluida tertentu pada suatu aliran tertentu.

b. Temperatur Controller (TC)

Fungsi : untuk mengendalikan suhu fluida dalam aliran proses pada harga yang telah ditentukan.

c. Temperatur Recorder & Controller (TRC)

Fungsi : untuk mencatat secara kontinue dan mengendalikan suhu pada harga yang telah diinginkan.

2. Pengatur tekanan

a. Pressure Indikator (PI)

Fungsi : untuk mengetahui tekanan setiap saat secara langsung pada alat.

b. Pressure Recorder (PR)

Fungsi : untuk mencatat tekanan dalam peralatan secara kontinue.

c. Pressure Controller (PC)

Fungsi : untuk mengatur tekanan dalam alat proses secara kontinue, sehingga tekanan sesuai dengan kondisi operasi yang dikehendaki.

d. Pressure Recorder & Controller (PRC)

Fungsi : untuk mengendalikan dan mencatat tekanan dalam alat proses secara kontinue.

3. Pengatur debit aliran

a. Flow Recorder (FR)

Fungsi : untuk mencatat secara kontinue debit aliran yang mengalir dalam suatu pipa menuju suatu peralatan.

b. FIC (Flow Indikator Controller)

Fungsi : untuk mengetahui sekaligus mengatur suatu aliran dari fluida dalam suatu peralatan.

4. Pengatur tinggi cairan

a. LI (Level Indikator)

Fungsi : untuk mengetahui level dari suatu alat setiap saat.

b. LC (Level Controller)

Fungsi : untuk mengatur agar tinggi cairan tidak melebihi batas yang diperbolehkan dalam alat.

Pemasangan instrumen pada perencanaan Pabrik Aluminium Sulfat dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7.1.1 Pemasangan Instrumentasi Pabrik Aluminium Sulfat

Kode Alat	Nama Alat	Alat Kontrol
M-110	Tangki pengencer H ₂ SO ₄	FC
F-111	Tangki penampung H ₂ SO ₄	LC
R-120	Reaktor I	TC
R-130	Reaktor II	TC, FC
M-144	Tangki Pengencer Koagulant	FC
H-143	Clarifier	FC
V-150	Evaporator	TC, FC
B-160	Spray dryer	FC
E-161	Heater udara	TC
J-165	Screw conveyer	TC

7.2 Keselamatan Kerja

Dalam suatu industri kimia, bila keselamatan kerja diperhatikan dan dilaksanakan dengan baik dan sepenuhnya, maka dampaknya adalah para pekerja dapat bekerja dengan perasaan aman dan tentram, sehingga akan meningkatkan efisiensi kerja.

Pada umumnya bahaya-bahaya yang terjadi dalam suatu pabrik disebabkan oleh suatu kecelakaan dalam pengoperasian mesin pabrik, kebocoran bahan-bahan yang berbahaya, peledakan, kebakaran dan lain-lain. Usaha-usaha untuk mengurangi terjadinya bahaya-bahaya yang timbul dalam pabrik ini antara lain :

a. Bangunan pabrik

Bangunan pabrik meliputi gedung maupun unit peralatan. Konstruksi gedung harus dapat perhatian yang cukup besar, perlu perhatian kelengkapan-kelengkapan penunjang untuk pengamanan bahaya alamiah, seperti petir, angin dan sebagainya.

b. Ventilasi

Pada ruangan proses maupun ruangan lainnya pertukaran udara diusahakan berjalan dengan baik, sehingga memberikan kesegaran para karyawan serta dapat menghindari gangguan terhadap pernafasan.

c. Perpipaian

Jalur pemrosesan yang terletak diatas tanah lebih baik dibandingkan yang terletak dibawah permukaan tanah, karena hal tersebut mempermudah pendeteksian adanya kebocoran.

Pengaturan valve sangat penting untuk pengamanan proses produksi. Bila terjadi kebocoran pada check valve, sebaiknya diatasi dengan pemasangan block disamping check valve tersebut.

Dari segi konstruksi harus dicegah pemasangan pipa 1 inchi dalam over head line. Sebelum pipa-pipa dipasang sebaiknya dilakukan test hidrostatis yang bertujuan mencegah terjadinya stress yang berlebihan pada bagian-bagian tertentu atau pada bagian pondasi.

d. Alat-alat penggerak

Peralatan penggerak hendaknya ditempatkan pada tempat-tempat tertutup atau setidaknya ditempatkan pada jarak yang lebih aman dengan peralatan lainnya. Hal ini untuk mempermudah penanganan dan perbaikan serta menjaga keamanan dan keselamatan para pekerja.

e. Pengoperasian boiler

Dalam pengoperasian boiler perlu diperhatikan segala hal, misalnya : menjaga batas-batas tekanan steam maksimal yang dapat dioperasikan, memberi daerah larangan merokok pada daerah boiler (karena bahan bakar boiler adalah fuel oil yang mudah terbakar), menggunakan alat pengaman yang telah disediakan. Tekanan kerja boiler diamankan dengan menggunakan safety valve.

f. Listrik

Pada pengoperasian maupun perbaikan instalasi listrik hendaknya selalu menggunakan alat pengaman yang telah disediakan,

dengan demikian para pekerja dapat terjamin keselamatannya. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

1. Peralatan yang sangat penting seperti swicher dan transformer sebaiknya diletakkan ditempat yang aman dan tersendiri.
 2. Peralatan listrik dibawah tangan sebaiknya diberikan tanda-tanda tertentu dengan jelas.
 3. Sebaiknya disediakan pembangkit tenaga (power supply) cadangan.
 4. Semua bagian pabrik harus diberikan penerangan yang cukup.
- g. Pencegahan dan penanggulangan bahaya kebakaran

Penyebab bahaya kebakaran berupa :

1. Kemungkinan terjadinya nyala terbuka yang datang dari unit utilitas, workshop, laboratorium dan unit-unit lainnya.
2. Terjadinya loncatan api pada saklar dan stop kontak dari instrumen lainnya.
3. Gangguan pada peralatan utilitas.

Cara mengatasi bahaya kebakaran meliputi :

1. Pencegahan kebakaran :
 - a) Penempatan alat-alat utilitas yang cukup jauh dari power plant, tetapi praktis dari unit proses.
 - b) Bangunan seperti work shop, laboratorium dan kantor sebaiknya diletakkan sejauh mungkin dari unit proses.
 - c) Pemasangan unit alarm dan temperatur alarm.

- d) Pemasangan isolasi yang baik pada seluruh kabel transmisi yang ada.
- e) Diberikan tanda-tanda keterangan suatu tindakan yang dapat mengakibatkan kebakaran, seperti tanda dilarang merokok.

2. Pengamanan dan pengontrolan terhadap kebakaran

Apabila terjadi kebakaran, api harus dilokalisir, harus dapat diketahui kemungkinan apa saja yang dapat terjadi dan bagaimana mengatasinya. Untuk pemakaian alat-alat pemadam kebakaran, harus diketahui jenis-jenis api, yang dibedakan atas :

- a) Kelas A, api biasa yang ditimbulkan oleh bahan-bahan yang dapat terbakar, seperti keras dan kotoran-kotoran yang terdapat didalam pabrik. Untuk penanganan api jenis ini diperlukan pembasahan pada bagian-bagian dan sekitarnya.
- b) Kelas B, api yang ditimbulkan oleh cairan yang mudah terbakar seperti residu. Penanganan api jenis ini dengan memberikan penutup / pembungkus bahan-bahan yang dapat sesuai dengan keperluan diatas.
- c) Kelas C, api dengan perlengkapan listrik atau dari hubungan arus pendek. Tentunya untuk keperluan pemadaman api ini alat pemadam harus tidak mengandung listrik maupun dapat dialiri listrik.

d) Kelas D, api yang ditimbulkan bahan-bahan mudah meledak.

Media atau zat-zat yang dapat mengatasi terjadinya kebakaran untuk jenis-jenis api diatas antara lain :

1. Soda Acid Etinguished untuk api kelas A.
2. Carbondioxide Exuistinguished untuk api kelas B.
3. Dry Chemical Etinguished untuk api kelas A, B, C dan D

3. Karyawan

Para karyawan terutama para operator, perlu diberi bimbingan atau pengarahan yang dimaksud agar para karyawan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik, dan tidak membahayakan keselamatan jiwanya maupun keselamatan orang lain.

Adanya peraturan keselamatan kerja yang dikeluarkan oleh departement tenaga kerja bagian keselamatan kerja, misalnya Para pegawai harus memakai sarung tangan, topi pengaman, dan lain-lain. Peraturan tersebut harus dilaksanakan dalam perusahaan agar keselamatan kerja para karyawan lebih terjamin.

7.3 Kesehatan dan keselamatan kerja

1. Topi Keselamatan (*Safety head*)

Alat ini digunakan untuk melindungi kepala terhadap benturan benda-benda yang kemungkinan dapat menimpa, kejutan listrik, dan kontak dengan bahan kimia berbahaya.

2. Alat Pelindung Mata (*Eye gogle*)

Alat ini digunakan untuk melindungi mata dari benda-benda yang melayang (debu), garam, cahaya menyilaukan, dan percikan bahan kimia yang berbahaya.

3. Alat Pelindung Muka (*Face shield*)

Alat ini digunakan untuk melindungi muka dari atas hingga leher. Jenis-jenis dari alat ini adalah :

- a. Warna kuning, untuk melindungi dari bahan kimia yang berbahaya seperti asam atau alkali.
- b. Warna abu – abu, untuk perlindungan terhadap pancaran panas.
- c. Pelindung khusus, untuk perlindungan terhadap pancaran sinar Ultraviolet dan infrared.

4. Alat Pelindung Telinga

Alat ini untuk melindungi telinga dari kebisingan yang dapat menimbulkan penurunan daya dengar yang menyebabkan ketulian.

Jenis-jenisnya antara lain :

- a. *Ear plug*, digunakan di daerah dengan tingkat kebisingan hingga 95 dB.
- b. *Ear muff*, digunakan di daerah dengan tingkat kebisingan di atas 95 dB.

5. Alat Pelindung Pernafasan

Alat ini digunakan untuk melindungi hidung dan mulut dari berbagai gangguan yang dapat membahayakan pernafasan karyawan.

Jenis-jenisnya antara lain :

- a. Masker kain, digunakan di tempat kerja dengan ukuran debu lebih dari 10 mikron.
- b. Masker berfilter untuk debu (warna merah), digunakan untuk melindungi dari debu dengan ukuran rata-rata 0,6 mikron sebanyak 90 %.
- c. Masker berfilter untuk debu dan gas (warna kuning), digunakan untuk melindungi debu dengan ukuran rata-rata 0,6 mikron sebanyak 99,99 % dan dapat menyerap gas asam, uap bahan organik, fumes, asap dan kabut hingga 0,1 % volume atau 10 kali konsentrasi maksimum yang diijinkan.
- e. Masker gas dengan udara dari blower yang digerakkan tangan (*hand operated blower*), digunakan di daerah dengan kadar oksigen kurang, karena kontaminasi yang tinggi dan dapat digunakan terus-menerus selama blower diputar dimana pengambilan udara blower harus dari tempat yang bersih dan bebas dari kontaminasi.

6. Alat Pelindung Kepala

- a. Kerudung kepala (*hood*), digunakan untuk melindungi seluruh kepala dan bagian muka terhadap kotoran bahan lainnya yang dapat membahayakan maupun mengganggu kesehatan.
- b. Kerudung kepala dengan alat pernafasan, digunakan di daerah yang berdebu atau terdapat gas, uap, fumes tidak lebih dari 1 % atau 10 kali konsentrasi maksimum yang diijinkan.
- c. Kerudung kepala anti asam atau anti alkali, digunakan untuk melindungi seluruh bagian kepala dan muka dari percikan bahan kimia yang bersifat asam atau alkali.

7. Sarung Tangan

Alat ini digunakan untuk melindungi tangan dari bahaya fisik, kimia, dan listrik. Adapun jenis-jenis alat ini sebagai berikut :

- a. Sarung tangan kulit, digunakan untuk melindungi tangan bila bekerja dengan benda keras, kasar dan tajam.
- b. Sarung tangan asbes, digunakan bila bekerja dengan benda panas.
- c. Sarung tangan katun, digunakan bila bekerja dengan peralatan untuk oksigen.
- d. Sarung tangan karet, digunakan saat bekerja dengan bahan kimia berbahaya, iritatif dan korosif.
- e. Sarung tangan listrik, digunakan bila bekerja dengan kemungkinan terkena bahaya listrik.

8. Sepatu Pengaman

Alat ini digunakan untuk melindungi kaki terhadap bahaya yang dapat mengakibatkan kecelakaan kerja. Jenis-jenis alat ini sebagai berikut :

- a. Sepatu keselamatan (*Safety shoes*), digunakan untuk melindungi kaki dari kemungkinan tertusuk benda tajam atau keras, bahan kimia yang korosif, tertusuk benda serta menjaga seseorang agar tidak terpeleset oleh air atau minyak.
- b. Sepatu karet (*Rubber shoes*), digunakan untuk melindungi kaki terhadap bahan kimia yang berbahaya.
- c. Sepatu listrik, digunakan untuk melindungi kaki terhadap kemungkinan tersengat aliran listrik.

9. Baju Pelindung

Alat ini digunakan untuk melindungi seluruh bagian tubuh. Jenis-jenis alat ini antara lain adalah :

- a. Baju pelindung yang tahan terhadap asam alkali, digunakan untuk melindungi tubuh dari percikan bahan kimia berbahaya baik asam atau alkali.
- b. Baju pelindung tahan percikan pasir atau logam, digunakan untuk melindungi tubuh saat membersihkan logam dengan semburan pasir

Dengan usaha-usaha untuk menjamin keselamatan kerja para karyawan akan diharapkan semangat dan ketenangan kerja dapat dirasakan, sehingga hasil kerja lebih baik dan efisien.

BAB VIII

UTILITAS

Unit utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting untuk menunjang jalannya proses produksi dalam suatu industri kimia. Unit utilitas yang diperlukan pada Pra Rencana Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit ini yaitu

- Air yang berfungsi sebagai air proses, air pendingin, air umpan boiler, air sanitasi dan air untuk pemadam kebakaran.
- Steam sebagai media pemanas dalam proses produksi.
- Listrik yang berfungsi untuk menjalankan alat-alat produksi, utilitas dan untuk penerangan.
- Bahan bakar untuk mengoperasikan boiler.

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan, maka utilitas tersebut dibagi menjadi 4 unit, yaitu :

1. Unit penyediaan air
2. Unit penyediaan steam
3. Unit penyediaan tenaga listrik
4. Unit penyediaan bahan bakar

8.1. Unit Penyediaan Air

8.1.1. Air umpan boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku yang berfungsi sebagai media pemanas. Kebutuhan steam pada Pra Rencana Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit ini digunakan pada Evaporator (V - 150), Heater (E - 161), sebesar

7521,1913 kg/jam. Air umpan boiler yang disediakan dengan excess 20% sebagai pengganti steam yang hilang yang diperkirakan karena adanya kebocoran akibat transmisi sebesar 10%, sedangkan faktor keamanan sebesar 10%. Sehingga kebutuhan air umpan boiler adalah sebanyak 10343,5392 kg/jam.

Air untuk keperluan ini harus memenuhi syarat- syarat agar air tidak merusak boiler (ketel). Dari Perry's edisi 6, hal 976 didapatkan bahwa air umpan boiler harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Total padatan (total dissolved solid) = 3500 ppm
- Alkanitas = 700 ppm
- Padatan terlarut = 300 ppm
- Silika = 60 – 100 ppm
- Besi = 0,1 ppm
- Tembaga = 0,5 ppm
- Oksigen = 0,007 ppm
- Kesadahan = 0
- Kekerusuhan = 175 ppm
- Minyak = 7 ppm
- Residu fosfat = 140 ppm

Selain harus memenuhi persyaratan tersebut diatas, air umpan boiler harus bebas dari :

- Zat – zat yang menyebabkan korosi, yaitu gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 .

- Zat – zat yang menyebabkan busa, yaitu zat organik, anorganik dan zat – zat tak larut dalam jumlah yang besar.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut dan untuk mencegah kerusakan pada boiler, sebelum digunakan air umpan boiler harus diolah lagi terlebih dahulu melalui :

- Demineralisasi, untuk menghilangkan ion – ion pengganggu.
- Deaerator, untuk menghilangkan gas – gas terlarut.

8.1.2. Air proses

Air proses pada Pra Rencana Pabrik Aluminium Sulfat ini sebesar 11870,3326 kg/jam, yang digunakan pada Tangki pengencer H_2SO_4 (M-110), Tangki pengencer flake glue (M-144) dan Clarifier (H-143).

8.1.3 Air sanitasi

Air sanitasi yang diperlukan digunakan untuk keperluan laboratorium, kantor, untuk konsumsi mandi, mencuci, taman dan lain-lain.

Syarat yang harus dipenuhi sebagai air sanitasi, yaitu :

1. Syarat fisika

- Tidak berwarna
- Tidak berbau
- Tidak berbusa
- Mempunyai suhu dibawah suhu udara
- Kekeruhan kurang dari 1 ppm SiO_2
- pH netral

2. Syarat kimia

- Tidak beracun
- Tidak mengandung zat-zat organik maupun zat anorganik yang tidak larut dalam air, seperti PO_4^{3-} , Hg, Cu dan sebagainya

3. Syarat bakteriologis

- Tidak mengandung bakteri terutama bakteri patogen yang dapat merubah sifat-sifat fisik air.

8.1.4 Air pendingin

Air berfungsi sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas. Hal ini disebabkan karena :

- Air merupakan materi yang mudah didapat
- Mudah dikendalikan dan dikerjakan
- Dapat menyerap panas
- Tidak mudah menyusut karena pendinginan
- Tidak mudah terkondensasi

Air pendingin tersebut digunakan pada Reaktor I (R-120), Reaktor II (R-130) dan cooling conveyor (J-165) sebesar 423486,7020 kg/jam.

8.2. Unit Pengolahan Steam

Bahan baku pembuatan steam adalah Air Umpan Boiler. Steam yang dibutuhkan dalam proses ini mempunyai kondisi :

- Tekanan : 20 atm
- Temperatur : 414,8 °F

Zat-zat yang terkandung dalam air umpan boiler yang dapat menyebabkan kerusakan pada boiler adalah :

- Kadar zat terlarut (soluble matter) yang tinggi
- Zat padat terlarut (suspended solid)
- Garam-garam kalsium dan magnesium
- Zat organik (organic matter)
- Silika, sulfat, asam bebas dan oksida

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan boiler :

a. Tidak boleh membuih (berbusa)

Busa disebabkan oleh adanya solid matter, suspended matter dan kebasaan yang tinggi. Kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa :

- Kesulitan pembacaan tinggi liquida dalam boiler
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat yang mengakibatkan adanya solid-solid yang menempel dan mengakibatkan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lebih lanjut.

Untuk mengatasi hal ini, perlu adanya pengontrolan terhadap adanya kandungan lumpur, kerak dan alkalinitas air umpan boiler.

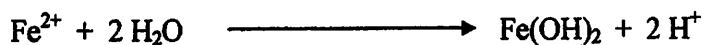
b. Tidak boleh membentuk kerak dalam boiler.

Kerak dalam boiler akan menyebabkan :

- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat.
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu, sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat.

c. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak dan lemak, bikarbonat dan bahan organik, serta gas-gas H₂S, SO₂, NH₃, CO₂, O₂, yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja, yaitu :

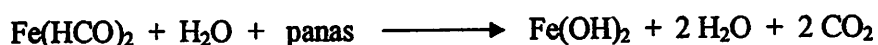


Tetapi jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dengan oksigen membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi menurut reaksi :



Adanya bikarbonat dalam air akan menyebabkan terbentuknya CO₂, karena pemanasan dan adanya tekanan. CO₂ yang terjadi bereaksi dengan air menjadi asam karbonat. Asam karbonat akan bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Dengan adanya pemanasan (kalor), garam bikarbonat ini membentuk CO₂ lagi.

Reaksi yang terjadi :



Proses Pengolahan Air Pada Unit Pengolahan Air

Air sungai digunakan untuk memenuhi kebutuhan air proses, air sanitasi, air pendingin dan air umpan boiler.

Proses pengolahan air sungai tersebut adalah :

Air dari sungai dipompa dengan pompa (L-211) menuju bak skimmer (F-212) yang berfungsi untuk membersihkan kotoran-kotoran yang terapung dalam air sungai. Keluar dari bak skimmer air dipompa (L-213) menuju bak clarifier (H-214), disini terjadi proses koagulasi dan flokulasi dengan penambahan alum sebagai zat koagulan dan diadakan pengadukan dengan kecepatan yang cepat dan lambat agar alum dan air dapat tercampur secara homogen.

Setelah terjadi proses koagulasi dan flokulasi dalam bak clarifier, kemudian menuju ke sand filter (F-216). Keluar dari sand filter air masuk ke bak air bersih (F-217) dan diolah sesuai dengan fungsinya masing-masing, yaitu :

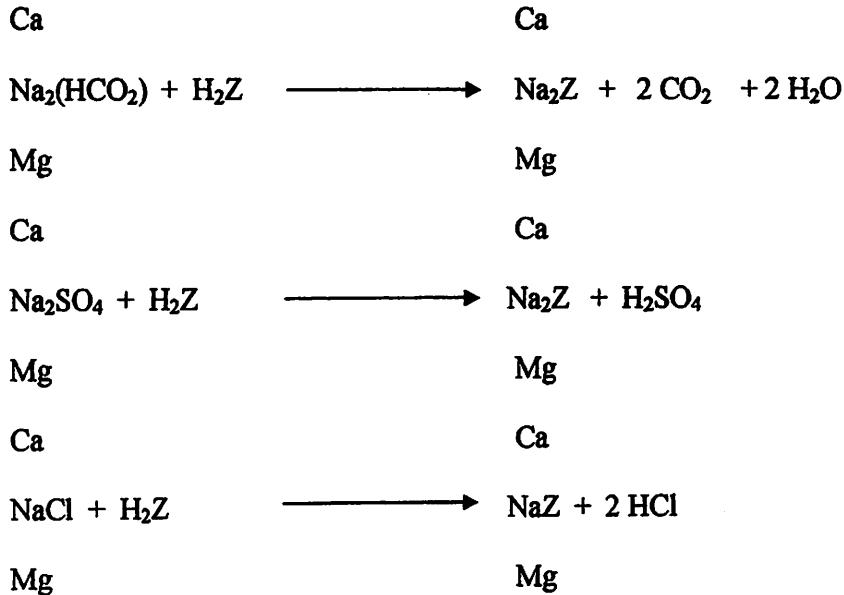
□ Pengolahan air sanitasi

Air dari bak air bersih (F-217) dialirkan dengan pompa (L-219) menuju bak klorinasi (F-231) dan ditambahkan desinfektan klor (Cl_2) sebanyak 100 ppm yang diinjeksikan langsung ke dalam pipa. Dari bak klorinasi, air dialirkan menuju bak air sanitasi (F-233) dengan menggunakan pompa (L-232) dan siap untuk dipergunakan sebagai air sanitasi.

□ Pelunakan air umpan boiler

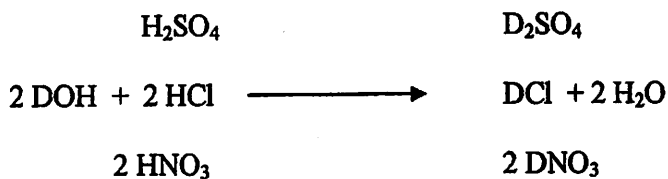
Pelunakan air boiler yang dilakukan dengan pertukaran ion dalam demineralisasi yang terdiri dari dua tangki, yaitu tangki kation exchanger (D-210 A) dan anion exchanger (D-210 B). Kation exchanger yang digunakan adalah resin zeolit (H_2Z) dan anion yang digunakan adalah deacidite (DOH).

Air dari bak air bersih (F-217) dialirkan dengan pompa (L-218) menuju kation exchanger (D-210 A). Dalam tangki kation exchanger terjadi reaksi sebagai berikut :



Ion-ion bikarbonat, sulfat dan klor diikat dengan ion Z membentuk CO_2 dan air, H_2SO_4 dan HCl . Selanjutnya air yang bersifat asam ini dialirkan ke tangki anion exchanger (D-210 B) untuk dihilangkan anion-anion yang tidak dikehendaki.

Dalam tangki anion exchanger terjadi reaksi sebagai berikut :



Sehingga keluaran dari tangki demineralisasi adalah garam-garam kalsium, natrium dan magnesium yang terikat pada kation exchanger dalam bentuk CaZ , NaZ dan MgZ . Sedangkan H_2SO_4 , HCl dan HNO_3 terikat pada anion

exchanger dalam bentuk D_2SO_4 , DCl dan DNO_3 . Setelah keluar dari demineralisasi, air umpan boiler telah bebas dari ion-ion pengganggu.

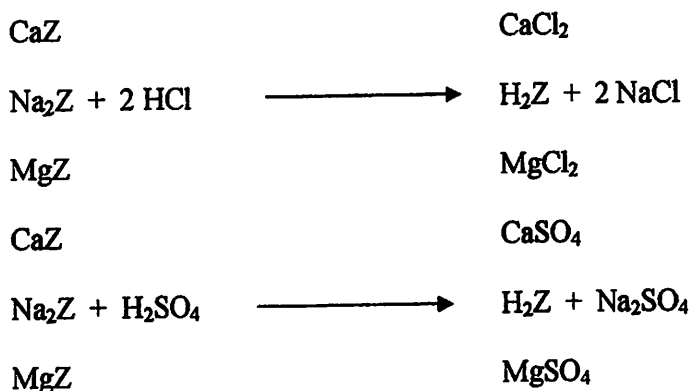
Setelah keluar dari tangki demineralisasi, air lunak ini digunakan sebagai air umpan boiler. Untuk memenuhi kebutuhan umpan boiler, air lunak ditampung dalam bak air lunak (F-221) yang selanjutnya dipompa ke boiler (Q-220) dengan pompa (L-223). Steam yang dihasilkan boiler didistribusikan ke peralatan dan kondensat yang dihasilkan di recycle.

□ Pengolahan air pendingin

Untuk memenuhi kebutuhan air pendingin dari bak air bersih (F-217), air dipompa (L-234) ke bak air pendingin (F-235) kemudian dialirkan ke peralatan dengan pompa (L-236). Setelah digunakan air direcycle ke cooling tower (P-230) dan selanjutnya dari cooling tower, air di recycle ke bak air pendingin kembali.

□ Proses regenerasi :

Reaksi yang terjadi :



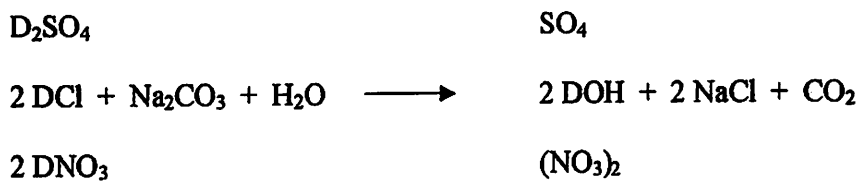
Pemakaian resin yang terus menerus menyebabkan resin tidak aktif lagi.

Hal ini dapat diketahui dari pemeriksaan kesadahan air umpan boiler. Resin

yang sudah tidak aktif menunjukkan bahwa resin sudah tidak jenuh dan perlu diregenerasi. Regenerasi hidrogen exchanger dilakukan dengan menggunakan asam sulfat atau asam klorida.

Sedangkan regenerasi anion exchanger dengan menggunakan larutan Na_2CO_3 atau NaOH .

Reaksi yang terjadi :



8.3. Unit Penyediaan Listrik

Listrik yang dibutuhkan pada Pra Rencana Pabrik Aluminium Sulfat ini adalah yang meliputi :

- Proses : 204,881 kW
- Penerangan : 29,761 kW

Kebutuhan listrik untuk proses, penerangan, instrumen dan lain-lain dipenuhi oleh PLN. Sedangkan apabila ada matinya listrik, maka digunakan satu generator AC bertenaga diesel berkekuatan 350 kW sebagai back up.

8.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada pabrik, yaitu pada boiler dan generator. Bahan bakar yang digunakan adalah diesel oil. Pemilihan jenis bahan bakar yang digunakan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Harganya relatif murah
- Mudah didapat

BAB IX

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

9.1 Lokasi Pabrik

Keputusan untuk menentukan lokasi pabrik pada suatu tempat tertentu penting bagi suatu perusahaan, karena akan mempengaruhi kedudukan perusahaan dalam persaingan dan menentukan kelangsungan hidup perusahaan.

Banyak faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik yang menguntungkan antara lain :

A. Bahan Baku

Tersedianya bahan baku sering menentukan lokasi pabrik. Ditinjau dari hal ini maka pabrik didirikan dekat dengan sumber bahan baku. Hal-hal yang perlu diketahui tentang bahan baku adalah :

1. Letak sumber bahan baku.
2. Kapasitas sumber bahan baku tersebut dan berapa lama sumber bahan tersebut dapat diandalkan pengadaannya.
3. Kualitas bahan baku yang ada dan apakah kualitas ini sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan.
4. Cara mendapatkan bahan baku dan pengangkutannya sampai ke pabrik.

B. Pemasaran

Pemasaran adalah salah satu yang penting dalam suatu industri, karena berhasil tidaknya pemasaran akan menentukan besarnya keuntungan industri tersebut. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

1. Dimana produk akan dipasarkan.
2. Kebutuhan akan produk pada saat sekarang dan pada masa yang akan datang.
3. Pengaruh persaingan yang ada.
4. Jarak pemasaran dari lokasi dan bagaimana sarana pengangkutan untuk mencapai daerah pemasaran.

C. Utilitas

Utilitas suatu pabrik terdiri dari :

1. Air

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam suatu industri kimia. Air digunakan untuk kebutuhan media pendingin, air sanitasi dan kebutuhan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, air diambil dari sungai Brantas.

Bila jumlah air dibutuhkan dalam jumlah besar, maka pengambilan air dari sumber langsung lebih ekonomis. Untuk itu perlu diperhatikan mengenai :

- a. Sampai seberapa jauh sumber ini dapat melayani pabrik.
- b. Kualitas air sumber yang tersedia.
- c. Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaanya.

2. Listrik dan bahan bakar

Kebutuhan listrik untuk tenaga penggerak dan penerangan dapat dipenuhi dari PLN maupun dengan pengadaan tenaga pembangkit listrik sendiri. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- a. Ada tidaknya dan jumlah tenaga listrik di daerah itu.
- b. Harga tenaga listrik dan bahan bakar dimasa mendatang.
- c. Mudah tidaknya mendapatkan bahan bakar.

D. Iklim dan Alam Sekitarnya

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

1. Keadaan alam : alam yang menyulitkan konstruksi akan mempengaruhi spesifikasi peralatan dan konstruksi peralatan.
2. Keadaan angin (kecepatan dan arahnya), pada situasi terburuk yang pernah terjadi di tempat itu.
3. Gempa bumi yang pernah terjadi.
4. Kemungkinan untuk perluasan dimasa yang akan datang.

E. Karakteristik dari Lokasi

1. Apakah merupakan lokasi bekas sawah, rawa, bukit dan sebagainya.
2. Harga tanah dan fasilitas lainnya.

F. Masalah Lingkungan

1. Apakah merupakan pedesaan atau perkotaan.
2. Fasilitas rumah, sekolah dan tempat ibadah.
3. Fasilitas rekreasi dan kesehatan.

G. Undang-undang dan peraturan yang ada.

H. Perpajakan dan asuransi.

I. Kemungkinan yang dipilih.

9.2 Faktor Pemilihan Lokasi

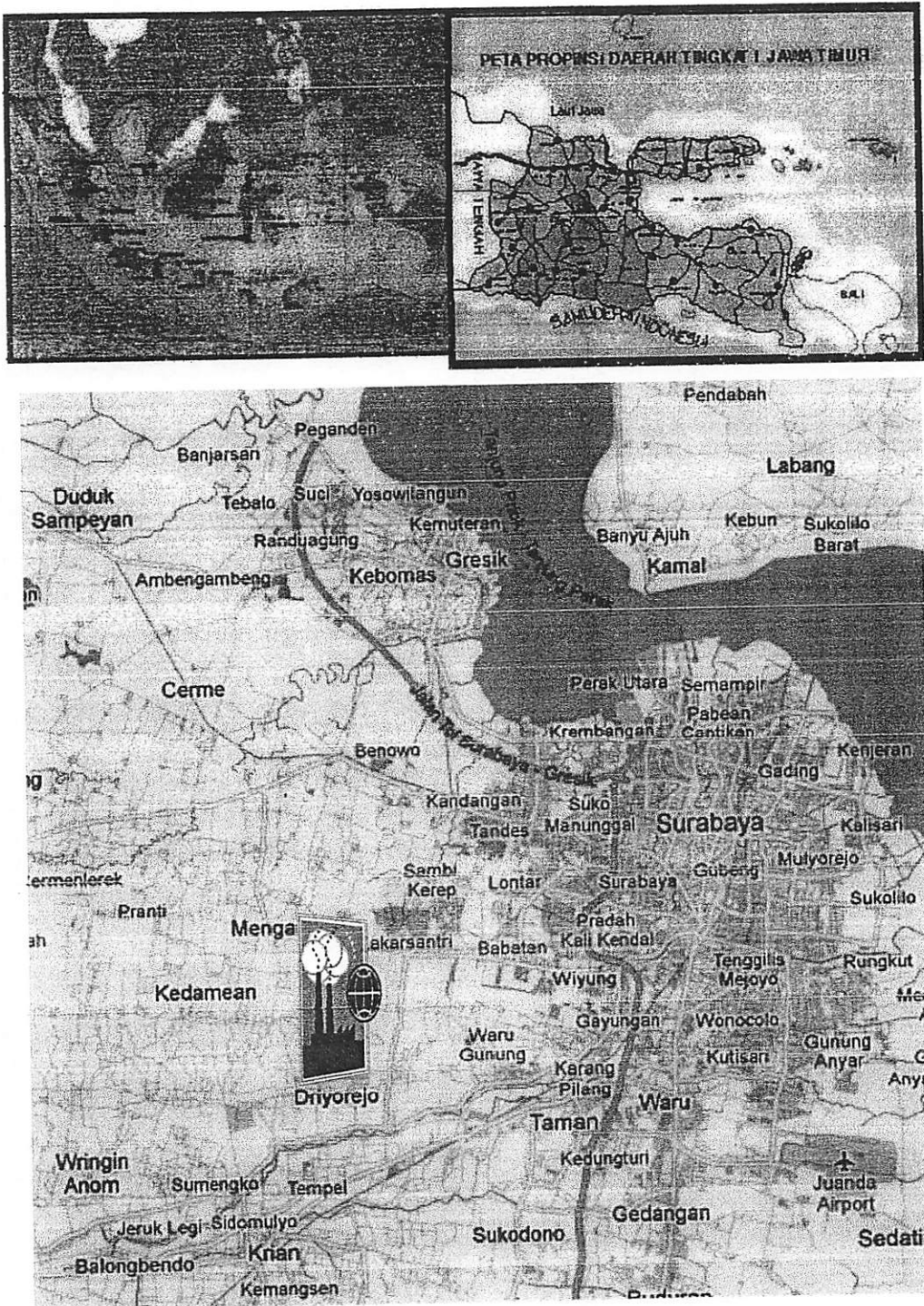
Dari pertimbangan diatas, maka lokasi pabrik aluminium sulfat dari bauksit dan asam sulfat pada pra rencana pabrik ini dipilih Kecamatan Driyorejo Kabupaten Gresik

Faktor-faktor utama yang menentukan lokasi pabrik ini diuraikan sebagai berikut :

A. Letak Daerah Pemasaran

Lokasi pabrik berada dalam kawasan industri dan dekat dengan daerah industri di Surabaya yang merupakan pusat perdagangan di Jawa Timur. Produk aluminium sulfat dari pabrik ini diproyeksikan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, terutama sebagai bahan baku untuk pabrik-pabrik kimia antara lain di Kawasan Industri Manyar Gresik, Kawasan Industri SIER, Kawasan Industri PIER, Kawasan Industri Ngoro-Mojokerto dan Kawasan Industri Merak Jawa Barat.

Lokasi dekat dengan daerah tujuan pemasaran ini dapat menekan biaya pengangkutan produk sehingga diperoleh hasil



Gambar 9.2.1. Peta Lokasi Pabrik Aluminium Sulfat

9.3 Tata Letak Pabrik / Plant Lay Out

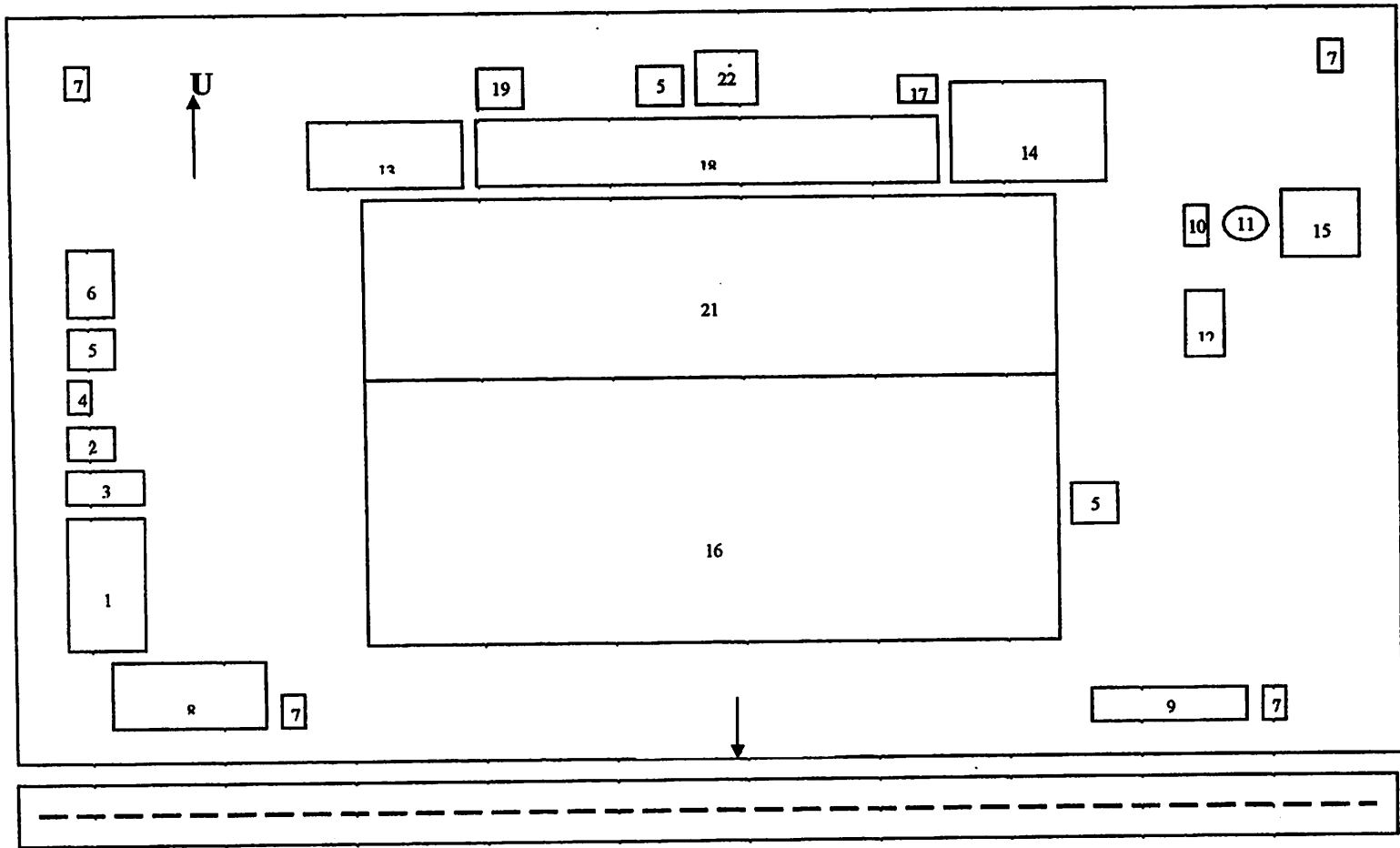
Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan plant lay out dari pabrik aluminum sulfat ini adalah :

- a. Distribusi atau penyaluran secara ekonomis dari kebutuhan air dan energi.
- b. Kemungkinan perluasan masa depan.
- c. Kemungkinan timbulnya bahaya-bahaya seperti kebakaran, ledakan, dan timbulnya asap/gas-gas dan lain-lain.
- d. Adanya ruangan kosong untuk pergerakan tenaga kerja dan pemindahan barang-barang.
- e. Pondasi dari bangunan gedung dan mesin-mesin.
- f. Bentuk kerangka bangunan, tembok dan atap.
- g. Penerangan ruangan.
- h. Ventilasi yang baik.

Ukuran luas bangunan dapat dilihat pada Tabel 9.3.1., sedangkan gambar *plant lay out* dapat dilihat pada Gambar 9.3.1.

Tabel 9.3.1. Luas Bangunan Pra Rencana Pabrik Aluminium Sulfat

No.	KETERANGAN	UKURAN	LUAS, m ²	JUMLAH
1.	Kantor	20 x 10	200	1
2.	Poliklinik	5 x 6	30	1
3.	Perpustakaan	5 x 10	50	1
4.	Mushola	5 x 3	15	1
5.	Toilet	6 x 6	108	3
6.	Kantin	10 x 6	60	1
7.	Pos keamanan	3 x 5	60	4
8.	Parkir tamu	20 x 10	200	1
9.	Parkir karyawan	20 x 5	100	1
10.	PMK	6 x 3	18	1
11.	Sumur PMK	-	8	1
12.	Laboratorium	10 x 5	15	1
13.	Gudang Bahan Baku	20 x 10	200	1
14.	Gudang Produk	20 x 15	300	1
15.	Bengkel	10 x 10	100	1
16.	Daerah proses	90 x 40	3600	1
17.	Ruang boiler	5 x 4	20	1
18.	Utilitas	60 x 10	600	1
19.	Ruang pembangkit	6 x 6	36	1
20.	Jalan dan halaman		4651	
21.	Daerah perluasan	90 x 27	2430	1
22.	Ruang control	8 x 8	64	1
Total			13000	



Gambar 9.3.1 Plant Lay Out Pabrik Aluminium Sulfat

Keterangan Gambar :

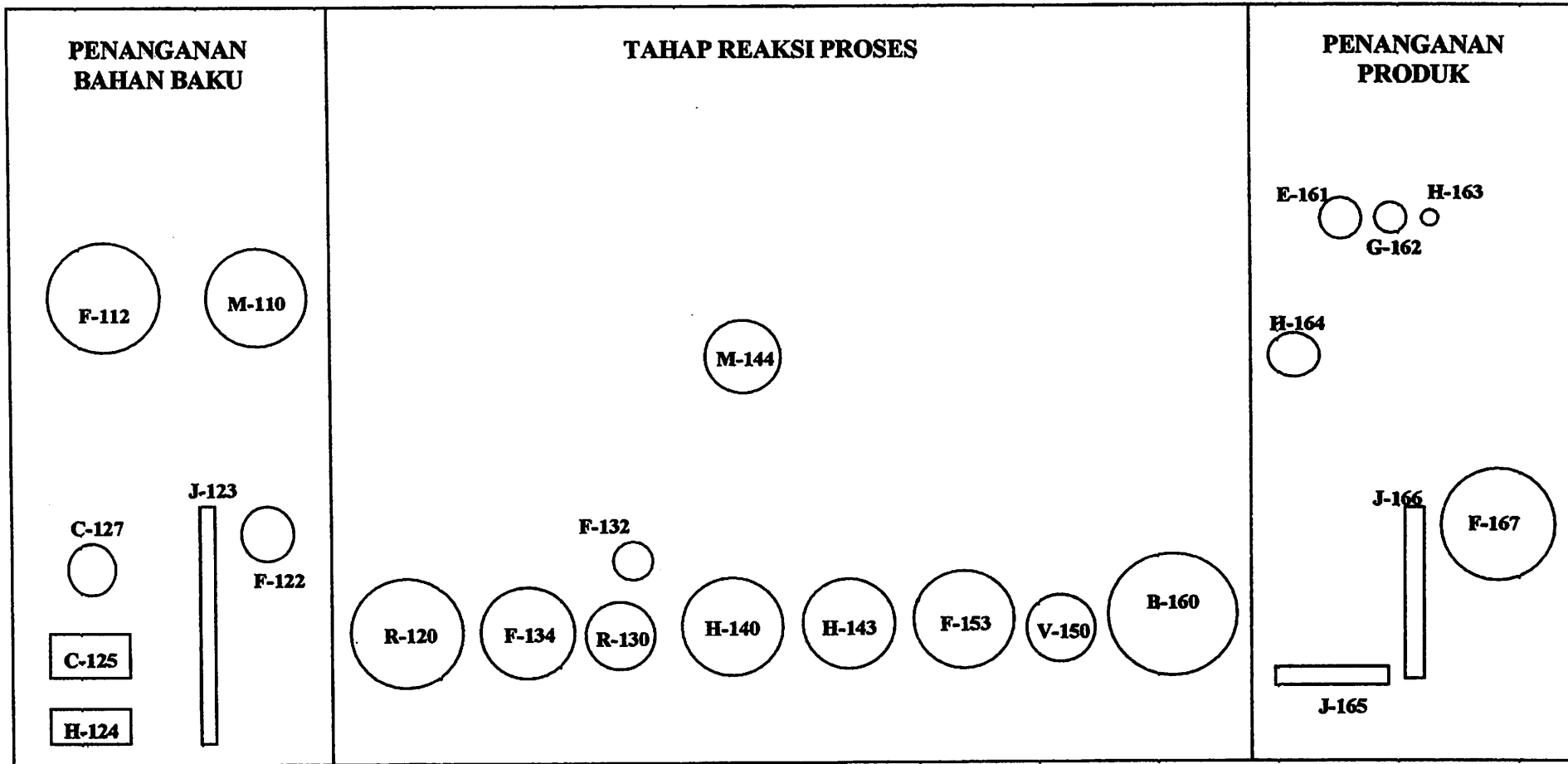
No.	JENIS BANGUNAN
1.	Kantor
2.	Poliklinik
3.	Perpustakaan
4.	Mushola
5.	Toilet
6.	Kantin
7.	Pos keamanan
8.	Parkir tamu
9.	Parkir karyawan
10.	PMK
11.	Sumur PMK
12.	Laboratorium
13.	Gudang bahan baku
14.	Gudang produk
15.	Bengkel
16.	Daerah proses
17.	Ruang boiler
18.	Utilitas
19.	Ruang pembangkit
20.	Jalan dan halaman
21.	Daerah perluasan
22.	Ruang control

9.4 Tata Letak Peralatan Pabrik (*Lay Out Pilot Plant*)

Dalam mengatur peralatan (*Equipment Lay Out*), beberapa faktor yang harus diperhatikan antara lain :

- a. Letak ruangan yang cukup antara ruangan satu dengan ruangan lainnya untuk memudahkan pemeriksaan, perawatan, serta dapat menjamin keselamatan kerja.
- b. Diusahakan agar setiap alat tersusun berurutan sesuai dengan fungsinya masing-masing, sehingga tidak menyulitkan dalam pengoperasiannya.
- c. Walaupun dalam ruangan penuh dengan alat, harus diusahakan agar menimbulkan suasana kerja yang bergairah.
- d. Harus diperhatikan letak peralatan, agar keselamatan operator terjamin.

Adapun *Lay Out Pilot Plant* peralatan proses Pra Rencana Pabrik Aluminium Sulfat dapat dilihat pada Gambar 9.4.1.



Gambar 9.4.1 Lay Out Pilot Plant

Keterangan Gambar :

1. F – 111 : Tangki Penampung H_2SO_4 98 %
2. M – 110 : Tangki Pengencer H_2SO_4 48%
3. J – 128 : Belt Conveyor
4. C - 127 : Roll Crusher
5. J – 126 : Belt Conveyor
6. C – 125 : Ball Mill
7. H – 124 : Screen
8. J – 123 : Bucket Elevator
9. R – 120 : Reaktor I
10. F – 134 : Bin Produk Reaktor I
11. F – 132 : Hopper BaS
12. R – 130 : Reaktor II
13. M – 144 : Tangki Pengencer flake glue
14. H – 143 : Clarifier
15. H – 140 : Thickener
16. F – 153 : Tangki Feed Evaporator
17. V – 150 : Evaporator
18. F – 167 : Hopper Aluminium Sulfat
19. J – 166 : Bucket Elevator
20. J – 165 : Cooling Conveyor
21. H – 164 : Cyclone
22. H – 163 : Filter Udara
23. G – 162 : Blower

24. H - 161 : Heater

25. B - 160 : Spray Dryer

BAB X

STRUKTUR DAN ORGANISASI PERUSAHAAN

Organisasi merupakan kegiatan dari orang-orang tertentu dengan menggunakan faktor-faktor produksi tertentu lainnya yaitu alam, tenaga kerja dan modal dengan gabungan yang sebaik-baiknya, berusaha untuk merealisasikan tujuan yang telah ditentukan sebelumnya.

Organisasi sangat menentukan proses kehidupan suatu perusahaan, sebab didalam organisasi akan ditentukan dan diatur segala kebijakan untuk mengemudikan perusahaan sesuai dengan arah dan tujuan perusahaan itu sendiri.

Bentuk perusahaan yang direncanakan :

Bentuk perusahaan : Perseroan terbatas (PT)

Jenis industri : Kimia dasar

Status perusahaan : Swasta

Lokasi perusahaan : Kawasan Industri Driyorejo, Kabupaten Gresik

Lapangan Usaha : Memproduksi Aluminium Sulfat

Kapasitas Produksi : 90.000 ton / tahun

10.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik aluminium sulfat ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Dasar-dasar pertimbangan dari pemilihan bentuk perusahaan ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat menghimpun modal dari penjualan saham.

2. Tanggung jawab terbatas pada pemegang saham, karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran produksi dipegang oleh pimpinan perusahaan.
3. Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham, sedangkan pelaksanaannya ditangan dewan komisaris.
4. Kehidupan PT lebih terjamin, karena tidak terpengaruh oleh kepentingan atau berhentinya seorang pemegang saham, direksi maupun karyawan.

10.2 Sistem Organisasi

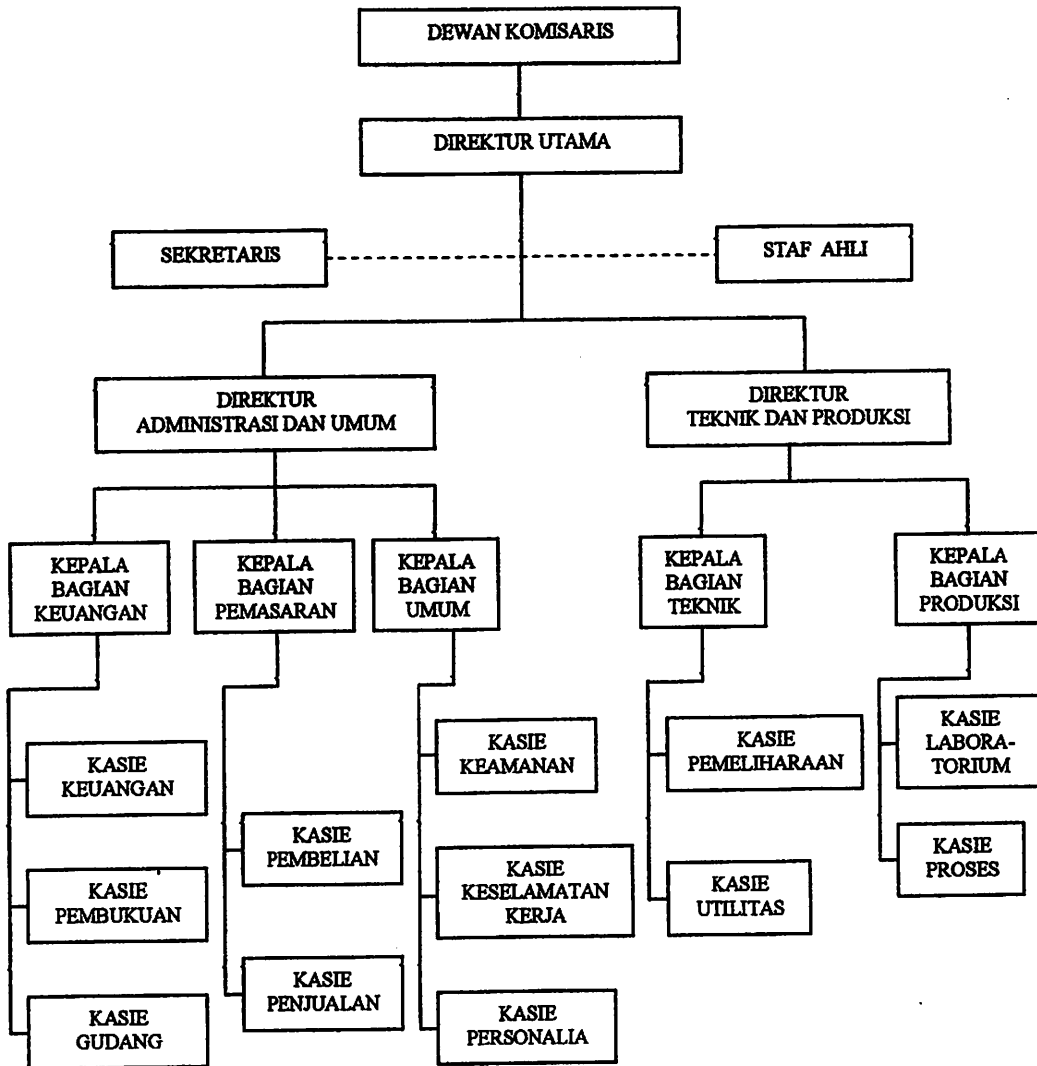
Untuk mendapatkan suatu organisasi yang baik ada beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman antara lain :

1. Perumusan tujuan organisasi dengan jelas.
2. Pendelegasian kekuasaan.
3. Pembagian tugas pekerjaan.
4. Rentang pengawasan.
5. Kesatuan perintah dan tanggung jawab.
6. Organisasi yang fleksibel.

Dengan menggunakan azas-azas diatas, maka perlu diperoleh bentuk struktur organisasi yaitu garis dan staf. Kesatuan dalam pimpinan yang merupakan salah satu kebijakan sistem organisasi ini tetap diperhatikan, demikian pula kebijakan dalam pembagian perusahaan yang terdapat pada sistem organisasi fungsional. Untuk mencapai hal ini maka

dibentuk staf yang terdiri dari beberapa ahli. Bentuk Organisasi garis dan staf ini mempunyai keuntungan antara lain :

1. Dapat dipergunakan oleh setiap organisasi yang mempunyai tujuan yang bagaimanapun juga besarnya.
2. Ada pembagian yang jelas antara pimpinan, staf, dan pelaksana.
3. Bakat-bakat yang berbeda dari karyawan dapat dikembangkan menjadi suatu spesialisasi.
4. Sistem penempatan "*The Right Man in The Right Place*" lebih mudah untuk dilaksanakan.
5. Pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan cepat walaupun banyak orang yang diajak berunding. Hal ini disebabkan karena pimpinan perusahaan dapat mengambil keputusan yang mengikat.
6. Pengambilan keputusan yang lebih sehat lebih mudah dicapai karena ada anggota-anggota staf yang ahli dalam bidangnya yang dapat memberikan nasehat dan dapat mengerjakan suatu perencanaan yang teliti.
7. Koordinasi dapat pula dengan mudah dikerjakan karena sudah ada pembagian tugas masing-masing.
8. Disiplin dan moral karyawan biasanya tinggi, karena tugas yang dilaksanakan oleh seseorang sesuai dengan bakat, keahlian, dan pengalamannya.



Gambar 10.2.1 Bagan Struktur Organisasi Garis dan Staff

Kedudukan staf setingkat dengan kepala bagian. Staf membantu dan memberi nasihat tidak langsung kepada para karyawan, melainkan kepada pejabat tingkat pengawasan (supervisor) dengan keahlian yang dimilikinya.

Dalam pelaksanaan pekerjaan sehari-hari, pemegang saham diwakili oleh dewan komisaris, sedang pelaksanaannya dipegang oleh seorang direktur utama yang dibantu oleh dua orang direktur lagi yaitu direktur teknik dan produksi dan direktur administrasi dan keuangan serta beberapa kepala bagian, yaitu kepala bagian teknik, kepala bagian produksi, kepala bagian administrasi dan keuangan, kepala bagian keuangan dan kepala bagian umum. Setiap kepala bagian membawahi beberapa seksi dan dalam pelaksanaannya, tugas masing-masing seksi dibantu oleh kepala urusan yang sesuai dengan bidangnya.

10.3 Tugas dan Wewenang

A. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi pabrik tersebut. Para pemilik saham adalah pemilik perusahaan yang mana melalui rapat umum pemegang saham mereka. Tugas dan wewenang pemegang saham adalah :

1. Mengangkat dan memberhentikan dewan komisaris.
2. Mengangkat dan memberhentikan direksi.

3. Mengesahkan hasil-hasil usaha, neraca perhitungan laba rugi tahunan.

B. Dewan Komisaris

Dewan komisaris bertindak sebagai pemegang saham dan semua keputusan ditentukan oleh rapat persero.

Tugas-tugas Dewan Komisaris adalah :

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi, tentang kebijakan umum dan target laba, alokasi sumber-sumber yang ada dan pengarahan pemasaran.
2. Mengawasi tugas direksi.
3. Mengurus perusahaan.

C. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan perusahaan dan penanggung jawab utama dalam perusahaan secara keseluruhan. Waktu jabatan direktur utama umumnya ditentukan melalui Rapat Umum.

Tugas-tugas Direktur Utama adalah :

1. Menunjukkan kebijakan serta rencana perusahaan.
2. Menentukan struktur organisasi perusahaan dalam penerimaan karyawan.
3. Menjaga dan mempertahankan kelancaran produksi serta berusaha untuk mengembangkannya.

4. Menetapkan kebijakan dalam keuangan, gaji karyawan, pemberian hadiah, promosi, dan lain sebagainya.

D. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur ini bertanggung jawab atas :

1. Jalannya proses dan operasi pabrik.
2. Jumlah mutu produksi serta pengembangannya.
3. Pemeliharaan dan perbaikan.
4. Pengendalian terhadap proses produksi.

E. Direktur Administrasi dan Keuangan

Direktur ini bertanggung jawab atas :

1. Pembukuan perusahaan.
2. Personalia, kesejahteraan karyawan dan keamanan pabrik.
3. Neraca perdagangan dan keuangan perusahaan.
4. Pemasaran hasil produksi.
5. Pengadaan persediaan dan pergudangan.

F. Kepala Bagian

Kepala bagian secara umum berfungsi untuk mengatur, mengkoordinasikan, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dari kepala seksi dan memberikan saran-saran serta pertimbangan-pertimbangan dan laporan kegiatan dari hasil yang telah dicapai oleh masing-masing seksinya. Adapun kepala-kepala bagian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Kepala Bagian Teknik

Tugas pokok dari kepala bagian ini adalah :

- a. Bertanggung jawab atas kegiatan teknik (utilitas, sistem pembangkit tenaga listrik dan pemeliharaan).
- b. Merencanakan dan mengatur pelaksanaan kegiatan teknik agar diperoleh hasil yang maksimum dan efektif.

2. Kepala Bagian Produksi

Tugas pokoknya adalah :

- a. Mengatur dan melaksanakan pengawasan terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan kelancaran proses produksi dan mutu produksi.
- b. Merencanakan sistem produksi yang efisien.

3. Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan

Tugas pokoknya adalah :

- a. Bertanggung jawab atas pelaksanaan administrasi dan keuangan.
- b. Merencanakan dan mengatur pelaksanaan administrasi.

4. Kepala Bagian Pemasaran

Tugas Pokoknya adalah :

- a. Bertanggung jawab atas pelaksanaan perdagangan hasil produksi dan kebutuhan perusahaan.
- b. Merencanakan dan mengatur pelaksanaan aktivitas pemasaran hasil produksi sesuai dengan kebutuhan konsumen.
- c. Menentukan harga hasil produksi.

5. Kepala Bagian Umum

Tugas pokok kepala bagian ini adalah bertanggung jawab atas semua kegiatan yang berkaitan dengan masalah-masalah umum.

G. Kepala Seksi

Pabrik aluminium sulfat ini direncanakan memiliki jumlah seksi sebanyak sebelas dengan pembagian sebagai berikut :

1. Kepala Seksi Pemeliharaan

Kepala seksi ini bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Teknik dengan tugas pokok :

- a. Merencanakan rencana kerja pemeliharaan secara berkesinambungan bagi peralatan pada waktu-waktu tertentu.
- b. Melaksanakan repesive maintenance, yaitu pemeliharaan dan perbaikan mendadak karena adanya kerusakan akibat kesalahan kerja.
- c. Bertanggung jawab atas peralatan dan instrumentasi dalam pabrik agar dapat bekerja dengan baik.
- d. Melaksanakan pekerjaan perbengkelan termasuk didalamnya kegiatan mekanis, perpipaan dan pengelasan.

2. Kepala Seksi Utilitas

Termasuk bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Teknik dengan tugas pokok :

- a. Mengawasi dan melaksanakan proses utilitas beserta perawatannya.
- b. Bertanggung jawab atas kebutuhan-kebutuhan proses produksi yang berhubungan dengan utilitas.

3. Kepala Seksi Proses

Kepala seksi ini bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Produksi dengan tugas pokok :

- a. Mengawasi dan melaksanakan proses produksi dari bahan baku sampai menjadi produk.
- b. Mengendalikan proses dengan segala instrumentasi yang ada agar proses dapat berjalan lancar.

4. Kepala Seksi Laboratorium

Kepala seksi ini bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Produksi dengan tugas pokok :

- a. Melaksanakan analisis terhadap bahan baku dan produk.
- b. Meneliti mutu produk.

5. Kepala Seksi Pembelian

Kepala seksi ini bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Pemasaran dengan tugas pokok :

- a. Menyelenggarakan dan mengatur pembelian bahan baku.
- b. Mengatur pembelian peralatan, bertanggung jawab atas kelancaran pengadaan kebutuhan pabrik.

6. Kepala Seksi Penjualan

Kepala seksi ini bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Pemasaran dengan tugas pokok :

- a. Menyelenggarakan penjualan hasil produksi mulai dari penerimaan hasil produksi, penyimpanannya sampai pada penjualan produk kepada distributor atau konsumen.
- b. Mengawasi penjualan atau distribusi hasil produksi.
- c. Mengamati pasar agar pabrik dapat selalu mengantisipasi setiap perubahan yang terjadi dan mengambil kebijakan yang tepat.

7. Kepala Seksi Keuangan

Kepala seksi ini bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan dengan tugas pokok :

- a. Melakukan pembayaran dan penerimaan uang serta mengalokasikan penggunaannya.
- b. Mengadakan perencanaan dan pengawasan terhadap kegiatan yang menggunakan uang.

8. Kepala Seksi Pembukuan

Kepala seksi ini bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan dengan tugas pokok :

- a. Melakukan pembukuan terhadap keuangan atau kekayaan milik perusahaan.
- b. Membuat laporan neraca penggunaan uang tiap kuartal.

9. Kepala Seksi Gudang

Kepala seksi ini bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan dengan tugas pokok :

- a. Menyelenggarakan pergudangan untuk bahan baku dan peralatan yang diperlukan oleh pabrik.
- b. Mengendalikan persediaan suku cadang yang diperlukan.

10. Kepala Seksi Personalia

Kepala seksi ini bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Umum dengan tugas pokok :

- a. Melakukan penerimaan pegawai serta membina dan mengatur personel.
- b. Mengatur jaminan-jaminan sosial pegawai yang bersifat terus menerus (kesehatan, perumahan dan lain-lain).
- c. Mengatur pelayanan umum yang menunjang kelancaran serta gairah kerja pegawai (kendaraan, makan dan lain-lain).
- d. Memberikan perawatan terhadap pegawai yang bekerja dalam pabrik.
- e. Mengusahakan agar kondisi kerja dalam semua bagian pabrik memenuhi syarat kesehatan dan keselamatan kerja.
- f. Melakukan pengobatan terhadap pegawai yang sakit.

11. Kepala Seksi Keamanan dan Keselamatan Kerja

Kepala seksi ini bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Umum dengan tugas pokok :

- a. Menjaga keamanan pabrik dari ancaman dan bahaya eksternal maupun internal.
- b. Melakukan pemeliharaan terhadap peralatan yang dipakai untuk mencegah bahaya kebakaran atau ledakan.
- c. Melatih dan mendidik pegawai untuk menanggulangi ancaman bahaya yang mungkin terjadi saat kerja.

10.4 Pembagian Waktu Kerja

Pabrik direncanakan beroperasi 300 hari/tahun, 24 jam/hari, sedang sisa hari selain hari libur dipergunakan untuk pemeliharaan dan perbaikan peralatan pabrik.

Waktu kerja karyawan dibedakan sebagai berikut :

1. Jam kerja karyawan non-shift

- a. Senin sampai Kamis : 07.00 – 12.00, 13.00 – 15.00
- b. Jum'at : 07.00 – 11.00, 13.00 – 14.00
- c. Sabtu : 07.00 – 12.00, 13.00 – 14.00

2. Jam kerja karyawan shift :

- a. Shift I (pagi) : 07.00 – 15.00
- b. Shift II (siang) : 15.00 – 23.00
- c. Shift III (malam) : 23.00 – 07.00

Pengaturan pergantian shift untuk karyawan shift ini dilakukan seminggu sekali. Karyawan shift ini dibagi dalam 4 kelompok (regu) dengan 3 shift kerja dan 1 shift istirahat. Jadwal kerja masing-masing regu di tabelkan pada tabel 10.1.

Tabel 10.4.1 Jadwal Kerja Tiap Regu

hari ke regu	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
I	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P
II	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S
III	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L
IV	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M

Keterangan :

P = Pagi

S = Siang

M = Malam

L = Libur

X.5. Status Karyawan dan Sistem Upah

Pada pabrik ini sistem upah karyawan berbeda-beda, tergantung dari status karyawan dan tingkat pendidikan serta keahlian karyawan.

Menurut status karyawan dibedakan menjadi tiga bagian sebagai berikut :

a. Karyawan tetap

adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan Direksi dan mendapatkan gaji bulanan berdasarkan keputusan, keahlian dan masa kerja.

b. Karyawan harian

adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan Direksi tanpa surat keputusan dari direksi dan menerima upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

c. **Pekerja borongan**

adalah pekerja yang diupah oleh pabrik bila diperlukan saja, seperti untuk bongkar muat barang. Pekerja borongan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan tertentu.

10.6 Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah pembayaran yang diterima oleh pihak karyawan. Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan kepada karyawan antara lain :

- a. Pakaian kerja, yang diberikan kepada karyawan tetap.
- b. Tunjangan, yang diberikan kepada para karyawan tetap berupa uang yang dikeluarkan bersama-sama dengan gaji. Besarnya disesuaikan dengan besarnya gaji, kedudukan, keahlian dan masa kerja.
- c. Pengobatan dapat dilakukan di poliklinik perusahaan secara gratis atau pada rumah sakit atau dokter yang ditunjuk oleh perusahaan.

10.7 Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Jumlah tenaga kerja dan daftar gaji atau upah karyawan di pabrik

Aluminium sulfat ini dapat dilihat pada tabel berikut di bawah ini :

Tabel 10.7.1 Gaji Karyawan per Bulan

No.	Jabatan	Jumlah orang	Gaji (Rp / orang)	Jumlah Gaji (Rp)
1.	Dewan Komisaris	5	3,000,000	15,000,000
2.	Direktur Utama	1	13,000,000	13,000,000
3.	Wakil Direktur Utama	1	12,000,000	12,000,000
4.	Sekretaris	1	2,250,000	2,250,000
5.	Direktur Produksi	1	10,000,000	10,000,000
6.	Direktur Keuangan & Umum	1	10,000,000	10,000,000
7.	Kabag Produksi	1	4,000,000	4,000,000
8.	Kabag Teknik	1	4,000,000	4,000,000
9.	Kabag Pemasaran	1	4,000,000	4,000,000
10.	Kabag Keuangan	1	4,000,000	4,000,000
11.	Kabag Umum	1	4,000,000	4,000,000
12.	Staff Ahli	2	3,500,000	7,000,000
13.	Kasie Proses	1	3,000,000	3,000,000
14.	Kasie Pengendalian	1	3,000,000	3,000,000
15.	Kasie laboratorium	1	3,000,000	3,000,000
16.	Kasie Utilitas	1	3,000,000	3,000,000
17.	Kasie Pemeliharaan	1	3,000,000	3,000,000
18.	Kasie Penjualan	1	3,000,000	3,000,000
19.	Kasie Pembelian	1	3,000,000	3,000,000

20.	Kasie Administrasi	1	3,000,000	3,000,000
21.	Kasie Kas	1	3,000,000	3,000,000
22.	Kasie Personalia	1	3,000,000	3,000,000
23.	Kasie Humas	1	3,000,000	3,000,000
24.	Kasie Keamanan	1	3,000,000	3,000,000
25.	Karyawan Proses	48	1,300,000	62,400,000
26.	Karyawan Pengendalian	8	1,300,000	10,400,000
27.	Karyawan Laboratorium	4	1,300,000	5,200,000
28.	Karyawan Pemeliharaan	4	1,300,000	5,200,000
29.	Karyawan Utilitas	16	1,300,000	20,800,000
30.	Karyawan Pembelian	4	1,300,000	5,200,000
31.	Karyawan Pembukuan	5	1,300,000	6,500,000
32.	Karyawan Administrasi	4	1,300,000	5,200,000
33.	Karyawan Personalia	5	1,300,000	6,500,000
34.	Karyawan Pemasaran	4	1,300,000	5,200,000
35.	Karyawan Keamanan	16	1,100,000	17,600,000
36.	Sopir dan Pesuruh	6	850,000	5,100,000
37.	Dokter	2	4,000,000	4,000,000
38.	Perawat	1	1,000,000	1,000,000
Total		152		285,550,000

BAB XI

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi didalam suatu perencanaan pabrik adalah sangat penting, karena dengan perhitungan ekonomi ini dapat diketahui apakah pabrik yang direncanakan ini layak untuk didirikan atau tidak.

faktor-faktor yang perlu untuk ditinjau antara lain :

1. Laju pengembalian modal (*Internal Rate of Return*)
2. Waktu pengembalian modal (*Pay Out Periode*)
3. Titik impas (*Break Even Point*)

Untuk meninjau faktor-faktor diatas, perlu adanya penafsiran terhadap beberapa faktor, yaitu :

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*), meliputi :
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*), meliputi :
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya plant overhead (*Plant Overhead Cost*)
 - c. Biaya pengeluaran umum (*General Expances*)
3. Pendapatan total

Untuk mengetahui besar tidaknya titik impas, maka perlu diadakan penafsiran terhadap :

- a. Biaya tetap
- b. Biaya semi tetap

11.1 Harga Peralatan

Karena harga peralatan cenderung naik tiap tahun, maka untuk menentukan harga sekarang, ditaksir harga-harga tahun sebelumnya berdasarkan indeks harga. Perhitungan harga alat dapat dilihat pada tabel D.1., pada appendix D.

11.2 Penentuan Total Capital Investment (TCI)

A. Modal Langsung (Direct Cost)

1. Harga Peralatan (E)		Rp.	23.546.217.818
2. Instalasi dan pemasangan	40% E	Rp.	9.418.487.127
3. Instrument dan Control	15% E	Rp.	3.531.932.673
4. Perpipaan	20% E	Rp.	4.709.243.564
5. Listrik Terpasang	10% E	Rp.	<u>2.354.621.782 +</u>
	<i>Free On Board (FOB)</i>	Rp.	43.560.502.963
6. Biaya Pengangkutan	10% FOB	Rp.	<u>4.356.050.296 +</u>
	<i>Cost and Freight (C&F)</i>	Rp.	47.916.553.260
7. Asuransi	5% C&F	Rp.	<u>2.395.827.663 +</u>
	<i>Cost Insurance Freight (CIF)</i>	Rp.	50.312.380.923
8. Biaya Angkutan ke Pabrik	10% CIF	Rp.	5.031.238.092
9. Pemasangan dan Pengecatan	15% E	Rp.	3.531.932.673
10. Fasilitas Service & Yard Improvement	25% E	Rp.	5.886.554.455
11. Tanah	8% E	Rp.	1.883.697.425
12. Bangunan	20% E	Rp.	<u>3.716.400.000 +</u>
	<i>Direct Cost (DC)</i>	Rp.	70.362.203.568

B. Modal Tidak langsung

13. Engineering and Supervisi	35% E	Rp.	8.241.176.236
14. Biaya Konstruksi	40% E	Rp.	<u>9.418.487.127 +</u>
<i>Indirect Cost (IC)</i>		Rp.	17.659.663.364

C. Total Plant Cost (TPC)

15. Total TPC (DC + IC)		Rp.	88.021.866.931
16. Kontraktor	15% TPC	Rp.	13.203.280.040
17. Biaya tak terduga	15% (DC + IC)	Rp.	<u>13.203.280.040 +</u>
		Rp.	26.406.560.079

D. Modal Tetap (FCI)

Rp. 114.428.427.010

E. Modal Kerja (WCI)

18. Modal Kerja	15% (FCI)	Rp.	3.960.984.012
-----------------	-----------	-----	---------------

F. Total Capital Investment (TCI) (FCI + WCI)

19. FCI + WCI		Rp.	118.389.411.022
---------------	--	-----	-----------------

G. Modal Perusahaan

Modal Perusahaan dibagi :

60% Modal sendiri	Rp.	71.033.646.613
40% Modal pinjam bank	Rp.	<u>47.355.764.409</u>
	Rp.	118.389.411.022

11.3 Biaya Produksi Total (Total Production Cost)

A. Biaya Produksi Langsung

1. Gaji Karyawan 1 tahun (TK)	Rp.	3.426.600.000
2. Bahan baku (1 tahun)	Rp.	88.971.105.613
3. Biaya Utilitas (1 tahun)	Rp.	5.306.080.981
4. Biaya Packaging (1 tahun)	Rp.	675.000.000
5. Biaya Laboratorium 10% (TK)	Rp.	342.660.000

6. Biaya Supervisi	15% (TK)	Rp.	513.990.000
7. Biaya pemeliharaan dan perbaikan	10% FCI	Rp.	2.640.656.008
8. Operating Supplies	20% Pemeliharaan	Rp.	<u>528.131.202 +</u>
Biaya Produksi Langsung (DPC)			Rp. 102.404.223.804

B. Biaya Produksi Tetap

1. Depresiasi alat	20% (FCI)	Rp.	5.281.312.016
2. Depresiasi Bangunan	5% (FCI)	Rp.	5.721.421.351
3. Asuransi	3% FCI	Rp.	792.196.802
4. Pajak lokal	5% FCI	Rp.	1.320.328.004
5 Bunga Bank	20%	Rp.	<u>9.471.152.882 +</u>
Biaya Produksi Tetap (FPC)			Rp. 22.586.411.054

C. Biaya Over Head

45% Gaji Karyawan (TK)	Rp.	1.541.970.000
------------------------	-----	---------------

Total Biaya Pembuatan (COM)

Biaya Pembuatan = DPC + FPC + Biaya Over Head

Rp. 126.532.604.858

D. Biaya Pengeluaran Umum (General Expenses)

1. Biaya Administrasi	15% (TK)	Rp.	513.990.000
2. Biaya distribusi & pemasaran	2% DPC	Rp.	2048084476
3. Biaya penelitian & pengembangan	3% DPC	Rp.	<u>3072126714 +</u>
Total		Rp.	5.634.201.190

E. Biaya Produksi Total (TPC)

Biaya Produksi Total = Biaya Pembuatan + Biaya Pengeluaran Umum

TPC = General Expenses + COM

TPC = 5.634.201.190 + 126.532.604.858

TPC = Rp. 132.166.806.048

11.4. Laba Perusahaan

Laba perusahaan, yaitu keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk.

Total penjualan per tahun = Rp. 193.500.000.000

$$\begin{aligned} \text{Laba Kotor} &= \text{Harga Jual} - \text{Biaya Produksi} \\ &= \text{Rp. 193.500.000.000} - \text{Rp. 132.166.806.048} \\ &= \text{Rp. 61.333.193.952} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pajak Penghasilan} &= 30\% \text{ dari Laba Kotor} \\ &= 30\% \times \text{Rp. 61.333.193.952} \\ &= \text{Rp. 18.399.958.186} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laba Bersih} &= \text{Laba Kotor} \times (1 - \% \text{pajak}) \\ &= \text{Rp. 61.333.193.952} \times (1 - 0,3) \\ &= \text{Rp. 42.933.235.766} \end{aligned}$$

Nilai Penerimaan Cash Flow setelah pajak (CA)

$$\begin{aligned} (\text{CA}) &= \text{Laba Bersih} + \text{Depresiasi Alat} \\ &= \text{Rp. 42.933.235.766} + \text{Rp 5.281.312.016} \\ &= \text{Rp. 48.214.547.782} \end{aligned}$$

11.5. Analisis Probabilitas

11.5.1. Laju Pengembalian Modal (Rate On Investment = ROI)

ROI adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

1. ROI Sebelum Pajak

$$\text{ROI}_{\text{BT}} = \frac{\text{Laba Kotor}}{\text{Modal Tetap}} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{Rp. } 61.333.193.952}{\text{Rp. } 114.428.427.010} \times 100\%$$

$$= 53,6 \%$$

2. ROI Sesudah Pajak

$$\text{ROI}_{\text{AT}} = \frac{\text{Laba Kotor}}{\text{Modal Tetap}} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{Rp. } 42.933.235.766}{\text{Rp. } 114.428.427.010} \times 100\%$$

$$= 37,5 \%$$

$$= 37,5 \% \times \text{Rp. } 118.389.411.022$$

$$= \text{Rp. } 44.419.386.235$$

11.5.2. Lama Pengembalian Modal (Pay Out Time = POT)

POT adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari laba yang dihitung dikurangi dikurangi penyusutan atau waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal investasi.

$$\text{POT} = \frac{\text{Modal Tetap}}{\text{Cash Flow setelah pajak}} \times 1 \text{ Tahun}$$

$$= \frac{\text{Rp. } 114.428.427.010}{\text{Rp. } 48.214.547.782} \times 1 \text{ Tahun}$$

$$= 2,373 \text{ Tahun}$$

11.5.3. Break Even Point (BFP)

BEP adalah titik dimana jika tingkat kapasitas pabrik berada pada titik tersebut maka pabrik tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya produksi.

$$\text{BEP} = \frac{\text{FC} + (0,3\text{SVC})}{\text{S} - (0,7\text{SVC}) - \text{VC}} \times 1 \text{ Tahun}$$

A. Biaya Produksi Tetap (FC=FPC)	Rp.	22.586.411.054
B. Biaya Variabel (VC)		
Bahan Baku 1 Tahun	Rp.	88.971.105.613
Biaya Utilitas 1 Tahun	Rp.	5.306.080.981
Biaya Pengemasan 1 Tahun	Rp.	675.000.000
Total Biaya Variabel	Rp.	94.952.186.594
C. Biaya Semi Variabel (SVC)		
Biaya Umum	Rp.	5.634.201.190
Biaya Over Head	Rp.	1.541.970.000
Penyediaan Operasi	Rp.	1.320.328.004
Biaya Lab	Rp.	342.660.000
Gaji Karyawan Langsung	Rp.	3.426.600.000
Supervisi	Rp.	513.990.000
Pemeliharaan dan Perawatan	Rp.	2.640.656.008
Total Biaya Semi Variabel	Rp.	15.420.405.202
D. Harga Penjualan (S)	Rp.	193.500.000.000

$$\begin{aligned}
 \text{BEP} &= \frac{\text{FC} + (0,3\text{SVC})}{\text{S} - (0,7\text{SVC}) - \text{VC}} \times 100\% \\
 &= \frac{22.586.411.054 + 15.420.405.202 \times 0,3}{193.500.000.000 - 15.420.405.202 \times 0,7 - 94.952.186.594} \\
 &= \frac{27.212.532.615}{87.753.529.764} \times 100\% \\
 &= 31,01 \%
 \end{aligned}$$

Titik BEP terjadi pada kapasitas produksi = 31,01 % x 90000 ton/tahun
 = 27909,16721 ton/tahun

Nilai BEP untuk pabrik Aluminium Sulfat berada diantara nilai 30 – 65%, sehingga nilai BEP diatas memadai.

Untuk produksi tahun pertama kapasitas pabrik 90 % dari kapasitas yang sesungguhnya, sehingga keuntungan adalah :

$$\frac{Pbi}{PB} = \frac{(100 - BEP) - (100 - Kapasitas)}{(100 - BEP)}$$

dimana :

PBi = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

PB = keuntungan pada kapasitas 100%

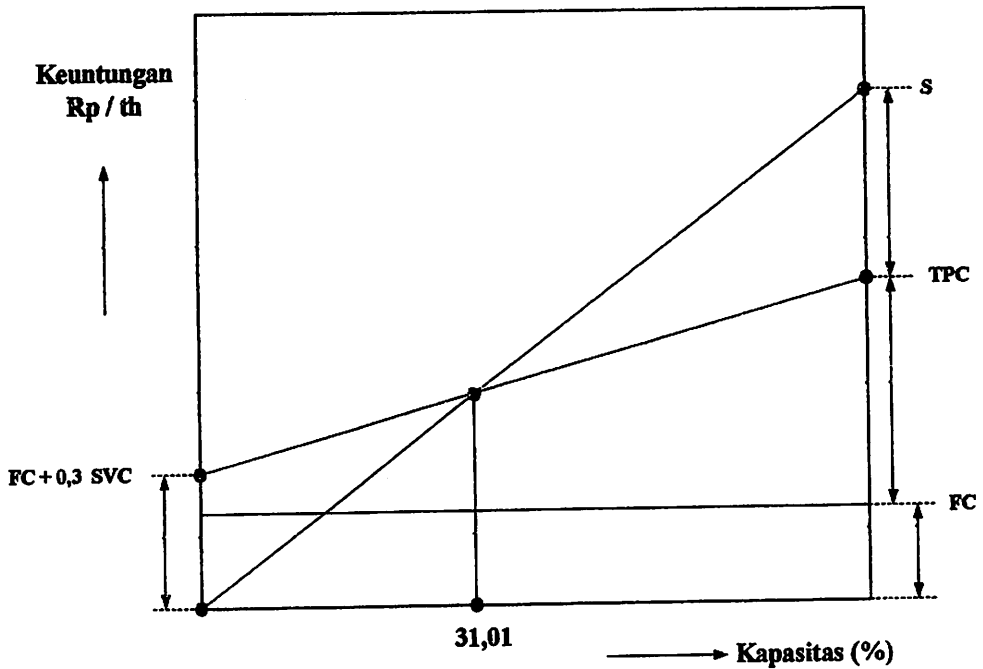
% Kapasitas = % kapasitas yang tercapai

$$\frac{Pbi}{Rp. 42.933.235.766} = \frac{(100 - 34,17) - (100 - 90)}{(100 - 34,17)}$$

$$PBi = Rp.36.710.109.026$$

Sehingga Cash Flow setelah pajak untuk tahun pertama adalah :

$$\begin{aligned} CA &= \text{Laba Bersih Tahun Pertama} + \text{Depresiasi Alat} \\ &= Rp. 36.710.109.026 + Rp. 5.281.312.016 \\ &= Rp. 41.991.421.041 \end{aligned}$$



Gambar 11.5.3.1 Break Event Point Pra Rencana Pabrik Aluminium Sulfat

11.5.4. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik masih boleh beroperasi.

$$\begin{aligned}
 \text{SDP} &= \frac{(0,3\text{SVC})}{S - (0,7\text{SVC}) - \text{VC}} \times 100\% \\
 &= \frac{15.420.405.202 \times 0,3}{193.500.000.000 - 15.420.405.202 \times 0,7 - 94.952.186.594} \\
 &= \frac{4.626.121.561}{87.753.529.764} \times 100\% \\
 &= 5,27 \%
 \end{aligned}$$

Titik Shut Down Point terjadi Pada Kapasitas = 5,27 % x 90.000 Ton/tahun
 = 4.744,5492 Ton/tahun

11.5.5. Net Present Value (NPV)

Motode ini digunakan untuk menghitung selisih dari nilai penerimaan kas bersih sekarang dengan nilai investasi sekarang.

Langkah – langkah menghitung NPV :

a. Menghitung CA₀ (tahun ke-0) untuk masa konstruksi 2 tahun

$$\begin{aligned}
 C_{A-2} &= 40 \% \times FCI \times (1+i)^2 \\
 &= 40 \% \times \text{Rp. } 114.428.427.010 \times (1+0,2)^2 \\
 &= \text{Rp. } 65.910.773.958 \\
 C_{A-1} &= 60\% \times FCI \times (1+i)^2 \\
 &= 60 \% \times \text{Rp. } 114.428.427.010 \times (1+0,2)^1 \\
 &= \text{Rp. } 82.388.467.447 \\
 C_{A0} &= - (C_{A-1} + C_{A-2}) \\
 &= - \text{Rp. } 82.388.467.447 + \text{Rp. } 65.910.773.958 \\
 &= - \text{Rp. } 148.299.241.405
 \end{aligned}$$

b. Menghitung NPV tiap tahun

$$NPV = CA \times Fd$$

dimana :

CA = Cash Flow setelah Pajak

$$Fd = \text{Faktor Diskon} = \frac{1}{(1+i)^n}$$

n = tahun ke-n

i = tingkat bunga bank

Tabel 11.5.5.1 Cash Flow untuk NPV selama 10 tahun

Tahun	Cash Flow / CA(Rp.)	Fd (i = 0,2)	NPV
0	-148.299.241.405	1	-148.299.241.405
1	41.991.421.041	0,8333	34.992.850.868
2	48.214.547.782	0,6944	33.482.324.849
3	48.214.547.782	0,5787	27.901.937.374
4	48.214.547.782	0,4823	23.251.614.478
5	48.214.547.782	0,4019	19.376.345.399
6	48.214.547.782	0,3349	16.146.954.499
7	48.214.547.782	0,2791	13.455.795.416
8	48.214.547.782	0,2326	11.213.162.846
9	48.214.547.782	0,1938	9.344.302.372
10	48.214.547.782	0,1615	7.786.918.643
Nilai Sisa	0	0,1615	0
WCI	3.960.984.012	0,1615	639.721.032
Jumlah			49.292.686.370

Karena harga NPV = (+) maka pabrik layak untuk didirikan.

11.5.6. Internal Rate Of Return (IRR)

Tabel 11.5.6.1 Cash Flow untuk IRR

Tahun	Cash Flow/CA(Rp)	Fd (i=0,2)	NPV1	Fd (i=0,4)	NPV2
0	-148.299.241.405	1	-148.299.241.405	1	-148.299.241.405
1	41.991.421.041	0,8333	34.992.850.868	0,7692	32.301.093.109
2	48.214.547.782	0,6944	33.482.324.849	0,5917	28.529.318.214
3	48.214.547.782	0,5787	27.901.937.374	0,4552	21.945.629.396
4	48.214.547.782	0,4823	23.251.614.478	0,3501	16.881.253.381
5	48.214.547.782	0,4019	19.376.345.399	0,2693	12.985.579.524
6	48.214.547.782	0,3349	16.146.954.499	0,2072	9.988.907.326
7	48.214.547.782	0,2791	13.455.795.416	0,1594	7.683.774.866
8	48.214.547.782	0,2326	11.213.162.846	0,1226	5.910.596.051
9	48.214.547.782	0,1938	9.344.302.372	0,0943	4.546.612.347
10	48.214.547.782	0,1615	7.786.918.643	0,0725	3.497.394.113
Nilai Sisa	0	0,1615	0	0,0725	0
WCI	3.960.984.012	0,1615	639.721.032	0,0725	287.322.454
Jumlah			49.292.686.370		-3.741.760.625

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \times (i_2 - i_1)$$

$$IRR = 20\% + \frac{49.292.686.370}{49.292.686.370 - -3.741.760.625} \times (40\% - 20\%)$$

$$= 0,2259$$

$$= 22,59 \%$$

Karena harga IRR lebih besar dari bunga bank (20 %), maka pabrik layak didirikan.

BAB XII

KESIMPULAN

Pra Rencana Pabrik Aluminium Sulfat dari bauksit dan asam sulfat dengan proses boliden ini diharapkan dapat mencapai hasil produksi yang maksimal sesuai dengan tujuan, sehingga dapat memenuhi kebutuhan masyarakat dalam negeri.

Dari hasil analisis yang dilakukan, Pra Rencana Pabrik Aluminium sulfat dari bauksit dan asam sulfat ini layak untuk ditindaklanjuti dengan memperhatikan beberapa aspek berikut :

12.1. Segi Teknis

Ditinjau dari segi teknis, proses Pembuatan Aluminium sulfat dengan bauksit dan asam sulfat ini cukup menguntungkan karena bahan baku mudah didapatkan dan hasil yang diperoleh cukup banyak dengan kualitasnya yang cukup baik.

12.2. Segi Sosial

Pendirian pabrik ini dinilai cukup menguntungkan dilihat dari segi sosial karena dapat menciptakan lapangan pekerjaan baru bagi masyarakat, dapat meningkatkan pendapatan per kapita daerah dan meningkatkan devisa negara.

12.3. Segi Lokasi

Penempatan pabrik Aluminium sulfat di daerah Driyorejo Gresik dinilai cukup menguntungkan dari segi lokasi karena :

- a. Merupakan kawasan industri yang dekat dengan daerah industri terbesar di Jawa timur yaitu Surabaya, Pasuruan, dan Mojokerto
- b. Sarana transportasi yang cukup menunjang karena dekat dengan pelabuhan dan jalur lintas utama.
- c. Tenaga kerja yang tersedia cukup banyak dan relatif murah
- d. Persediaan utilitas yang cukup besar

12.4. Segi Ekonomi

Aluminium Sulfat banyak digunakan dalam proses penjernihan dan pengolahan air bagi hampir sebagian besar industri. Pada industri kertas, digunakan sebagai bahan pelicin atau penghalus kertas (sizing) dan digunakan pula sebagai media pengontrol pH. Pada bidang farmasi, digunakan sebagai cairan kompres dan antiseptik untuk kulit. Pada pembuatan bahan kimia, digunakan sebagai zat additive bahan makanan, isolasi bahan selulosa, dan sebagainya.

12.5. Segi Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi sangat diperlukan dalam menentukan layak atau tidaknya suatu pabrik untuk didirikan, baik dalam jangka waktu pendek maupun jangka panjang. Setelah dilakukan perhitungan analisa ekonomi terhadap Pra Rencana Pabrik Aluminium Sulfat, diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\diamond \text{ Total Capital Investment (TCI) = Rp. 118.389.411.022}$$

❖ Pay Out Time (POT)	=	2 tahun 4bulan 5 hari
❖ Break Even Point (BEP)	=	31,01 %
❖ Internal Rate of Return (IRR)	=	22,59 %
❖ Rate of Invesment (ROI _{BT})	=	53,6 %
❖ Rate of Invesment (ROI _{AT})	=	37,5 %

Dengan berpedoman bahwa bunga bank yang berlaku sebesar 20 % dan dengan melihat prosentase ROI lebih tinggi daripada bunga bank, maka Pra Rencana Pabrik Aluminium sulfat dari bauksit dan asam sulfat ini layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, G.G., Kate, D., Foust, AS.S., and Schneidewinel, R., 1950, "*Unit Operation*", Modern Asia Edition, John Willey & Sons Inc., New York.
- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, "*Process Equipment Design*", John Willey & Sons Inc., New York.
- Faith, Keyes, and Clark, 1975, "*Industrial Chemicals*", 4th ed., ", John Willey & Sons Inc., New York.
- Himmelblau, D. M., 1974, "*Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*", Prentice – Hall Inc., New Jersey.
- .Kem, D.Q., 1950, "*Process Heat Transfer*", International Student Edition, McGraw-Hill Kogakusha LTD., Tokyo.
- Kirk, E.R., and Othmer, D.F., "*Encyclopedia of Chemical Technology*", 2nd, 3rd ed., John Willey & Sons, New York.
- McCabe, W.L., Smith, J.C., and Harriot, P., 1976, "*Unit Operations of Chemical Engineering*", 5th ed., McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo.
- Perry, R.H., "*Perry's Chemical Engineering Handbook*", 3rd ed., 5th ed., 6th ed., 7th ed., McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., "*Plant Design and Economic for Chemical Engineering*", 5th ed., McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Ulrich, G.D., "*A Guide to chemical Engineering Process Design and Economic*", John Willey & Sons Inc., New York, 1984.