

PRA RENCANA PABRIK

**TEMBAGA SULFAT DARI TEMBAGA OKSIDA DAN ASAM
SULFAT KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
ROTARY DRYER**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

LAELARATMAWATI NIM. 09.14.031



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2013**

2013

МОНГОЛ УЛАМЫН ХУВИЙН ХАМГАА
ЭХЭВЭЛЭГ ХАМГААГАХ ХАМГАА
ЭХЭВЭЛЭГ ХАМГААГАХ ХАМГАА

МОНГОЛ УЛАМЫН ХУВИЙН ХАМГАА

ЭХЭВЭЛЭГ ХАМГАА

ЭХЭВЭЛЭГ

МОНГОЛ УЛАМЫН ХУВИЙН
ЭХЭВЭЛЭГ ХАМГААГАХ ХАМГАА

МОНГОЛ УЛАМЫН ХУВИЙН ХАМГАА
ЭХЭВЭЛЭГ ХАМГААГАХ ХАМГАА

МОНГОЛ УЛАМЫН ХУВИЙН

PRA RENCANA PABRIK
TEMBAGA SULFAT DARI TEMBAGA OKSIDA DAN ASAM
SULFAT KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN
PERANCANGAN ALAT UTAMA
ROTARY DRYER

SKRIPSI

Disusun Oleh :

LAELA RATMAWATI NIM. 09.14.031



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2013

LEMBAR PERSETUJUAN

PRA RENCANA PABRIK TEMBAGA SULFAT DARI TEMBAGA OKSIDA DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Jenjang Strata Satu (S-1)
Di Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh :

LAELA RATMAWATI ... 09.14.031

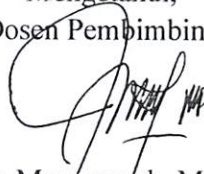
Malang, 1 Agustus 2013

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Jimmy, ST, MT
NIP. Y 1039900330

Mengetahui,
Dosen Pembimbing



Ir. Muyassaroh, MT
NIP. Y. 1039700306

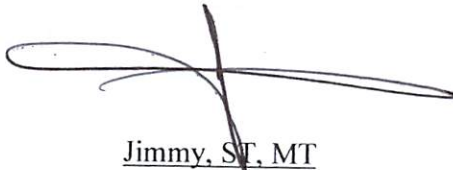
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : LAELA RATMAWATI
NIM : 0914031
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA
Judul Skripsi : PRA RENCANA TEMBAGA SULFAT DARI
TEMBAGA OKSIDA DAN ASAM SULFAT
KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)
pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 1 Agustus 2013
Nilai : B

Ketua Jurusan,



Jimmy, ST, MT
NIP.Y. 1039900330

Sekretaris Jurusan,



M. Istnaeny Huaha, ST, MT
NIP.Y. 1030400400

Anggota Penguji,

Penguji Pertama,



Ir. Bambang Susila Hadi
NIP.Y. 1039000210

Penguji Kedua,



Prof. Dr. Ir. Tri Poespowati, MT
NIP.Y. 195808021991032001

PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : LAELA RATMAWATI

NIM : 09.14.031

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

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul :

**“ PRA RENCANA PABRIK TEMBAGA SULFAT DARI TEMBAGA
OKSIDA DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN “**

Adalah hasil karya sendiri bukan merupakan cuplikan serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, kecuali yang tidak disebutkan dari sumber aslinya.

Malang, Agustus 2013

Yang membuat pernyataan,



LAELA RATMAWATI

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul ***“PRA RENCANA PABRIK TEMBAGA SULFAT DARI TEMBAGA OKSIDA DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN “*** dengan baik.

Skripsi ini diajukan sebagai syarat guna menempuh ujian Sarjana Jenjang Strata 1 (S-1) di Jurusan Teknik Kimia ITN Malang.

Dengan terselesainya Skripsi ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT., selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. Anang Subardi, MT., selaku Dekan FTI ITN Malang.
3. Bapak Jimmy, ST, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia ITN Malang.
4. Ibu Ir. Muyassaroh, MT, selaku dosen pembimbing Skripsi .
5. Rekan – rekan mahasiswa dan semua pihak yang turut membantu hingga terselesainya Skripsi ini.

Penyusun menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak. Penyusun berharap Skripsi ini dapat berguna bagi penyusun secara pribadi maupun pembaca sekalian khususnya di bidang ilmu Teknik Kimia.

Malang, Agustus 2013

Penyusun

INTISARI

Pra Rencana Pabrik Tembaga Sulfat ini akan didirikan di Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur dengan kriteria sebagai berikut:

1. Kapasitas bahan baku : 40.000 ton/tahun
2. Waktu operasi : 330 hari/tahun
24 jam/hari
3. Bahan Baku Utama : Tembaga oksida dan asam sulfat
4. Produk Utama : Tembaga sulfat
5. Produk samping : -
6. Utilitas :
 - Kebutuhan air : 99196,08 kg/jam
 - Kebutuhan steam : 9033,42 Kg/jam
 - Kebutuhan listrik : 187 KW
 - Kebutuhan bahan bakar : 1251,53 Lb/hari
7. Organisasi perusahaan : - Bentuk : Perseroan Terbatas
 - Struktur :
 - Jumlah Karyawan : 221
8. Analisa ekonomi :
 - $ROI_{BT} = 22,16 \%$
 - $ROI_{AT} = 15,51 \%$
 - $POT = 4,84 \%$
 - $BEP = 33,96 \%$

Dari hasil perhitungan analisa ekonomi, dari segi teknis maupun nonteknis maka Pabrik Tembaga Sulfat ini layak untuk didirikan.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR	v
INTISARI	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang.....	I-1
1.2. Sifat-sifat Bahan Baku dan Produk.....	I-2
1.3. Analisa Pasar	I-3
1.4. Lokasi Pabrik.....	I-4
BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES	II-1
2.1. Proses Pembutan Tembaga Sulfat.....	II-1
2.2. Uraian Proses	II-6
BAB III NERACA MASSA	III-1
BAB IV NERACA PANAS	IV-1
BAB V SPESIFIKASI ALAT	V-1
BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA	VI-1
6.3.1. Perancangan Dimensi Rotary Dryer.....	VI-2
6.3.2. Perancangan Penggerak Rotary Dryer.....	VI-6
6.3.3 Perancangan Poros Penyangga Roll Support.....	VI-15
6.3.4 Perancangan Sistem Pondasi.....	VI-18
BAB VII INSTRUMEN DAN KESELAMATAN KERJA	VII-1
7.1. Instrumentasi.....	VII-1
7.2. Keselamatan Kerja	VII-4
BAB VIII UTILITAS	VIII-1
8.1. Unit Penyediaan Steam	VIII-1

8.2. Unit Penyediaan Air.....	VIII-4
8.3. Unit Pembangkit Listrik.....	VIII-7
8.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	VIII-8
BAB IX TATA LETAK PABRIK	IX-1
9.1. Tata Letak Pabrik.....	IX-1
9.2. Tata Letak Peralatan Proses.....	IX-6
BAB X STRUKTUR ORGANISASI	X-1
10.1. Dasar Perusahaan.....	X-1
10.2. Bentuk Perusahaan.....	X-1
10.3. Struktur Organisasi	X-2
10.4. Tugas Dan Tanggung Jawab.....	X-5
10.5. Jaminan Sosial	X-12
10.6. Jadwal dan Jam Kerja.....	X-12
10.7. Gaji Karyawan	X-19
BAB IX ANALISA EKONOMI.....	XI-1
BAB XII KESIMPULAN.....	XII-1
DAFTAR PUSTAKA	
APPENDIKS A. PERHITUNGAN NERACA MASSA	
APPENDIKS B. PERHITUNGAN NERACA PANAS	
APPENDIKS C. PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT	
APPENDIKS D. PERHITUNGAN UTILITAS	
APPENDIKS E. PERHITUNGAN ANALISIS EKONOMI	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Data impor tembaga sulfat tahun 2007-2011	I-2
Tabel 1.2. Data kenaikan impor tembaga sulfat tahun 2007-2011	I-3
Tabel 7.1 Alat –Alat Kontrol yang Dipakai Pada Peralatan.....	VII-2
Tabel 7.1. Alat-alat keselamatan kerja pabrik Tembaga Sulfat.....	VII-7
Tabel 9.1. Perincian luas tanah bangunan pabrik	IX-2
Tabel 10.2. Jabatan dan tingkat pendidikan tenaga kerja.....	X-15
Tabel 10.3. Daftar gaji karyawan perbulan	X-18

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Lokasi Pabrik Tembaga Sulfat.....	I-9
Gambar 9.1. Tata letak Pabrik Tembaga Sulfat.....	IX-2
Gambar 9.2. Tata letak peralatan proses Pabrik Gliserin.....	IX-5
Gambar 10.1. Struktur Organisasi perusahaan	X-3

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tembaga sulfat disebut cupric sulfate, adalah reaksi antara tembaga oksida dan asam sulfat. Dimana tembaga oksida dan asam sulfat direaksikan dengan kondisi operasi tertentu menjadi kristal tembaga sulfat yang berwarna kehijauan. Rumus kimia tembaga sulfat adalah CuSO_4 dengan berat molekul 159,63. (Ulmann's,1973)

Tembaga sulfat merupakan suatu bahan yang penggunaannya sangat luas, khususnya dalam bidang pertanian, selain itu dalam bidang pertambangan tembaga sulfat digunakan sebagai activator flotasi biji timah, seng dan kobalt. Permintaan terhadap produk ini meningkat dari tahun ke tahun.

1.1.1 Kegunaan produk tembaga sulfat

- tembaga sulfat juga sebagai obat (*herbicide*), fungisida, dan pestisida
- tembaga sulfat dicampur dengan lime disebut *bordeaux mixture*, dan digunakan untuk mengontrol jamur (fungus) pada buah apel, melons, and biji-bijian lainnya.
- tembaga sulfat digunakan pada hortikultur pada penyemaian yang disebut sebagai cheshunt compound, adalah hasil campuran dari copper sulfate dan ammonium.
- Tembaga sulfat juga digunakan pada kolam renang sebagai algaecide,
- penggunaan yang lain pada aquarium ikan yaitu dengan melarutkan larutan copper sulfate untuk *parasitic infections*, dan juga
- digunakan menghilangkan siput (*snails*) dari akuarium.
- Tembaga sulfat mencegah pertumbuhan bakteri *escherichia coli*.

Tetapi di Indonesia sejauh ini tembaga sulfat belum di produksi sehingga negara kita harus mengimpor dari negara lain. Negara paling banyak mengimpor senyawa ini dari Taiwan, Cina, Italia, Korea, Singapura, Yugoslavia, Inggris, Thailand. (Biro Pusat Statistik, 2002)

Oleh karena itu pendirian pabrik tembaga sulfat di Indonesia perlu dipertimbangkan untuk memenuhi kebutuhan lokal yang semakin meningkat dan mengurangi ketergantungan impor dari negara lain.

Tabel 1.1. Data Impor tembaga sulfat tahun 2007-2011

Tahun	Impor (kg)
2007	13381040
2008	15169065
2009	17039405
2010	18939465
2011	21549515

(Sumber : Biro Pusat Statistik)

1.2. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

1.2.1. Bahan Baku

- Asam sulfat (H_2SO_4)
- Sifat-sifat fisika :

Sifat-sifat fisika	Sifat-sifat kimia
Wujud : liquid	<ul style="list-style-type: none"> – Asamsulfat dapat larut dalam air, alcohol, dan eter – Asamsulfat merupakan asam pengoksidasi dan bahan pendehidrasi, khususnya terhadap senyawa organik – Asamsulfat merupakan asam kuat bervalensi dua dan bersifat higroskopis. – spesipic gravity : 1,834 (pada 18 °C)
Warna : tidak berwarna	
Titik didih : 340 °C	
Berat molekul : 98,08 gram/mol	
Titik lebur : 10,49 °C	
Densitas : 1,834 gram/cc (pada 20 °C)	
Viskositas : 23 cp (pada 25 °C)	

(Perry, R.H, 1973)

- Tembaga oksida (CuO)

Sifat-sifat fisika	Sifat-sifat kimia
Titik lebur : 1026 °C	– larut dalam asam
Berat melekul : 79,57	– tidak larut dalam air
Densitas : 6400,22371 kg/m ³	– spesipic gravity : 6,40
Bentuk : padatan	

(Perry, R.H, 1973)

1.2.2. Produk Utama

▪ Tembaga Sulfat (CuSO_4)

Sifat-sifat fisika		Sifat-sifat kimia	
Bentuk	: Kristal kehijauan	Spesific gravity	: 3,606
Berat molekul	: 159,63	Titik didih	: 650°C
Titik leleh	: > 600		

1.3. Analisa Pasar

1.3.1. Estimasi Kebutuhan Pasar

Kebutuhan Indonesia akan tembaga sulfat semakin meningkat tiap tahunnya ini bisa dilihat dari angka permintaan akan produk ini tiap tahunnya.

1.3.2. Penentuan Kapasitas

Dalam mendirikan suatu pabrik dibutuhkan kapasitas produksi yang bertujuan agar produk yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan terutama kebutuhan dalam negeri. Perkiraan kapasitas pabrik dapat ditentukan dari nilai impor setiap tahun.

Dari tabel 1.3.2.1 dapat diperoleh nilai persentase kenaikan impor yaitu :

Tahun	Impor (kg)	% kenaikan
2007	13.381.040	-
2008	15.169.065	13,36
2009	17.039.405	12,33
2010	18.939.465	11,15
2011	21.549.515	13,78
Rata-rata kenaikan per 5 tahun		50,62
Rata-rata kenaikan per tahun		10,12

Dari tabel 1.1. didapatkan kenaikan impor tembaga sulfat 10,12 % per tahun untuk kapasitas pabrik yang akan didirikan tahun 2016 dapat ditentukan berdasarkan persamaan:

$$F = P (1 + i)^n$$

Dimana : F = nilai impor tahun 2016

P = nilai impor tahun 2011

i = parameter kenaikan impor tiap tahun

n = jumlah tahun (5)

$$\begin{aligned} F &= P (1 + i)^n \\ &= 21.549.515 (1 + 0,1012)^5 \\ &= 34.895.426,75 \end{aligned}$$

Berdasarkan rata-rata kenaikan impor sebesar 10,12 per tahun dan prediksi impor pada tahun 2016 sebesar 34.895.426,75 kg/tahun maka kapasitas pabrik Tembaga Sulfat baru dapat ditetapkan 40.000 ton/tahun.

Kegunaan Produk tembaga sulfat

1.4. Pemilihan Lokasi

1.4.1. Penentuan Lokasi Pabrik

Dasar pemilihan untuk menentukan lokasi pabrik sangat penting sehubungan dengan perkembangan ekonomi dan sosial masyarakat, karena akan mempengaruhi kedudukan perusahaan dalam persaingan dan menentukan kelangsungan hidup perusahaan.

Oleh karena itu perlu diadakan seleksi dan evaluasi sehingga lokasi yang akan dipilih benar-benar memenuhi persyaratan bila ditinjau dari segala aspek. Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan lokasi pabrik dapat dibagi menjadi 2 golongan, yaitu :

- faktor utama
- faktor khusus

1.4.2. Faktor Utama

a. Bahan baku

Tersedianya bahan baku merupakan penentu pemilihan lokasi suatu pabrik. Pada pabrik ini bahan baku yang dibutuhkan masih perlu di impor dari Cina.

b. Pemasaran

Pemasaran merupakan salah satu syarat penting dalam suatu pabrik atau industri kimia karena berhasil tidaknya pemasaran akan menentukan keuntungan industri

atau pabrik tersebut. Kawasan wilayah Manyar memang sangat potensial. Selain berada di jalur pantura, Manyar juga dekat dengan Pelabuhan Gresik dan LIS (Lamongan Integrated Shorebase) di Paciran Kabupaten Lamong. “Inilah salah satu keuntungannya, nanti akan mempermudah distribusi barang melalui transportasi laut. Coba bandingkan dengan industri di kawasan selatan Gresik, ketika akan mengirim barang dengan menggunakan kapal harus mengeluarkan biaya lebih menuju ke pelabuhan.

c. Tenaga listrik dan bahan bakar

Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai tenaga listrik dan bahan bakar adalah :

- Adanya tenaga listrik dan bahan bakar
- Kapasitas persediaan pada saat sekarang dan yang akan datang
- Harga listrik dan bahan bakar

d. Sumber air

Pemilihan lokasi didasarkan pada pertimbangan mengenai :

- Kualitas air yang ada
- Persediaan air setiap saat
- Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan air
- Kapasitas air
- Ongkos (harga air dan biaya pengolahan air)

e. Iklim dan alam sekitar

- Keadaan alam yang akan mempengaruhi tinggi rendahnya investasi untuk konstruksi bangunan
- Kelembaban dan temperatur udara
- Sering tidaknya terjadi bencana alam.

1.4.3. Faktor Khusus

a. Transportasi

Masalah transportasi perlu diperhatikan agar kelancaran perbekalan (suplay) bahan baku dan penyaluran produk dapat terjamin dengan biaya serendah mungkin dan dalam waktu yang singkat. Wilayah Manyar tidak jauh dari pintu tol Manyar dan berada di jalur pantura, kelebihan di wilayah tersebut adalah kemudahan transportasi, baik darat maupun laut.

b. Tenaga kerja

Dalam menentukan lokasi pabrik harus memperhatikan mudah tidaknya mendapatkan tenaga kerja buruh dan tenaga kerja ahli di sekitar lokasi pabrik. Tempat tinggal tenaga kerja serta kondisi sosial lingkungannya. Kecamatan Manyak kabupaten Gresik merupakan lokasi yang cukup dekat dengan Surabaya yang memiliki banyak tenaga kerja dengan kualitas sesuai yang disyaratkan. Selain itu Upah Minimum Regional Kabupaten Gresik sebesar Rp. 1740.000 dianggap sebanding dengan keuntungan yang akan didapat dari lokasi pembangunan pabrik tersebut.

c. Undang-undang dan peraturan

Undang-undang dan peraturan yang perlu diperhatikan antara lain :

- Ketentuan tentang daerah industri
- Ketentuan tentang penggunaan jalan umum yang ada
- Ketentuan umum lain bagi industri di daerah lokasi pabrik.

d. Karakteristik dan lokasi

Dalam memilih lokasi pabrik, maka harus memperhatikan karakteristik sebagai berikut :

- Struktur tanah, daya dukung pondasi bangunan pabrik dan pengaruh air
- Apakah daerah tersebut merupakan lokasi bebas sawah, rawa, bukit dan sebagainya
- Penyediaan dan fasilitas tanah untuk perluasan atau pembangunan unit baru.

e. Lingkungan sekitar pabrik

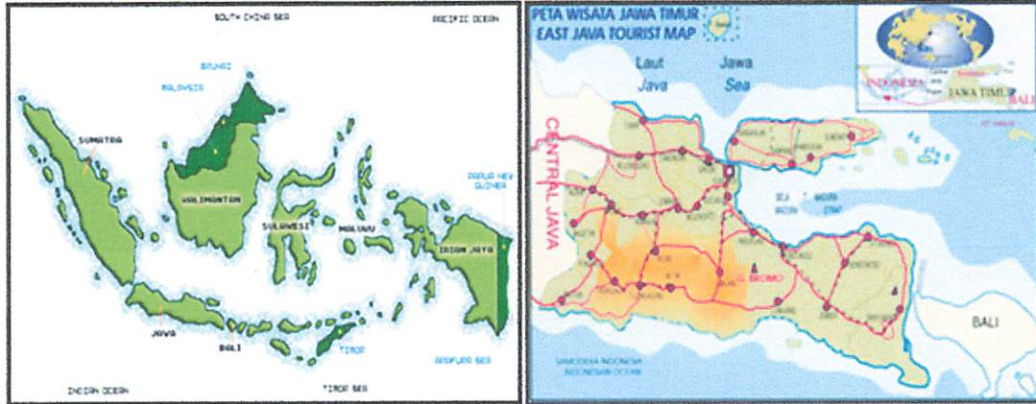
Hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- Adat istiadat atau kebudayaan daerah lokasi pabrik
- Fasilitas perumahan, sekolah dan tempat ibadah
- Fasilitas kesehatan dan rekreasi

f. Limbah

Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai limbah antara lain :

- Jenis buangan yang dapat berupa padatan, cairan, slurry maupun gas
- Ada tidaknya tempat pembuangan
- Pengolahan pembuangan



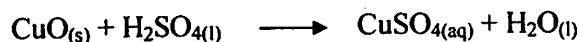
Gambar 1.1 Peta Lokasi Pabrik Tembaga Sulfat

BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

2.1. Proses Pembuatan Tembaga Sulfat

Cara yang dapat dilakukan untuk memproduksi tembaga sulfat adalah dengan menggunakan bahan baku tembaga oksida (CuO) dan asam sulfat (H₂SO₄). Tembaga oksida dan asam sulfat dari masing-masing tangki penampungannya dimasukkan ke dalam reaktor, sehingga terjadi reaksi sebagai berikut:



Suhu optimum reaksi antara 65°C sampai 100°C dengan kelarutan CuSO₄ dalam air pada suhu 100°C adalah sebesar 0,0754 kg/0,1 kg air.

(Ulman, 1993)

1.1. Uraian Proses

Proses pembuatan Tembaga Sulfat dapat dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Tahap persiapan bahan baku

a. Persiapan bahan baku CuO

CuO dari gudang (F-111A) diangkut dengan *belt conveyor* (J-112A) masuk ke dalam tangki penampung sementara atau bin (F-113) yang dilengkapi dengan *weight control* dimana alat ini berguna untuk mengatur jumlah CuO yang masuk ke dalam reaktor.

b. Persiapan bahan baku H₂SO₄

Asam sulfat dengan kemurnian 60% dari tangki penyimpanan (F-114A) yang disimpan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dialirkan menuju tangki pengenceran (M-116) dengan menggunakan pompa sentrifugal (L-115) untuk diencerkan sampai 30%. Kemudian larutan asam sulfat 30% dialirkan dengan menggunakan pompa sentrifugal (L-117) menuju reaktor (R-110) dengan terlebih dahulu dipanaskan dengan heater (E-118) sampai suhu 100°C dengan media pemanas steam.

2. Tahap reaksi

Reaktor (R-110) bekerja pada tekanan 1 atm dengan suhu 100°C. Reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis, maka perlu digunakan pendingin yang berfungsi untuk menjaga suhu operasi tetap konstan. Pendingin yang dipakai pada reaktor ini adalah air yang dialirkan melalui jacket pendingin. Pada reaktor digunakan pengaduk untuk mempercepat reaksi dan homogenisasi larutan.

Reaksi yang terjadi adalah:



3. Tahap pemisahan

Hasil reaksi di dinginkan dalam cooler (E-124) hingga suhu 30°C kemudian dialirkan ke *decanter* (H-123) untuk memisahkan H₂SO₄ dan CuO dengan komponen lainnya. Selanjutnya dari *decanter* (H-123) di alirkan menuju *filter press* (H-121) yang berfungsi untuk memisahkan filtrat dan padatan (cake).

4. Tahap pemurnian

Dari *filter press* (H-121) dialirkan menuju *evaporator* (V-120) untuk mengurangi kadar air, sehingga menjadi lebih pekat, dari *evaporator* (V-120) kemudian di alirkan menuju *kristalizer* (X-126) untuk dikristalkan. Dari *kristalizer* (X-126), kristal yang terbentuk dialirkan menuju *centrifuge* (H-127) untuk memisahkan kristal dari mother liquornya. Kristal tersebut diangkat menggunakan *belt conveyor* (J-112B) menuju *rotary dryer* (B-130) untuk dikeringkan dengan pemanas udara kering yang terlebih dahulu dipanaskan dengan *heater* (E-134) sampai suhu 120°C dengan media pemanas steam. Keluar dari *rotary dryer* (B-130), Kristal tembaga sulfat dibawa dengan *bucket elevator* (J-136) menuju penampung sementara atau bin (F-138).

5. Tahap penanganan produk

Produk yang berada dalam bin (F-138) kemudian di packing dengan mesin pengemas (J-139) sebelum dimasukkan ke dalam gudang produk (F-111B).



BAB III

NERACA MASSA

Kapasitas pabrik : 40.000 ton / tahun

$$: \frac{40.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

 : 5050,51 kg/jam

Waktu operasi : 330 hari / tahun
 : 24 jam / hari

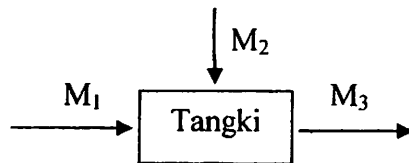
Satuan operasi : kg / jam

Basis perhitungan : 6211,95 kg / jam

1. Tangki Pengencer (M-116)

Pengenceran larutan H₂SO₄ 60% menjadi larutan H₂SO₄ 30%

Fungsi : untuk mengencerkan larutan H₂SO₄ 60% menjadi larutan H₂SO₄ 30 %.

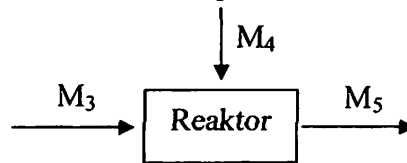


Neraca Massa Pada Tangki Pengencer H₂SO₄

Bahan Masuk (kg/jam)	Bahan Keluar (kg/jam)
<u>Bahan Baku H₂SO₄ 60 % (M₁)</u>	<u>Ke Reaktor 30% (M₃)</u>
H ₂ SO ₄ : 3727,17	H ₂ SO ₄ : 3727,27
H ₂ O : 2484,78	H ₂ O : 9939,12
<u>Bahan Baku H₂O (M₂)</u>	
H ₂ O : 7454,34	
TOTAL : 13666,29	TOTAL : 13666,29

2. Reaktor (R-110)

Fungsi : Untuk mereaksikan CuO dengan larutan H₂SO₄ 30% menjadi CuSO₄ dan H₂O



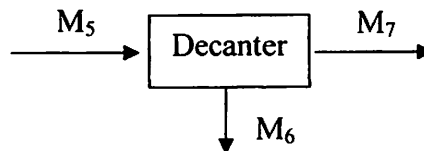
Neraca Massa Pada Reaktor

Bahan Masuk (kg/jam)	Bahan Keluar (kg/jam)
<u>Dari Tangki Pengencer H₂SO₄ (M₃)</u>	<u>Ke decanter (M₅)</u>
H ₂ SO ₄ : 3727,17	CuO sisa : 3199,79
H ₂ O : 9939,12	H ₂ SO ₄ sisa : 37,27
<u>Dari Storage CuO (M₄)</u>	CuSO ₄ : 6024,32
CuO : 6211,95	H ₂ O : 10616,86
TOTAL : 19878,24	TOTAL : 19878,24

3. Decanter (H-115)

Fungsi: Memisahkan CuO dan H₂SO₄

Asumsi: Efisiensi alat 98%



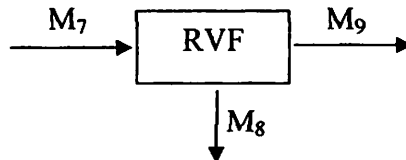
Neraca Massa Pada Dekanter

Bahan Masuk (kg/jam)	Bahan Keluar (kg/jam)
<u>Dari reaktor (M₅)</u>	<u>Ke tangki penampung (M₆)</u>
CuO : 3199,79	CuO : 3135,79
H ₂ SO ₄ : 37,27	H ₂ SO ₄ : 36,53
H ₂ O : 10616,86	<u>Ke filter (M₇)</u>
CuSO ₄ : 6024,32	CuO : 64,00
	H ₂ O : 10616,86
	H ₂ SO ₄ : 0,75

		CuSO ₄	: 6024,42
TOTAL	: 19878,24	TOTAL	: 19878,24

4. Filter Press (H-121)

Fungsi : Untuk memisahkan cake dari filtratnya

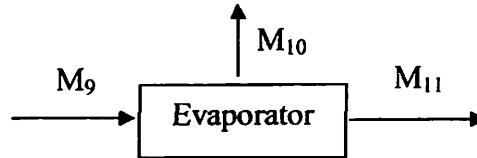


Neraca Massa Pada Rotary Vacum Filter

Bahan Masuk (kg/jam)		Bahan Keluar (kg/jam)	
<u>Dari tangki dekanter (M₇)</u>		<u>Ke Evaporator (M₉)</u>	
CuO	: 64,00	CuO	: 1,28
H ₂ SO ₄	: 0,75	H ₂ SO ₄	: 0,75
CuSO ₄	: 6024,32	CuSO ₄	: 6024,32
H ₂ O	: 10616,86	H ₂ O	: 10616,86
		<u>Cake (M₈)</u>	
		CuO	: 62,72
TOTAL	: 16705,92	TOTAL	: 16705,92

5. Evaporator (V-120)

Fungsi : Untuk memekatkan konsentrasi larutan CuSO_4 dari 36 % menjadi 80 %

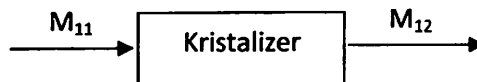


Neraca Massa Pada Evaporator

Bahan Masuk (kg/jam)	Bahan Keluar (kg/jam)
<u>Dari Rotary Vacuum Filter (M_9)</u>	<u>Uap Keluar (M_{10})</u>
CuO : 1,28	$\text{H}_2\text{O}_{(g)}$: 9112,80
H_2SO_4 : 0,75	<u>Ke Kristalizer (M_{11})</u>
H_2O : 10616,86	CuO : 1,28
CuSO_4 : 6024,32	$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$: 1504,06
	H_2SO_4 : 0,75
	CuSO_4 : 6024,32
TOTAL : 16643,20	TOTAL : 16643,20

6. Kristalizer (X-125)

Fungsi : Untuk mengkristalkan CuSO_4 yang keluar dari evaporator menjadi CuSO_4



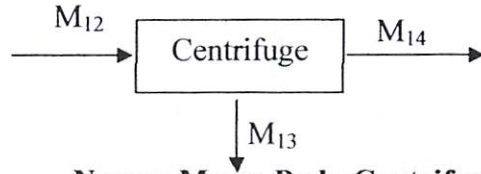
Neraca Massa Pada Kristalizer

Bahan Masuk (kg/jam)	Bahan Keluar (kg/jam)
<u>Dari Evaporator (M_{11})</u>	<u>Ke Centrifuge (M_{12})</u>
CuO : 1,28	CuO : 1,28
H_2SO_4 : 0,75	H_2SO_4 : 0,75
CuSO_4 : 6024,32	CuSO_4 terlarut : 1134,06
H_2O : 1504,06	CuSO_4 terkristal : 4890,27
	H_2O : 1504,06
TOTAL : 7530,40	TOTAL : 7530,40

Centrifuge (H-126)

Fungsi : Untuk memisahkan Kristal CuSO_4 dari mother liquor (larutan induk)

Asumsi : Efisiensi alat 70%

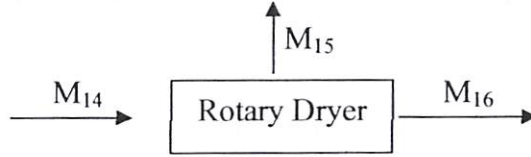
**Neraca Massa Pada Centrifuge**

Bahan Masuk (kg/jam)	Bahan Keluar (kg/jam)
<u>Dari Kristalizer (M_{12})</u>	<u>Ke penampungan (M_{13})</u>
CuO : 1,28	CuO : 1,28
H_2SO_4 : 0,75	H_2SO_4 : 0,75
CuSO_4 terlarut : 1134,06	CuSO_4 terlarut : 1134,06
CuSO_4 terkristal: 4890,27	H_2O : 1052,84
H_2O : 1504,06	<u>Ke Rotary Dryer (M_{14})</u>
	H_2O : 451,22
	CuSO_4 terkristal: 4890,27
TOTAL : 7530,40	TOTAL : 7530,40



7. Rotary Dryer (B-130)

Fungsi : Untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam CuSO_4



Neraca Massa Pada Rotary Dryer

Bahan Masuk (kg/jam)		Bahan Keluar (kg/jam)	
<u>Dari Centrifuge (M_{14})</u>		<u>Komponen teruapkan (M_{15})</u>	
CuSO_4	: 4890,27	H_2O	: 290,97
H_2O	: 451,22	Udara	: 2403,67
	5341,48	<u>Ke Bin (M_{16})</u>	
Udara	: 2403,67	Kristal CuSO_4	: 4890,27
		H_2O	: 160,24
			5050,51
TOTAL	: 7744,96	TOTAL	: 7744,96



BAB IV

NERACA PANAS

Kapasitas pabrik : 40.000 ton / tahun

$$: \frac{40.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

: 5050,5051 kg/jam

Waktu operasi : 330 hari / tahun

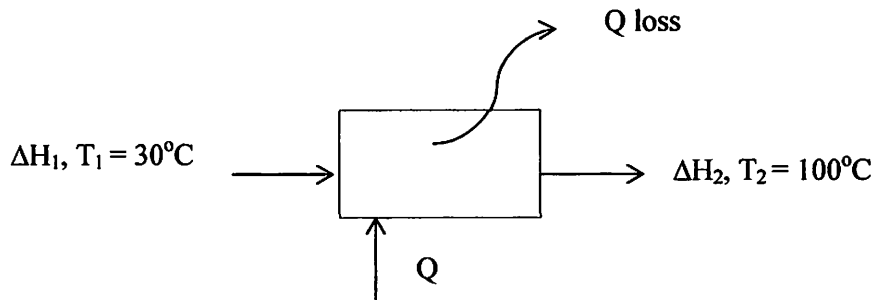
: 24 jam / hari

Satuan operasi : kkal / jam

Suhu referensi : 25°C

(Hougen,297)

1. Heater H₂SO₄ (E-118)



Neraca panas total : $\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + Q \text{ loss}$

Dimana :

ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam H₂SO₄ masuk heater

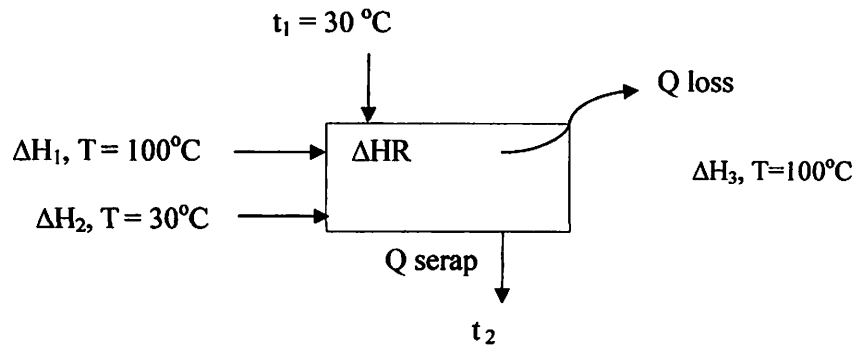
ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam H₂SO₄ keluar heater

Q = Panas yang terkandung dalam steam

Q loss = Panas yang hilang

Panas masuk (kkal/jam)		Panas keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	= 19362,69	ΔH_2	= 118353,84
Q _{steam}	= 98410,27	Q loss	= 17,40
Total	= 118371,25	Total	= 118371,25

2. Reaktor (R-110)



Neraca panas total : $\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_R = \Delta H_3 + Q_{\text{serap}} + Q_{\text{loss}}$

Dimana:

ΔH_1 = panas yang terkandung pada larutan H_2SO_4 masuk

ΔH_2 = panas yang terkandung pada CuO dari open storage

ΔH_3 = panas yang terkandung pada produk keluar

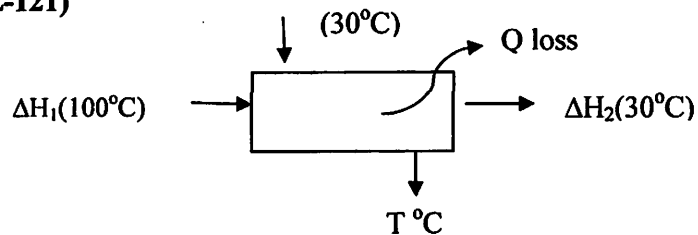
ΔH_R = panas reaksi

Q_{loss} = panas yang hilang

Q_{serap} = panas yang diserap oleh air pendingin

Panas Masuk (Kkal/jam)		Panas Keluar (Kkal/jam)	
ΔH_1	118371,25	ΔH_3	1585630,84
ΔH_2	4625,94	Q loss	3551,14
ΔH_R	1235503,13	Qserap	223268,62
Total	1365913,36	Total	1365913,36

3. Cooler (E-121)



Neraca panas total : $\Delta H_1 = \Delta H_2 + Q + Q_{\text{loss}}$

Dimana:

ΔH_1 = panas yang terkandung pada larutan H_2SO_4 masuk

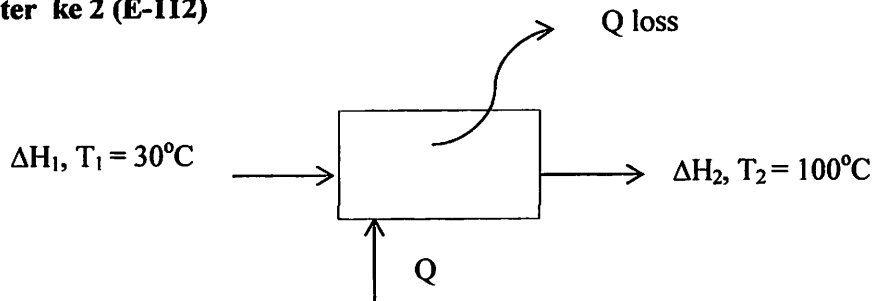
ΔH_2 = panas yang terkandung pada CuO dari open storage

Q = Panas yang diserap air pendingin

Q_{loss} = panas yang hilang

Panas masuk (Kkal/jam)		Panas keluar (Kkal/jam)	
ΔH_1	1365913,36	ΔH_2	19096,21
		Q loss	40977,40
		Q	1305839,76
Total	1365913,36	Total	1365913,36

4. Heater ke 2 (E-112)



Neraca panas total : $\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + Q_{\text{loss}}$

Dimana :

ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam H_2SO_4 masuk heater

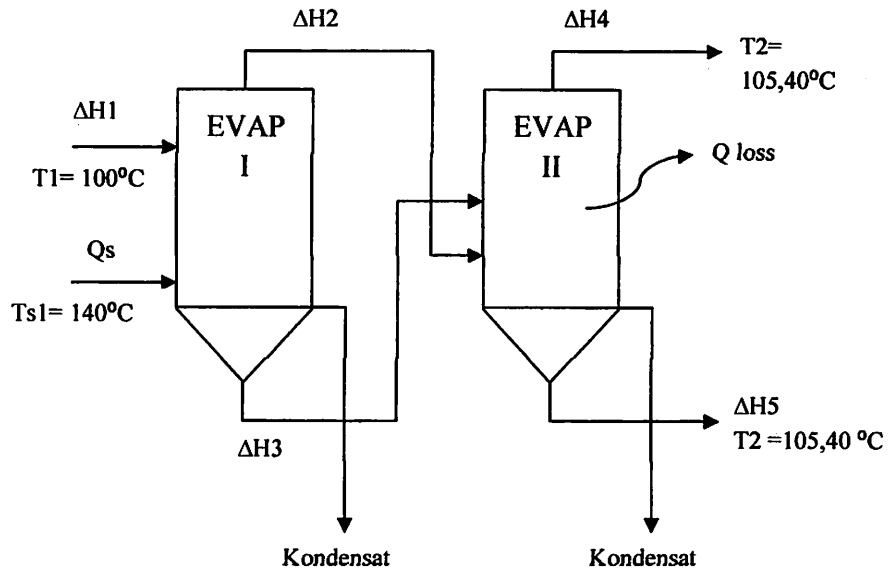
ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam H_2SO_4 keluar heater

Q = Panas yang terkandung dalam steam

Q_{loss} = Panas yang hilang

Panas masuk (kkal/jam)		Panas keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	= 12896,78	ΔH_2	= 193971,45
Qsteam	= 181461,57	Q loss	= 386,90
Total	= 194358,35	Total	= 194358,35

5. Evaporator (V-120)



Naraca panas di V-120I

$$\Delta H_1 + Q_s = \Delta H_2 + \Delta H_3 + \text{Kondensat}$$

Keterangan :

ΔH_1 = panas yang terkandung pada bahan masuk effect I

ΔH_2 = panas yang terkandung pada uap keluar effect I

ΔH_3 = panas yang terkandung pada bahan keluar effect I

Q_s = panas yang diperlukan

Kondensat = panas yang terkandung pada kondensat keluar ke utilitas

Naraca panas di V-120II

$$\Delta H_2 + \Delta H_3 = \Delta H_4 + \Delta H_5 + \text{Kondensat} + Q_{\text{loss}}$$

Keterangan :

ΔH_2 = panas yang terkandung pada uap masuk effect II

ΔH_3 = panas yang terkandung pada bahan masuk effect II

ΔH_4 = panas yang terkandung pada uap keluar effect II

ΔH_5 = panas yang terkandung pada bahan keluar effect II

Kondensat = panas yang terkandung pada kondensat keluar ke utilitas

Q_{loss} = panas yang hilang

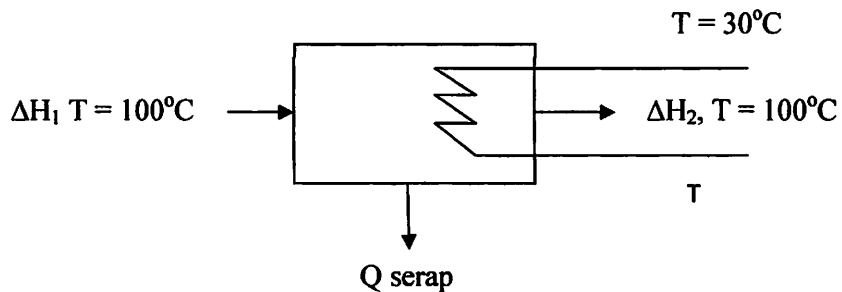
Neraca Panas pada Evaporator Effect I (V-120 A)

Aliran panas masuk (kkal/jam)		Aliran panas keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	1330183,46	Menuju Effect II (V-120B)	
Q	3558232,73	ΔH_2	2967126,13
		ΔH_3	1154338,65
		Ke Utilitas	
		Kondensat	766951,41
Total	4888416,19	Total	4888416,19

Neraca Panas pada Evaporator Effect II (V-120 B)

Aliran panas masuk (kkal/jam)		Aliran panas keluar (kkal/jam)	
ΔH_2	2967126,13	ΔH_4	2925268,39
ΔH_3	1154338,65	ΔH_5	438226,85
		ke utilitas	
		Kondensat	595392,44
		Qloss	162577,10
Total	4121464,78	Total	4121464,78

6. Kristaliser (X-125)



Neraca panas total: $\Delta H_1 = \Delta H_2 + Q \text{ serap} + Q \text{ loss}$

Dimana:

ΔH_1 = panas yang terkandung dalam bahan masuk kristaliser

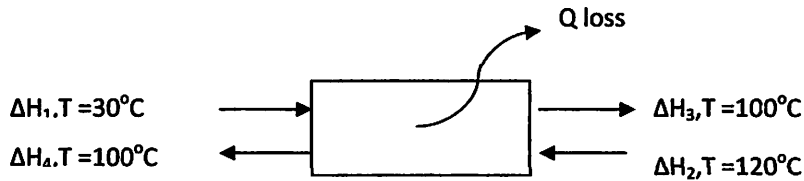
ΔH_2 = panas yang terkandung dalam bahan keluar kristaliser

Q serap = panas air pendingin keluar

Q loss = panas yang hilang

Panas Masuk (Kkal/jam)		Panas Keluar (Kkal/jam)	
ΔH_1	86362,52	ΔH_2	86362,52
		Q serap	0
Total	86362,52	Total	86362,52

7. Rotary Dryer (B-130)



Neraca panas total : $\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H_3 + \Delta H_4 + Q \text{ loss}$

Dimana:

ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam bahan masuk rotary dryer

ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam udara masuk rotary dryer

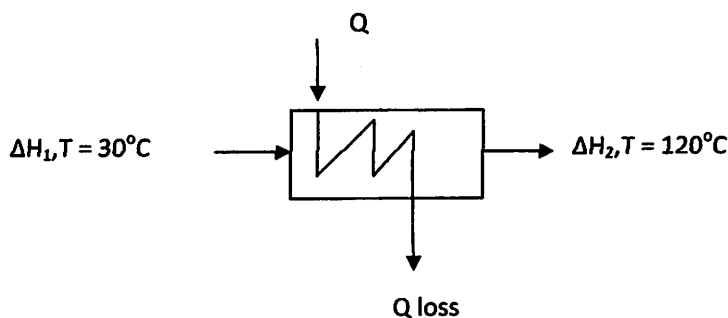
ΔH_3 = Panas yang terkandung dalam bahan keluar rotary dryer

ΔH_4 = Panas yang terkandung dalam udara keluar rotary dryer

Q loss = Panas yan hilang

Panas masuk (Kkal/jam)		Panas keluar (Kkal/jam)	
ΔH_1	4037,58	ΔH_3	50073,88
ΔH_2	51127,20	ΔH_4	3435,96
		Q loss	1654,94
Total	55164,78	Total	55164,78

8. Heater Udara (E-134)



Neraca panas total : $\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + Q_{\text{loss}}$

ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam udara kering masuk heater

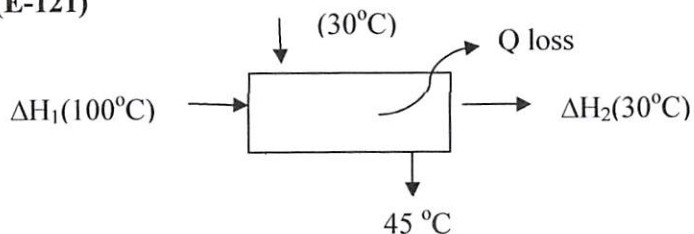
ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam udara kering keluar heater

Q = Panas yang terkandung dalam steam masuk heater

Q loss = Panas yang hilang

Panas masuk (Kkal/jam)		Panas keluar (Kkal/jam)	
ΔH_1	2594,76	ΔH_2	51127,20
Q	48610,28	Q loss	77,84
Total	51205,04	Total	51205,04

9. Cooler (E-121)



Neraca panas total : $\Delta H_1 = \Delta H_2 + Q + Q_{\text{loss}}$

Dimana:

ΔH_1 = panas yang terkandung pada bahan masuk cooler

ΔH_2 = panas yang terkandung pada keluar cooler

Q = Panas yang diserap air pendingin

Q_{loss} = panas yang hilang

Panas masuk (Kkal/jam)		Panas keluar (Kkal/jam)	
ΔH_1	55164,78	ΔH_2	3690,74
		Q loss	1654,94
		Q	49819,10
Total	55164,78	Total	55164,78



BAB V

SPESIFIKASI PERALATAN

No.	Nama	Kode	Type	Dimensi	Bahan	Jumlah
1.	Gudang CuO	F-111A	Bangunan gedung	P : 30,98 ft L : 15,49 ft T : 15,00 ft	Beton	1
2.	Belt Conveyor	J-112A	Flat belt 20° idler	P : 14,00 ft L : 3,30 ft	Reinforce Rubber	2
3.	Bin CuO	F-113	Silinder tegak denga tutup bawah conis	d : 3,14 ft thb : 3/16 in ts : 3/16 in h : 2,70 ft H : 7,35	Carbon steel SA 240 Grade M type 316	1
4.	Storage H ₂ SO ₄	F-114A	Silinder tegak denga tutup atas dished dan tutup bawah plate datar	d: 14,88 ft ts: ¾ Ls: 9,60 ft tha: 1 1/18 ha: 2,51 ft H: 12,12 ft	Stainless steel, SA-240 grade M tipe 316	15
5.	Pompa	L-115	sentrifuga l pump	Daya pompa: 3 Hp η pompa: 45% η motor: 84%	Carbon steel SA 283 Grade C	15

6.	Tangki Pengencer H ₂ SO ₄	M-116	Silinder tegak dengan tutup dished dilengkapi pengaduk	do: 84 in di: 83,63 in ts: 3/16 tha: 3/16 thb: 3/16 ha: 14,13 in hb: 14,13 in H: 147,87	Stainless steel SA 240 Grade M Type 316	1
7.	Centrifuge	H-127	Recyprocating pusper, single stage with cylinder screen	d: 30 in putaran: 1200 rpm daya: 7 Hp	Carbon Steel SA-53 Grade A	1
8.	Filter udara	H-132	Dry filter	Ukuran: (24 × 24) ft	Carbon Steel SA-135 grade M	1
9.	Blower	G-133	Centrifugal blower	Daya: 4 Hp	Carbon Steel SA-240 grade M Type 316	1

10.	Bucket Elevator	J-136	Sentrifugal Discharge bucket on belt conveyor	Daya: 1 Hp	Carbon Steel SA-240 grade M Type 316	1
11.	Bin produk	F-138	Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk conis	di: 47,63 in thb: 3/16 ts: 3/16 hb: 41,06 in H: 107,15 in	Carbon Steel 240 grade M type 316	1
12.	Gudang Produk	F-111B	Bangunan Gedung	P: 83,63 ft L: 41,82 ft T: 15 ft	Beton	1
13.	RVF	H-121	Rotary drum vacuum filter	d: 3,28 ft L: 46,48 ft Daya: 1Hp	Carbon Steel SA-240 grade M Type 316	1
14.	Pompa	L-117	Sentrifugal pump	Daya: 4 Hp η pompa: 59% η motor: 83%	Carbon Steel SA-240 grade M Type 316	1
15.	Pompa	L-128A	Rotary pump	Daya: 4 Hp η pompa: 61% η motor: 84%	Carbon Steel SA-240 grade M Type 316	1
16.	Pompa	L-128B	Rotary pump	Daya: 2 Hp η pompa: 61% η motor: 84%	Carbon Steel SA-240 grade M Type 316	1
17.	Pompa	L-128C	Rotary pump	Daya: 2 Hp η pompa: 60% η motor: 84%	Carbon Steel SA-240 grade M Type 316	1
18.	Pompa	L-128D	Rotary	Daya: 3 Hp	Carbon	1

			pump	η pompa: 50% η motor: 83%	Steel SA-240 grade M Type 316	
19.	Cyclone	H-137	Duclone collector	Dc: 18,14 ft De: 9,07 ft Hc: 9,07 ft Lc: 36,28 ft Sc: 2,27 ft Zc: 36,28 ft Jc: 4,54 ft Bc: 4,54 ft	Carbon Steel SA-240 grade M Type 316	1
20.	Pompa	L-128E	Rotary pump	Daya: 2 Hp η pompa: 60% η motor: 84%	Carbon Steel SA-240 grade M Type 316	1
21.	Dekanter	H-123	Horisontal decanter denga tutup dished	Do: 72 in Di: 71,63 in Ts: 3/16 Tha=thb: 3/16 in Ha=hb: 12,10 in Tinggi tangki: 131,65 in	Carbon Steel SA-240 grade M Type 316	1
22.	Gudang penampung cake	F-111C	Bangunan gedung	P : 30,98 ft L : 15,49 ft T : 15,00 ft	Beton	1
23.	Tangki Penampung	F-114B	Silinder tegak denga tutup atas dished dan tutup bawah	d: 14,88 ft ts: $\frac{3}{4}$ Ls: 9,60 ft tha: 1 $\frac{1}{18}$ ha: 2,51 ft H: 12,12 ft	Stainless steel, SA-240 grade M tipe 316	1

			plate datar			
24.	Tangki Penampung	F-114C	Silinder tegak denga tutup atas dished dan tutup bawah plate datar	d: 14,88 ft ts: $\frac{3}{4}$ Ls: 9,60 ft tha: 1 1/18 ha: 2,51 ft H: 12,12 ft	Stainless steel, SA-240 grade M tipe 316	1
25	Evaporator Double Effect	V-120	Shot tube vertical (Calandria)	Di: 71,63 in Do: 72 in Pi : 12,47 Ls : 107,44 in Tha : 2/16 Thb : 3/16 H : 129,79 in	Stainless steel, SA-240 grade M tipe 316	1
26	Kristaliser	X-126	Swenson Walker	Diameter: 2 ft L = 32,8032 ft	Stainless steel, SA-240 grade M tipe 316	1



BAB VI

PERANCANGAN ALAT UTAMA

Nama Alat : Rotary Dryer (B-130)
Tipe : Single Shell Direct Heat Rotary Dryer
Fungsi : Mengeringkan kristal CuSO_4

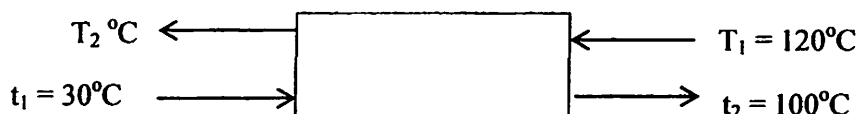
6.1. Prinsip Kerja

Rotary dryer merupakan alat pengering yang terdiri dari sebuah silinder horizontal dengan kemiringan tertentu. Putaran pada silinder disebabkan oleh kerja roda gigi (gear) yang dihubungkan dengan motor penggerak. Umpan basah masuk pada hopper yang berada pada bagian silinder yang lebih tinggi, dan produk keluar pada ujung yang lain.

Perancangan alat utama Single Shell Direct Heat Rotary ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Mengurangi kandungan air sebesar 5% dari air yang masuk
- Media pemanas yang digunakan adalah udara kering, yang panas masuk dari ujung yang lebih rendah dengan bantuan blower, sehingga akan berkontak langsung secara berlawanan arah. Dengan cara tersebut diharapkan efisiensi panas yang diperoleh lebih besar.

6.2. Kondisi Operasi



Rate Aliran bahan = 5341,48 kg/jam = 11776,01 lb/jam
Rate Aliran Produk = 5050,51 kg/jam = 11134,53 lb/jam
Rate udara panas masuk = 2403,67 kg/jam = 5299,21 lb/jam
Suhu bahan masuk = 30 °C
Suhu produk keluar = 100 °C
Suhu udara pemanas masuk = 120°C
Suhu udara pemanas keluar = T °C

6.3. Tahap- tahap Perancangan

Perancangan Rotary Dryer yang diperlukan meliputi:

6.3.1. Perancangan Dimensi Rotary Dryer

- a. Diameter silinder Rotary Dryer
- b. Volume bahan
- c. Volume silinder Rotary Dryer
- d. Tebal silinder Rotary Dryer
- e. Kecepatan putar Rotary Dryer
- f. Slope Rotary Dryer
- g. Corong feed atau Hopper
- h. Sudu-sudu atau Flight

6.3.2. Perancangan Penggerak Rotary Dryer

- a. Jumlah gigi pinion dan putaran drive
- b. Pitch line Velocity dari gear dan pinion
- c. Safe strength dari gear dan pinion
- d. Tenaga yang ditransmisikan oleh gear drive ke pinion
- e. Batas pemakaian muatan gear drive
- f. Berat beban total
- g. Tenaga yang dibutuhkan untuk memutar rotary dryer
- h. Putaran reducer

6.3.3. Perancangan Poros Penyangga Roll Support

- a. Roll suport
- b. Bearing dan housing

6.3.4. Perancangan Sistem Pondasi

Tahap-tahap Perancangan :

6.3.1. Perancangan Dimensi Rotary Dryer

a. Menghitung Diameter silinder Rotary Dryer

Dibutuhkan 1 Rotary Dryer, sehingga :

$$\text{Rate udara kering masuk} = 2403,67 \text{ kg/jam} = 5299,21 \text{ lb/jam}$$

Dari "Perry 7th ed", hal. 12-55, diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Range kecepatan udara dalam rotary dryer} &= 0,5 - 5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{dt} \\ &= 368,68 - 3686,8 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam} \end{aligned}$$

Dalam perancangan ini di ambil kecepatan udara 400 lb/ft².jam

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= \frac{\text{rate udara masuk}}{\text{kecepatan udara}} \\ &= \frac{5299.21 \text{ lb/jam}}{400 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}} = 13,25 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Dimana,

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \\ 5299,21 &= \frac{3,14}{4} \times D^2 \end{aligned}$$

$$D^2 = 16,88 \text{ ft}^2$$

$$D = 4,11 \text{ ft}$$

$$= 1,25 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$$

Dari "Ulrich" tabel 4.10, hal 132, diketahui range Rotary Dryer (direct) adalah 1-3 m, sehingga dipakai diameter 1 m = 6,56 ft.

b. Menghitung Volume Bahan

$$\text{Rate bahan masuk} = 5341,48 \text{ kg/jam} = 11776,01 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas bahan} = 98,72 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Diasumsikan waktu tinggal} = 60 \text{ menit} = 1 \text{ jam}$$

$$\text{Berat bahan} = 11776,01 \text{ lb/jam} \times 1 \text{ jam} = 11776,01 \text{ lb}$$

$$\text{Volume bahan} = \frac{\text{Berat bahan}}{\rho} = \frac{11776,01 \text{ lb}}{98,72 \text{ lb/ft}^3} = 119,29 \text{ ft}^3 = 3,38 \text{ m}^3$$

c. Menghitung volume silinder rotary Dryer

Dari "Ulrich" tabel 4.10, hal 132, diketahui bahwa volume bahan 10-15 % dari volume rotary Dryer, maka didapatkan persamaan:

$$\text{volume bahan} < \text{volume rotary Dryer}$$

$$\text{Volume bahan} = 10 \% \times \text{Volume rotary dryer}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume rotary dryer} &= \frac{3,38 \text{ m}^3}{10\%} \\ &= 33,78 \text{ m}^3 = 1192,86 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Dimana,

$$\text{Volume rotary dryer} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L$$

$$33,78 \text{ m}^3 = \frac{3,14}{4} \times 2^2 \times L$$

$$33,78 \text{ m}^3 = 3,14 L$$

$$L = \frac{33,78}{3,14} = 10,76 \text{ m} \approx 11 \text{ m}$$

Dari "Ulrich" tabel 4.10, hal 132, diketahui range panjang Rotary Dryer (direct) adalah = 4 - 20 m, sehingga panjang yang digunakan 11 m = 36,09 ft

Maka:

Perbandingan L/D = 4-6

(Ulrich, tabel 4-10, hal. 132)

D = 2 m dan L = 11 m

Jadi, $\frac{L}{D} = \frac{11}{2} = 5,5$ (memenuhi)

d. Menghitung tebal silinder Rotary Dryer

Rotary Dryer bekerja pada tekanan 1 atm = 14,696 psia

$$ts = \frac{P \times D}{2 \times ((F \times E) - 0,6)} + C$$

Dimana:

D = diameter rotary dryer: 6,56 ft = 78,74 in

ts = tebal shell yang dikehendaki

P = tekanan operasi: 1 atm = 14,696 psia

F = stress maksimum yang di ijinakan: 18750 lb/in²

E = efisiensi pengelasan : 0,8

C = faktor korosi : 1/16 in

Perencanaan:

- Bahan konstruksi shell dryer : High Alloy Steel SA-240 Grade M Type 316
- Tekanan = 14,696 psia
- Temperatur operasi = 120 °C = 248 °F

$$\begin{aligned} ts &= \frac{P \times D}{2 \times ((F \times E) - 0,6)} + C \\ &= \frac{14,696 \times 78,74}{2 \times ((18750 \times 0,8) - 0,6)} + 1/16 \\ &= (0,04 \times 16/16) + 1/16 \\ &= 0,62/16 + 1/16 \\ &= 1,62/16 \text{ in} \approx 3/16 \end{aligned}$$

Jadi tebal shell rotary dryer adalah 3/16

e. Menghitung kecepatan putar rotary dryer

Persamaan yang digunakan,

$$N = \frac{v}{\pi \times D}$$

Dimana:

N = jumlah putaran rotary dryer (rpm)

v = kecepatan periphetal (ft/menit)

D = Diameter rotary dryer (ft)

Dari "Perry 7th ed", hal. 12-56, diketahui kecepatan periphetal Rotary Dryer (50-100)ft/menit, dalam perencanaan ini diambil v = 80 ft/menit.

$$N = \frac{80}{3,14 \times 6,56}$$

$$= 3,88 \text{ rpm}$$

Diketahui : N × D = 25-35

(Perry 3rd ed.hal 832)

$$= 3,88 \times 6,56 = 25,48 \text{ (memenuhi)}$$

f. Menentukan slope rotary dryer

$$\theta = \frac{0,23 \times L}{S \times N^{0,9} \times D} + 0,6 \frac{B \times L \times G}{F}$$

$$B = \frac{5}{Dp^{0,5}}$$

(Perry 7rd ed.hal 12-55)

Dimana

θ = waktu tinggal

L = panjang dryer (ft)

B = konstanta beban material

D = diameter dryer

S = slope atau kemirinan

N = putaran dryer (rpm)

F = kecepatan umpan (lb/jam.ft²)

G = kecepatan massa udara (lb/ft².jam)

Dp = 200 mest

Menghitung waktu tinggal :

$$\text{Waktu tinggal} = \frac{\text{hold up}}{\text{rate feed}}$$

$$\text{Volume dryer} = 33,78\text{m}^3$$

$$= 1192,86 \text{ ft}^3$$

Dari "Perry 7th ed", ditentukan hold up sebesar 3% - 15% volume dryer Dalam perencanaan ini, digunakan hold up = 10 % volume dryer

Maka, hold up = 10 % x 1192,86 ft³

$$= 119,29 \text{ ft}^3$$

$$\text{Rate feed} = \frac{\text{rate bahan}}{\rho}$$

$$= \frac{11776,01 \text{ lb/jam}}{98,72 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 119,29 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$\text{waktu tinggal} = \frac{119,29 \text{ ft}^3}{119,29 \text{ ft}^3/\text{jam}}$$

$$= 1 \text{ jam} = 60 \text{ menit} = 3600 \text{ detik}$$

Konstanta beban material:

Dimana $D_p = 200 \text{ mesh} = 0,1177 \text{ in} = 0,0029 \text{ m} = 2989,59 \text{ mikron}$

$$B = \frac{5}{D_p^{0,5}}$$

$$B = \frac{5}{2989,59^{0,5}}$$

$$= 0,0914$$

Menghitung kecepatan umpan (F)

$$F = \frac{\text{umpan masuk}}{\frac{1}{4} \times D^2}$$

$$= \frac{11776,01}{\frac{1}{4} \times 6,56^2}$$

$$= 1094,05 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{Jam}$$

Maka:

$$\theta = \frac{0,23 \times L}{S \times N^{0,9} \times D} + 0,6 \frac{B \times L \times G}{F}$$

$$60 \text{ menit} = \frac{0,23 \times 36,09}{S \times 3,88^{0,9} \times 6,56} + 0,6 \frac{0,0914 \times 36,09 \times 400}{1094,05}$$

$$60 \text{ menit} = \frac{8,30}{22,25s} + 0,72$$

$$59,28 = \frac{8,30}{22,25s}$$

$$1318,63 S = 8,30$$

$$S = 8,30 / 1318,63$$

$$S = 0,01 \text{ ft/ft}$$

Jadi slope = 0,01

$$\alpha = \text{tg}^{-1} 0,01$$

$$= 0,5729 \approx 0,6$$

Dari "Perry 5th ed", hal. 20-36, diperoleh harga slope 0-1 in/ft = 0-0,08 ft/ft sehingga perhitungan diatas memenuhi.

g. Menghitung corong feed atau hopper

$$\text{laju umpan masuk} = 11776,01 \text{ lb/jam}$$

$$\rho \text{ bahan masuk} = 98,72 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{11776,01}{98,72}$$

$$= 119,29 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Asumsi waktu tinggal = 60 detik

Maka volume corong pemasukan atau hopper:

$$V = 119,29 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam}/3600 \text{ detik} \times 60 \text{ detik}$$

$$= 1,99 \text{ ft}^3$$

faktor keamanan : 20%

Maka,

$$\text{Volume Hopper} = 1,2 \times 1,99 \text{ ft}^3 = 2,39 \text{ ft}^3$$

Direncanakan corong berbentuk kerucut terpancung dengan ketentuan:

$$D_{\text{luar}} = 2,5 \text{ ft}$$

$$D_{\text{dalam}} = 0,75 \text{ ft}$$

jadi,

$$V = \pi/3 \times r^2 \times t$$

$$2,39 \text{ ft}^3 = 3,14/3 \times (2,5^2 - 0,75^2) \times t$$

$$2,39 \text{ ft}^3 = 5,95t$$

$$t = 3,57 \text{ ft} = 42,81 \text{ in}$$

h. Menghitung sudu-sudu atau Flight

Dari "Perry 6th ed", hal. 20-23, untuk diameter (D) = 0,3-3 m

- Jumlah flight(n) = 0,6D - 1D
- Tinggi radial flight = 1/12D - 1/8D

Maka ditetapkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah flight} &= 0,6 D \\ &= 0,6 \times 6,56 \\ &= 3,94 = 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi flight} &= 1/12 D \\ &= 1/12 \times 6,56 = 0,55 \text{ ft} = 6,56 \text{ in} \end{aligned}$$

Menghitung jarak antara sudu-sudu:

$$L = D \sin 1/2 \beta$$

Dimana:

L = jarak antara sudu-sudu/ flight (ft)

D = Diameter dryer (ft)

β = sudut apit pada titik pusat

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{360}{\text{jumlah sudu}} \\ &= \frac{360}{4} = 90^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= 6,56 \times \sin (1/2, 90^\circ) \\ &= 4,64 \text{ ft} = 55,66 \text{ in} \end{aligned}$$

6.3.2 Perancangan Penggerak Rotary Dryer

Untuk menggerakkan rotary dryer digunakan gear drive yaitu suatu roda gigi yang digerakkan oleh pinion, sedangkan pinion digerakkan oleh motor. Hubungan antara pitch dan circular pada gear drive adalah :

$$Dg = \frac{Ng \times Pc}{\pi}$$

(Pers 15-1 Hesse hal.420)

$$Dg = \frac{Ng}{Pd}$$

(Pers 15-1 Hesse hal.420)

Dimana:

Dg = diameter pitch

Pc = circular pitch

P_d = diameter pitch

N_g = jumlah gigi gear

Hubungan antar circular pitch dan diameter pitch adalah:

$$P_c \times P_d = \pi$$

(Pers 15-3 Hesse hal.421)

Range circular pitch(P_c) : 1,75 - 2 in

(Hesse, hal.420)

Ditentukan $P_c = 2$ in, sehingga:

$$P_d = \frac{\pi}{2}$$

$$= \frac{3,14}{2} = 1,57 \text{ in} = 0,1308 \text{ ft}$$

Ditetapkan:

$$D_g = 10 \text{ ft} = 120,0012 \text{ in}$$

Jumlah gigi gear,

$$N_g = D_g \times P_d$$

$$= 120,0012 \times 1,57 = 188,40 \approx 189 \text{ buah}$$

a. Menentukan jumlah gigi pinion dan putaran drive

Jumlah gigi pinion (N_p) dan putaran Drive gear

$$N_p = \frac{1}{5} N_g$$

$$= \frac{1}{5} \times 189$$

$$= 37,8 \approx 38 \text{ buah}$$

Diameter gigi penggerak/ diameter pinion (D_p)

$$D_p = \frac{N_p \times P_c}{\pi}$$

$$= \frac{38 \times 2}{3,14}$$

$$= 24,20 \text{ in} = 2,0170 \text{ ft}$$

Kecepatan putar gear drive

$$= \frac{D_g}{D_p} \times \text{putaran Rotary Dryer}(N)$$

$$= \frac{120,0012}{24,20} \times 3,88 \text{ rpm}$$

$$= 19,25 \text{ rpm}$$

b. Menentukan Pitch Line Velocity dari Gear dan Pinion

Untuk pitch line velocity dari gear

$$V_m = \frac{\pi \times N_g \times r_{pm}}{12 P_d}$$

$$D_g = N_g / P_d$$

(Hesse, hal 433)

Maka :

$$\begin{aligned} V_m &= \frac{\pi \times D_g \times r_{pm}}{12} \\ &= \frac{3,14 \times 120,0012 \times 3,88}{12} \\ &= 121,92 \text{ ft/menit} \end{aligned}$$

Untuk pitch line velocity dari pinion

$$\begin{aligned} V_m &= \frac{\pi \times D_p \times r_{pm}}{12} \\ &= \frac{3,14 \times 24,20 \times 19,25}{12} \\ &= 121,92 \text{ ft/menit} \end{aligned}$$

c. Menghitung safe strenght dari gear dan pinion

$$F_s = S \times K \times \frac{b}{P_d} \times Y$$

(Hesse,pers. 15-15, hal.431)

Dimana:

F_s = safe strength

S = stress yang diijinkan

K = faktor kecepatan

b = lebar permukaan pinion

Y = faktor permukaan gigi

P_d = ratio jumlah gigi dengan pitch diameter

Bahan yang digunakn adalah Non-metallic materials : $S = 6000$ psi

(Hesse, tabel 15-1, hal.430)

Untuk metalik gearing dengan pitch line velocity (V_m) lebih kecil dari 1000 rpm, mempunyai faktor kecepatan:

$$K = \frac{600}{600 + V_m}$$

(Pers 15-13,Hesse, hal. 431)

$$= \frac{600}{600 + 121,92}$$

$$= 0,83$$

Lebar permukaan gear

Lebar permukaan gear (b) dari " Hesse". Hal. 431, didapatkan harga $9,5/P_d - 12,5/P_d$

Dalam perencanaan ini dipakai $12,5/p_d$

Dimana, $P_d = 1,57$ (Hesse, hal.433)

Faktor permukaan gigi (Y)

Digunakan $14,5$ involute (Hesse, hal.430)

$$Y = 0,39 - (2,15/N)$$

Untuk pinion dengan jumlah gigi 38 buah

$$Y = 0,39 - (2,15/38)$$

$$= 0,33$$

Untuk gear dengan jumlah gigi 189 buah

$$Y = 0,39 - (2,15/189)$$

$$= 0,38$$

Maka safe strenght (Fs):

- Pinion

$$F_s = 6000 \times 0,81 \times \frac{(12,5/1,57)}{1,57} \times 0,33$$

$$= 8431,71 \text{ lb}$$

- Gear

$$F_s = 6000 \times 0,81 \times \frac{(12,5/1,57)}{1,57} \times 0,38$$

$$= 9574,83 \text{ lb}$$

d. Menentukan tenaga yang ditransmisikan oleh gear drive ke pinion

$$H_p = \frac{F_s \times v_M}{33000}$$

(Pers 15-12, Hesse, hal. 430)

- Pinion

$$H_p = \frac{8431,71 \times 121,92}{33000}$$

$$= 31,15 = 31 \text{ Hp}$$

- Gear

$$H_p = \frac{9574,83 \times 121,92}{33000}$$

$$= 35,38 = 35 \text{ Hp}$$

e. Menentukan batas pemakaian muatan gear drive

mengetahui apakah beban total yang di terima oleh gear drive pada rotary dryer ini memenuhi atau tidak maka lebih dahulu memperhitungkan batas pemakaian muatan gear drive.

$$F_w = D_p \times b \times Q \times w \quad (\text{Hesse, tabel 15-16, hal. 432})$$

Dimana:

F_w = batas beban (lb)

D_p = diameter pinion(in)

b = lebar permukaan gear (in)

Q = faktor perbandingan kecepatan

W = konstanta kombinasi material (psi) untuk cast iron dan gear

Untuk hardened steel, dan gear, $W = 250$ (Hesse, tabel 15-2, hal.432)

$$Q = \frac{2 \times N_g}{N_g + N_p}$$

$$Q = \frac{2 \times 189}{189 + 38}$$

$$= 1,67$$

$$F_w = 24,20 \times (12,5/1,57) \times 1,67 \times 250$$

$$= 80223,25 \text{ lb} = 36468,69 \text{ gr}$$

Jadi beban maksimum yang diijinkan adalah $80223,25 \text{ lb} = 36468,69 \text{ gr}$

f. Menghitung berat beban total

- Berat silinder (W_1)

$$W_1 = \frac{\pi}{4} \times (D_o^2 - D_i^2) \times L \times \rho$$

$$D_o = D_i + 2 \text{ ts}$$

$$= 78,74 + (2 \times (3/16))$$

$$= 79,12 \text{ in} = 6,59 \text{ ft}$$

ρ stainless steel: 489 lb/ft³

$$W_1 = \frac{3,14}{4} \times (6,59^2 - 6,56^2) \times 36,09 \times 489$$

$$= 5694,68 \text{ lb}$$

- Berat flight (W₂)

$$W_2 = n \times L \times H \times t \times \rho$$

Dimana,

n = jumlah flight: 4 buah

H = tinggi flight: 0,55 ft

L = panjang rotary dryer: 36,09

t = tebal flight ditetapkan: 0,25 in = 0,0208

ρ = densitas carbon steel: 489 lb/ft³

$$\begin{aligned} W_2 &= 4 \times 36,09 \times 0,55 \times 0,0208 \times 489 \\ &= 804,13 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Berat gear (W₃)

$$W_3 = \frac{\pi}{4} \times (D_g^2 - D_o^2) \times b \times \rho$$

Dimana:

D_g = diameter gear: 120,0012 in = 10 ft

D_o = diameter luar dryer : 6,59

b = lebar permukaan gear 12,5/1,57 = 7,96 in = 0,66

ρ = densita cast iron : 450 lb/ft³

$$\begin{aligned} W_3 &= \frac{3,14}{4} \times (10^2 - 6,59^2) \times 0,66 \times 450 \\ &= 13207,90 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Berat gear (W₄)

W₄ = berat umpan masuk Rotary Dryer

$$= 11776,01 \text{ lb}$$

- Berat riding ring (W₅)

$$W_5 = \frac{\pi}{4} \times 2 \times (D_r^2 - D_o^2) \times b \times \rho$$

Dimana, D_r = D_g = Diameter rinding ring = 10 ft

$$\begin{aligned} W_5 &= \frac{3,14}{4} \times 2 \times (10^2 - 6,59^2) \times 0,66 \times 450 \\ &= 26500,20 \text{ lb} \end{aligned}$$

Jadi,

$$W \text{ total} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5$$

$$= 5694,68 \text{ lb} + 804,13 \text{ lb} + 13207,90 \text{ lb} + 11776,01 \text{ lb} + 26500,20 \text{ lb}$$

$$= 57982,92 \text{ lb}$$

57982,92 lb < 80223,25 lb (memenuhi)

g. Menghitung tenaga yang dibutuhkan untuk memutar Rotary Dryer

$$H_p = \frac{N \times [(4,75 \times D_o \times W) + (0,9125 \times D \times W_t) + (0,33 \times W_t)]}{100000}$$

Dimana:

N = putaran rotary dryer: 3,88 rpm

W = beban material : 11776,01

D = diameter riding ring : 10

W_t = berat total 57982,92 lb

D_o = diameter luar shell 6,59 ft

Maka,

$$H_p = \frac{3,88 \times [(4,75 \times 6,59 \times 11776,01) + (0,9125 \times 10 \times 57982,92) + (0,33 \times 11776,01)]}{100000}$$

$$= 35,01 H_p = 35 H_p$$

h. Menentukan putaran pada Reducer

Putaran pada gear drive = 19,25 rpm

Dipilih motor dengan putaran = 200 rpm

Untuk menghitung putaran Reducer, digunakan persamaan:

$$i = \frac{N_1}{N_2} = \frac{N_2}{N_3}$$

Dimana:

i = perbandingan putaran

N₁ = putaran motor

N₂ = putaran reducer

N₃ = putaran gear drive

Sehingga,

$$(N_2)^2 = N_1 \times N_3$$

$$= 200 \times 19,25$$

$$= 3850,19$$

$$N_2 = 62,05 \text{ rpm}$$

Harga perbandingan putaran

$$i = \frac{N1}{N2} = \frac{200}{19,25}$$

$$= 10,39$$

6.3.3. Perancangan Poros Penyangga Roll Support

Dalam perancangan ini digunakan 4 roll supporting dengan 4 buah poros dengan sudut 30° .

Berat beban total: 57982,92 lb

Sehingga setiap penyangga menerima beban vertikal (P) sebesar:

$$P = \frac{W}{a}$$

Dimana:

W = berat beban total (lb)

$$a = (L/5)$$

$$= 36,09/5 = 7,22 \text{ ft}$$

Sehingga,

$$P = \frac{57982,92}{7,22}$$

$$= 8033,37 \text{ lb}$$

Sedangkan beban yang diterima oleh roll support (P1) :

$$P/P^1 = \cos 30^\circ$$

$$P^1 = 8033,37/\cos 30^\circ$$

$$= 9276,14 \text{ lb}$$

Direncanakan jenis poros support dibuat dari bahan Forged or Hot Roller Steel, (20% carbon content), maka harga ultimate tensile: 65000 psi (Hesse, hal. 467). Poros support tidak berputar, hanya roll support yang berputar.

Untuk menentukan diameter poros, maka berlaku persamaan:

$$D = \left[\frac{5,09}{s} \times \left((K \times T)^2 + (B \times M)^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

Dimana:

D = diameter poros (in)

K = faktor kelebihan bebab tiba-tiba: 1

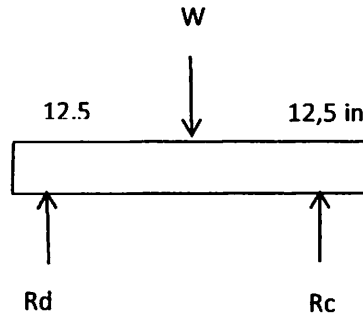
T = torque = 0

M = momen (lb.in)

s = stress yang diijinkan = $75\% \times 6500 = 48750$ psi

B = faktor momen: 1,5 – 3

Ditetapkan panjang poros: 25 in



$$R_c + R_d = W$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} R_c &= R_d = 1/2 W \\ &= 1/2 \times 57982,92 \text{ lb} \\ &= 28991,46 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen terbesar terdapat ditengah} &= (w/2) \times (L/2) \\ &= (57982,92/2) \times (36,09/2) \\ &= 523133,50 \text{ lb} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} D &= \left[\frac{5,09}{48750} \times \left((1 \times 0)^2 + (1,75 \times 523133,50)^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3} \\ &= 4,5723 \text{ in} = 0,38 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut diperoleh ukuran sebagai berikut:

- Diameter poros: 4,5723 in = 0,38 ft
- Panjang poros: 25 in = 2,0833 ft
- Bahan konstruksi or Hot Roller Steel (20% carbon-content)
- ρ carbon steel: 489 lb/ft³
- Berat poros = $\pi/4 \times D^2 \times L \times \rho$
 $= 3,14/4 \times 0,38^2 \times 2,0833 \times 489$
 $= 116,10 \text{ lb/ft}^3$

a. Maka berat roll support

Direncanakan:

Bahan = cast iron

Diameter roll (diameter luar) = 10 in = 0,83 ft

Lebar roll support = lebar riding ring

$$b = 12,5/1,57$$

$$= 7,96 \text{ in} = 0,66 \text{ ft}$$

ρ cast iron = 450 lb/ft³

Diameter dalam = $d = D - 2 \text{ ts}$

$$d = 10 - 2(3/16)$$

$$= 9,63 \text{ in} = 0,80 \text{ ft}$$

Maka berat roll support:

$$= \pi/4 \times b \times (D^2 - d^2) \times \rho$$

$$= 3,14/4 \times 0,66 \times (0,83 - 0,80) \times 450$$

$$= 11,98 \text{ lb}$$

b. Menghitung bearing dan housing

Fungsi bearing atau bantalan adalah menumpu poros dan roll supporting

Direncanakan bearing jenis roll:

- Beban yang diterima roll = 9276,14 lb

- Beban poros = 116,10 lb

- Beban roll support = 11,98 lb +

Total = 9404,21 lb

Dipakai 2 buah bearing, maka setiap bearing menerima beban sebesar:

$$= 9404,21/2 = 4702,11 \text{ lb}$$

Tiap penyangga menahan 1/4 berat total.

$$= 1/4 \times 57982,92 = 14495,73 \text{ lb}$$

Pemilihan bearing,

$$P_t = \frac{P_r}{K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5}$$

Dimana:

P_t = radial load (lb)

P_r = radial load sesungguhnya : 9404,21 lb

$$K_1 = \frac{P_r}{P_r + P_a} + \frac{P_r}{P_r + 0} = 1$$

K_2 = faktor yang menyangkut umur bearing = 0,7894

K_3 = Faktor kecepatan putaran: $(400/3,88)^{1/2} = 10,15$

K_4 = faktor rotasi = 1

K_5 = faktor untuk impact load, untuk beban konstan dan tetap, $k = 1$

Sehingga,

$$P_t = \frac{9404,21}{1 \times 0,7894 \times 10,15 \times 1 \times 1}$$

$$= 1173,74 \text{ lb}$$

Dari "Hesse" hal 498, diperoleh type Cylindrical Roller Single Row dengan harga yang mendekati:

$D = 7,250 \text{ in} = 0,60 \text{ ft} = 0,18 \text{ m}$

$L = 6,417 \text{ in} = 0,53 \text{ ft} = 0,16 \text{ m}$

Pemilihan housing,

Dari "Hesse" hal. 490, diperoleh:

Type : Plummer Blacks (SN-522)

$D = 4 \text{ in} = 0,33 \text{ ft} = 0,10 \text{ m}$

$L = 9,25 \text{ in} = 0,77 \text{ ft} = 0,23 \text{ m}$

6.3.4 Perancangan Sistem Pondasi

Direncanakan sistem konstruksi pondasi beton tanpa tulang

- (ρ) beton : 140 lb/ft³ (Dirjen Marga DPU dan Tenaga Kerja)

- Tegangan beton yang diijinkan tanpa penulangan 6 kg/m²

(Peraturan Beton Indonesia, 1971, hal. 105)

- Diasumsikan kondisi tanah adalah Alluvial Soil dengan tegangan yang diijinkan yaitu 0,5 s/d 1 ton/ft² (Hesse, hal.327)

- Direncanakan sistem konstruksi pondasi beton, campuran beton terdiri dari semen, kerikil dan pasir dengan perbandingan 1 : 2 : 3

(*Van Denicum Teknik Sipil oleh Ir. Imam S*)

Untuk itu diadakan perbaikan, dengan cara tanah yang sudah digali selanjutnya dilapisi dengan:

- pasir kasar : 8 in

- pecahan batu kali : 6 in

- kerikil/pasir sampai rata, kemudian disiram dengan air dan dipadatkan.

Sebagai dasar perhitungan disesuaikan dengan pondasi yang tahan terhadap getaran.

Perancangan :

- Bentuk pondasi limas terpancung, dengan ukuran:

$$\text{Luas atas} = (7 \times 8) = 56 \text{ ft}^2$$

$$\text{Luas bawah} = (10 \times 12) = 120 \text{ ft}^2$$

$$\text{Tinggi} = 2 \text{ ft} = 24,00 \text{ in}$$

- Volume pondasi (v)

$$\begin{aligned} V &= 1/3 \times t \times [(a+b) + (a + b)^{1/2}] \\ &= 1/3 \times 2 \times [(56+120) + (56 + 120)^{1/2}] \\ &= 126,18 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

- Berat pondasi (W)

$$\begin{aligned} W &= V \times \rho \\ &= 126,18 \text{ ft}^3 \times 140 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 17664,87 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Beban yang diterima tanah (P)

$$\begin{aligned} P &= \text{berat pondasi} + \text{berat bearing} \\ &= 17664,87 + 9404,21 \\ &= 27069,09 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Tegangan tanah karena beban

$$\tau = \frac{P}{F} < 1 \text{ ton/ft}^2$$

Dimana,

P = beban yang diterima tanah (lb)

F = luas alas (ft²)

Sehingga,

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{27069,09}{10 \times 12} \\ &= 225,58 \text{ lb/ft}^2 \\ &= 0,10 \text{ ton/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk 3 pondasi} &= 3 \times 0,10 \text{ ton/ft}^2 \\ &= 0,30 \text{ ton/ft}^2 \end{aligned}$$

Karena tegangan yang terjadi akibat pembebanan kurang dari 1 ton/ft², maka ukuran pondasi tersebut dapat digunakan.

- Menentukan slope atau sudut pondasi yang diijinkan pada tegangan

a. Panjang permukaan atas = 8 ft

b. Panjang permukaan bawah = 12 ft

Maka sudut pondasi

$$\begin{aligned} D &= \frac{a}{57} \sqrt{\tau} \\ &= \frac{a}{57} \sqrt{225,58} \\ &= 0,26 a \\ \operatorname{tg} \theta &= \frac{a}{D} = \frac{a}{0,26 a} \\ &= 3,80 \end{aligned}$$

Letak titik kekuatan pondasi pada 2 in diatas permukaan tanah (Hesse, hal. 336)

- tinggi pondasi = $(2 \times 12) - 2 = 22$ in

- Slope = $\tan \theta = \frac{(12-8) \times 12}{22}$
= 2,18

2,18 < 3,80 (memenuhi)

Dari hasil perhitungan ternyata sudut pondasi cukup memenuhi syarat karena $\operatorname{tg} \theta$ perhitungan < $\operatorname{tg} \theta$ (3,80) yang diijinkan berdasarkan beban yang diterima tanah.

Perhitungan :

- Ketahanan pondasi terhadap moment akibat gaya horisontal yang terjadi pada bearing.

• Beban vertikal (P_1) = 9276,14 lb

• Beban horisontal (P_2) = $P_1 \sin 30$
= $9276,14 \times \sin 30^\circ = 4638,07$ lb

- Moment akibat gaya vertikal (M_h)

$$\begin{aligned} M_h &= P_2 \times h \\ &= 4638,07 \times 22 \\ &= 102037,54 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

- Moment akibat gaya vertikal (M_v)

$$M_v = \sum P \times h$$

Dimana, $\sum P$ = beban yang diterima oleh satu bearing

$$= \frac{4638,07}{2} = 2319,04$$

$$M_v = \sum P \times h$$

$$= 2319,04 \times 22 = 51018,77 \text{ lb.in}$$

Jadi ketahanan moment akibat gaya horizontal cukup kuat(tidak terangkat).

karena moment horozontal lebih besar dari moment vertikal sehingga ukuran pondasi memenuhi syarat,

SPESIFIKASI ALAT ROTARY DRYER

a. Silinder (Shell)

Jenis	=	Silinder Horizontal
Diameter	=	78,74 in = 6,56 ft = 2 m
Panjang	=	433,07 in = 36,09 ft = 11 m
Tebal	=	3/16 In
Kecepatan putaran	=	3,88 Rpm
Waktu tinggal	=	1 Jam
Tenaga pemutar	=	35 HP
Bahan konstruksi	=	High Alloy Steell SA 240 Grade M Type 316
Jumlah	=	1 buah

b. Corong Pemasukan/Hopper

Bentuk	=	Kerucut terpancung
Diameter luar	=	2,5 ft = 30,0003 in
Diameter dalam	=	0,75 ft = 9,0001 in
Tinggi	=	3,57 ft = 42,81 in
Jumlah	=	1 buah

c. Sudu-sudu/Flight

Jenis	=	Flight 90 Lip Flight
Jarak antar sudu	=	4,64 ft = 55,66 in
Tinggi	=	0,55 ft = 6,56 in
Jumlah	=	4 buah

d. Roda gigi/ Gear

Jumlah gigi	=	189 buah
Diameter	=	120,0012 in = 10 ft
Lebar permukaan	=	7,96 in = 0,66 ft
Kecepatan putar	=	19,25 rpm

Bahan konstruksi	=	Non-metallic materials
Safe strength	=	9574,83 lb
Pitch Line Velocity	=	121,92 ft/menit
Daya motor	=	35 hp

e. Gigi penggerak/ pinion

Jumlah gigi	=	38
Diameter	=	24,20 in = 2,0170 ft
Lebar permukaan	=	7,96 in = 0,66 ft
Bahan konstruksi	=	Non-metallic materials
Safe strength	=	8431,71 lb
Pitch Line Velocity	=	121,92 ft/menit
Daya motor	=	31 hp

f. Poros

Diameter	=	4,0730 in = 0,34 ft
Panjang	=	25 in = 2,0833 ft
Bahan konstruksi	=	Forged or Hot Roller Steel (20% Carbon content)
Berat poros	=	116,10 lb
Jumlah	=	4 buah

g. Roll Supporting

Diameter	=	10 in = 0,83 ft
Lebar	=	7,96 in = 0,66 ft
Bahan konstruksi	=	Cast Iron
Berat Roll Supporting	=	11,98 lb
Jumlah	=	4 buah

h. Bearing

Type	=	Cylindrical Roller Single Row
Diameter	=	7,25 in = 0,60 ft = 0,18 m
Panjang	=	6,417 in = 0,53 ft = 0,16 m
Jumlah	=	2 buah

i. Housing

Type	=	Plummer Blacks (SN-522)
Diameter	=	4 in = 0,33 ft = 0,10 m

Panjang = 9,25 in = 0,77 ft = 0,23 m

j. Pondasi

Bentuk = Limas terpancung

Jumlah = 3 buah

Bahan = Beton

Luas atas = $(7 \times 8) = 56$ ft

Luas bawah = $(10 \times 12) = 120$ ft

Tinggi total = 2 ft = 24 in



BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

Instrumentasi dan keselamatan kerja adalah dua faktor yang penting dalam suatu industri guna meningkatkan kualitas dan kuantitas produk. Instrumentasi digunakan untuk mengontrol jalannya suatu proses agar dapat dikendalikan sesuai yang diinginkan. Sedangkan keselamatan kerja juga harus diperhatikan untuk mencegah kerugian nyawa, materi, alat-alat, sarana, dan prasarana pabrik yang dapat timbul sewaktu-waktu. Dengan pertimbangan tersebut perlu adanya suatu bagian yang berfungsi untuk mengontrol peralatan proses dan manajemen tentang keselamatan kerja.

7.1. Instrumentasi

Dalam mengatur dan mengendalikan kondisi operasi pada alat proses diperlukan adanya alat-alat kontrol atau instrumentasi. Instrumentasi dapat berupa suatu petunjuk atau indikator, perekam atau pengendali (controller). Dalam industri kimia banyak variabel yang perlu diukur atau dikontrol seperti temperatur, tekanan, laju alir, ketinggian cairan pada suatu alat.

Instrumentasi merupakan bagian yang penting dalam pengendalian proses suatu pabrik industri. Dengan adanya instrumentasi yang memadai, maka bagian-bagian dari pabrik yang penting memerlukan pengendalian operasi/proses. Pengendalian operasi/proses meliputi keseluruhan unit pabrik maupun hanya pada beberapa unit pabrik yang benar-benar diperlukan secara cermat dan akurat. Pengetahuan akan pemilihan alat-alat pengendalian proses ini penting karena menyangkut harga peralatan itu sendiri yang cukup mahal.

Pada umumnya instrumentasi dapat dibedakan berdasarkan proses kerjanya, yaitu :

1. Proses manual

Pada proses manual biasanya peralatan itu hanya terdiri dari instrumentasi penunjuk dan pencatat saja yang sepenuhnya ditangani oleh tenaga manusia.

2. Proses otomatis

Pengendalian secara otomatis dilakukan dengan alat kontrol yang dapat bekerja dengan sendirinya dan terhubung oleh monitor agar setiap saat kita dapat memantau *performance* alat proses.

Pengendalian proses yang dilakukan secara otomatis dilakukan dengan pertimbangan biaya yang cukup matang, karena biasanya penggunaan alat kontrol otomatis memakan biaya yang lebih besar atau sebaliknya justru lebih murah daripada pemakaian alat kontrol manual. Pengendalian proses secara otomatis memiliki keuntungan antara lain :

- mengurangi jumlah pegawai (man power).
- keselamatan kerja lebih terjamin.
- hasil proses lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan.

Beberapa bagian instrumen yang diperlukan proses secara otomatis, antara lain :

- Sensing element / Primary element
- Element pengukur
- Element pengontrol
- Element proses pendingin

Tujuan pemasangan instrumentasi adalah :

1. Menjaga kondisi operasi suatu peralatan agar tetap berada dalam kondisi operasi yang aman.
2. Mengatur laju produksi agar berada dalam batas yang direncanakan.
3. Kualitas produksi lebih terjaga dan terjamin.
4. Membantu memudahkan pengoperasian suatu alat.
5. Kondisi-kondisi berbahaya dapat diketahui secara dini melalui alarm peringatan.
6. Efisiensi kerja akan lebih meningkat.

Faktor-faktor perlu diperhatikan dalam pemilihan instrumentasi adalah :

1. Jenis instrumentasi.
2. Range yang diperlukan untuk pengukuran.
3. Ketelitian yang diperlukan.
4. Bahan konstruksi serta pengaruh pemasangan pada kondisi proses.
5. Faktor ekonomi.

Pada Pra Rencana Pabrik *Tembaga Sulfat* ini, instrumen yang digunakan adalah alat kontrol yang bekerja secara manual maupun secara otomatis. Hal ini tergantung dari sistem peralatan, faktor teknis, faktor ekonomis serta kelayakan lingkungan kerja tetapi

instrumen yang digunakan cenderung pada pemakaian alat kontrol secara otomatis karena ada beberapa keunggulan kompetitif bila dibandingkan secara manual.

Namun demikian tenaga manusia masih sangat diperlukan dalam pengoperasian dan pengawasan proses.

Dalam perencanaan suatu pabrik, alat kontrol yang diperlukan adalah :

a. Indikator

Untuk mengetahui secara langsung kondisi operasi suatu daerah tertentu dari suatu peralatan.

b. Controller

Untuk mengendalikan suatu kondisi operasi dalam aliran proses pada harga yang telah ditentukan.

Dengan adanya instrumen diharapkan proses akan bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Instrumen yang digunakan pada Pra Rencana Pabrik *Tembaga Sulfat* ini adalah :

a. Temperatur Controller (TC)

Dipasang pada alat yang memerlukan penjagaan suhu, agar beroperasi pada temperatur konstan.

b. Flow Controller (FC)

Dipasang pada alat untuk mengendalikan laju alir fluida yang melalui perpipaian.

c. Pressure Controller (PC)

Dipasang pada alat yang memerlukan penjagaan tekanan, agar beroperasi pada tekanan konstan.

d. Weight Controller (WC)

Dipasang pada alat untuk mengatur laju aliran padatan berdasarkan pada berat padatan yang ditampung dalam suatu penampung sementara

e. Feed Ratio Controller (FRC)

Dipasang pada alat yang memerlukan pengendalian dalam hal perbandingan bahan yang akan masuk.

Penempatan alat-alat kontrol pada setiap alat dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7.1. Alat-alat kontrol yang dipakai pada setiap peralatan

No.	Nama Alat	Kode Alat	Kode Instrumentasi
1.	Tangki Pengencer	M-116	LC

2.	Reactor	R-110	TC
3.	Evaporator	V-120	TC
4.	Kristalizer	X-125	TC
5.	Bin CuO		WC
6.	Heater		TC
7.	Bin Produk		WC

7.2. Keselamatan Kerja

Dalam perencanaan suatu pabrik, keselamatan kerja merupakan suatu hal yang sangat penting yang harus diperhatikan karena menyangkut kelancaran dan keselamatan kerja karyawannya. Selain itu juga menyangkut lingkungan dan masyarakat sekitar pabrik. Keselamatan kerja ini merupakan usaha untuk memberikan rasa aman dan tenang pada karyawan dalam bekerja. juga untuk mencegah terjadinya kecelakaan, kebakaran dan penyakit kerja dalam lingkungan kerja.

Tindakan penjagaan keselamatan dan keamanan suatu pabrik tidak hanya ditujukan kepada para pekerjanya saja, tetapi juga ditujukan pada peralatan pabrik itu sendiri. Bagi para pekerja dituntut rasa kedisiplinannya maupun berhati-hati dalam melakukan pekerjaan, demikian pula peralatan yang ada di dalam pabrik tersebut harus kuat, tidak mudah rusak, tidak mudah bocor dan tidak mudah terbakar.

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja adalah :

a. Lingkungan fisik

Meliputi : mesin, peralatan produksi dan lingkungan kerja (suhu, penerangan, dll). Kecelakaan kerja bisa disebabkan oleh kesalahan perencanaan, aus, rusak, kesalahan pembelian, penyusunan dari peralatan dan sebagainya.

b. Latar belakang kerja

Yaitu sifat/karakter yang tidak baik dari pekerja yang merupakan sifat dasar pekerja maupun lingkungannya. Sifat/karakter tersebut meliputi :

- Tidak cocoknya manusia/pekerja terhadap mesin atau lingkungan kerja.
- Kurangnya pengetahuan dan keterampilan
- Ketidamampuan fisik, mental serta faktor bakat lainnya.
- Kurangnya motivasi kerja dan kesadaran akan keselamatan kerja.

c. Sistem manajemen

Sistem manajemen ini merupakan unsur terpenting, karena menjadi pengatur kedua unsur di atas. Kesalahan sistem manajemen dapat menyebabkan kecelakaan kerja yang disebabkan karena, antara lain :

- Prosedur kerja tidak diterapkan dengan baik.
- Kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan dan modifikasi pabrik serta tidak adanya inspeksi perusahaan.
- Tidak adanya sistem penanggulangan bahaya.

Secara umum pada Pra Rencana Pabrik *Tembaga Sulfat* ini ada 3 macam bahaya yang dapat terjadi dan harus mendapatkan perhatian pada perencanaan, yaitu :

- a. Bahaya kebakaran dan peledakan
- b. Bahaya mekanik
- c. Bahaya terhadap kesehatan dan jiwa manusia.

Bahaya Kebakaran dan Peledakan

Pencegahan terhadap bahaya kebakaran dan peledakan bertujuan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya kecelakaan terhadap pekerja maupun kerusakan peralatan yang mengakibatkan terhentinya proses produksi. Terjadinya bahaya ini dapat disebabkan oleh :

1. Terjadi hubungan singkat (korsleting) pada saklar, stop kontak, atau alat listrik lainnya baik pada peralatan instrumentasi maupun pada peralatan listrik sederhana seperti lampu, radio, komputer, mesin fax, answering machine, dll.
2. Kebakaran yang diakibatkan percikan api pada furnace yang berbahan bakar fuel oil.

Cara untuk mencegah atau mengurangi kemungkinan terjadinya kebakaran antara lain :

1. Pemasangan pipa air melingkar (water hydrant) di seluruh areal pabrik.
2. Pemasangan alat pemadam kebakaran yang mudah dijangkau di setiap tempat rawan ledakan dan kebakaran, terutama di sekitar alat-alat proses bertekanan dan bersuhu tinggi.
3. Tangki bahan bakar jaraknya harus cukup jauh dari tempat yang mudah menimbulkan kebakaran.

4. Untuk mencegah atau mengurangi bahaya-bahaya yang timbul, dipakai isolasi-isolasi panas atau isolasi listrik dan pada tempat yang bertegangan tinggi diberi penghalang atau pagar.
5. Pemasangan alat-alat listrik harus diatur sedemikian rupa agar tidak berdekatan dengan sumber panas.
6. Membuat plakat-plakat, slogan-slogan atau *Standar Operational Procedures (SOP)* pada setiap proses yang salah satu isinya menerangkan bahaya dari proses atau alat yang bersangkutan.

Bahaya Mekanik

Bahaya mekanik disebabkan oleh pengerjaan konstruksi bangunan atau alat proses yang tidak memenuhi syarat. Hal-hal yang harus diperhatikan untuk mencegah atau mengurangi kemungkinan terjadinya bahaya ini adalah :

1. Perencanaan alat harus sesuai dengan aturan yang berlaku termasuk pemilihan bahan konstruksi, pertimbangan faktor korosi. Perencanaan alat *under design* biasanya lebih besar menciptakan bahaya ini.
2. Pemasangan alat kontrol atau indikator yang baik dan sesuai, serta pemberian alat pengaman proses pada alat-alat yang beresiko besar menciptakan terjadinya bahaya ini.
3. Sistem perpipaan untuk air, udara, steam dan bahan bakar hendaknya diberi cat dan warna tertentu atau berbeda dengan warna sekitarnya dan diberi nama sesuai isi pipa

Bahaya terhadap Kesehatan dan Jiwa Manusia

Untuk menjaga keselamatan karyawan perlu adanya kesadaran dari seluruh karyawan agar dapat bekerja dengan baik dan efektif sehingga tidak membahayakan keselamatan jiwanya dan orang lain. Oleh karena itu pengetahuan tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) perlu diketahui oleh seluruh karyawan dari mulai karyawan operator proses sampai karyawan administrasi. Perusahaan akan mengadakan semacam pelatihan atau penyuluhan pada seluruh karyawan terutama karyawan baru agar sosialisasi K3 lebih efektif tercipta di lingkungan kerja. Pelatihan atau penyuluhan K3 akan berbeda bagi setiap karyawan tergantung pada bagian mana dia bekerja. Apabila operator proses, karyawan wajib mengetahui cara-cara pemakaian alat-alat pelindung (seperti masker, topi, safety belt, sepatu, sarung tangan, dll.) dan mengetahui

bahaya-bahaya yang akan terjadi dari mulai tangki bahan baku sampai tangki storage. Sedangkan karyawan gudang wajib mengetahui prosedur penggunaan kendaraan pengangkut sampai cara penyusunan kemasan produk.

Selain itu pembuatan ventilasi setiap ruangan harus disesuaikan standar WHO (World Health Organization) agar lingkungan kerja yang sehat dapat meningkatkan produktifitas karyawan dalam bekerja.

Untuk mencegah kecelakaan kerja diperlukan alat-alat pelindung keselamatan kerja seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 7.2. Alat-alat keselamatan kerja pada pabrik *Tembaga Sulfat*

No.	Alat pelindung	Lokasi Pengamanan
1.	Masker	Gudang, bagian proses
2.	Helm pengaman	Gudang, bagian proses
3.	Sarung tangan	Gudang, bagian proses
4.	Sarung karet	Gudang, bagian proses
5.	Isolasi panas	Heater
6.	Pemadam kebakaran	Semua Unit



BAB VIII

UTILITAS PABRIK

Unit utilitas pada suatu pabrik adalah salah satu bagian yang sangat penting untuk menunjang jalannya proses produksi dalam suatu industri kimia, sehingga kapasitas produksi semaksimal mungkin dapat dicapai. Unit utilitas yang diperlukan pada Pra Rencana Pabrik *Tembaga Sulfat* 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.
- Refrigerant digunakan untuk menjaga suhu dan mendinginkan suhu dalam proses produksi.

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

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

8.1. Unit Penyediaan Steam

Bahan baku pembuatan steam adalah Air Umpan Boiler. Steam yang dibutuhkan dalam proses pembuatan *Tembaga Sulfat* sebanyak 9033,42 kg/jam mempunyai kondisi :

- Tekanan : 101,325 KPa
- Temperatur : 120 °C

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)
- Silica, sulfat, asam bebas dan oksida

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan boiler :

a. Tidak boleh berbuih (berbusa)

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

- Kesulitan pembacaan tinggi liquid 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.

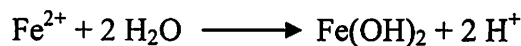
b. Tidak boleh membentuk kerak pada boiler

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 H_2S , SO_2 , NH_3 , CO_2 , O_2 , yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja, yaitu :

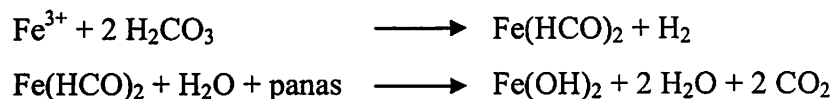


Tetapi jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hydrogen yang terbentuk akan bereaksi membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi menurut reaksi :



Adanya bikarbonat dalam air akan menyebabkan terbentuknya CO_2 , karena pemanasan dan adanya tekanan. CO_2 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 menjadi CO_2 lagi.

Reaksi yang terjadi :



(Muharto, Ir Hal 46)

Proses Pengolahan Air Pada Unit Pengolahan Air

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

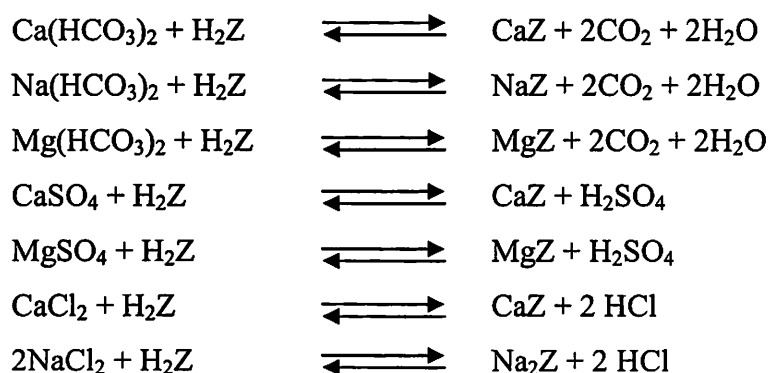
Proses pengolahan air kawasan tersebut adalah :

Air dari kawasan dipompa dengan pompa (L-113) menuju bak air bersih (F-218). Dari bak air bersih (F-218) dan diolah sesuai dengan fungsinya masing-masing yaitu :

a. Pengolahan air umpan boiler

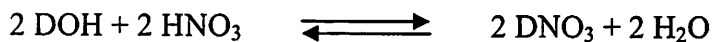
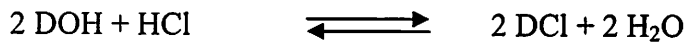
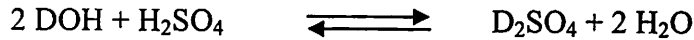
Pelunakan air umpan boiler yang dilakukan dengan pertukaran ion dalam demineralisasi yang terdiri dari dua tangki, yaitu tangki kation exchanger (D-210A) dan anion exchanger (D-210B). Kation exchanger yang digunakan adalah resin zeolit (H_2Z) dan anion yang digunakan adalah deacidite (DOH).

Air dari bak air bersih (F-218) dialirkan dengan pompa (L-219) menuju kation exchanger (D-210A). dalam tangki kation exchanger terjadi reaksi-reaksi sebagai berikut :

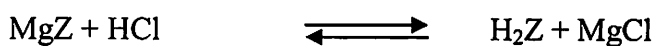
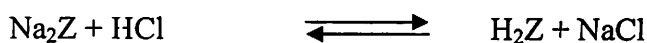
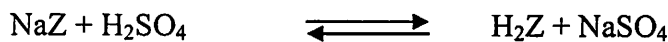
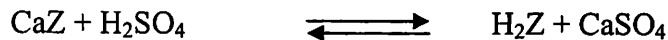




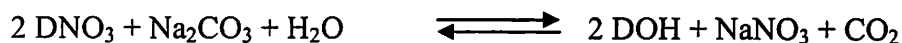
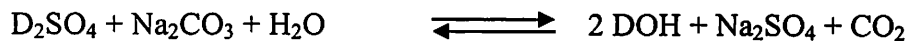
Ion-ion bikarbonat, sulfat dan klor diikat dengan ion Z membentuk CO_2 dan air, H_2SO_4 dan HCl . Selanjutnya air yang bersifat asam ini dialirkan ke tangki anion exchanger (D-210B) untuk dihilangkan anion-anion yang mengganggu proses. Resin yang dipakai dalam anion exchanger adalah Deacidite (DOH). Dalam tangki anion exchanger terjadi reaksi sebagai berikut :



Pemakaian resin yang terus menerus menyebabkan resin tidak aktif lagi. Hal ini dapat diketahui dengan pemeriksaan kesadahan air umpan boiler. Resin yang sudah tidak aktif menunjukkan bahwa resin sudah tidak jenuh dan perlu diregenerasi. Regenerasi hydrogen exchanger dilakukan dengan menggunakan asam sulfat atau asam klorida. Dengan reaksi sebagai berikut :



Sedangkan regenerasi anion exchanger dengan menggunakan larutan Na_2CO_3 atau NaOH . Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Setelah keluar dari demineralisasi, air umpan boiler telah terbebas dari ion-ion pengganggu. Untuk memenuhi kebutuhan umpan boiler, air lunak ditampung dalam bak air lunak (F-221) yang selanjutnya dipompa (L-222) ke deaerator (D-223) untuk menghilangkan gas impurities pada air umpan boiler dengan sistem pemanasan. Dari deaerator air siap diumpahkan ke boiler (Q-220) dengan pompa

(L-224). Steam yang dihasilkan boiler didistribusikan ke peralatan dan kondensat yang dihasilkan direcycle.

b. Pengolahan air pendingin

Untuk memenuhi kebutuhan air pendingin, air dari bak air lunak (F-221) dipompa (L-225) ke bak air pendingin (F-226) kemudian didistribusikan ke peralatan dengan pompa (L-227). Setelah digunakan, air direcycle ke cooling tower (P-240) dan selanjutnya dari cooling tower, air direcycle ke bak air pendingin kembali.

c. Pengolahan air sanitasi

Air dari bak air bersih (F-218) dialirkan dengan pompa (L-228) menuju bak klorinasi (F-230) dan ditambahkan desinfektan klor (Cl_2) sebanyak 1 ppm yang diinjeksikan langsung kedalam pipa. Dari bak klorinasi, air dialirkan menuju bak air sanitasi (F-231) dengan menggunakan pompa (L-229) dan siap digunakan sebagai air sanitasi.

d. Pengolahan air proses

Untuk air proses digunakan air dari bak air bersih (F-218) dan di distribusikan ke peralatan dengan menggunakan pompa (L-241).

8.2. Unit Penyediaan Air

Berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air baik ditinjau dari segi kuantitas maupun kualitasnya. Dari segi kuantitas air merupakan jumlah kebutuhan air yang harus dipenuhi sedangkan dari segi kualitas air menyangkut syarat air yang harus dipenuhi.

8.2.1. Air umpan boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku pembuatan steam yang berfungsi sebagai media pemanas. Kebutuhan steam Pra Rencana Pabrik *Tembaga Sulfat* sebesar 7527,85 kg/jam. Air umpan boiler yang disediakan dengan excess 20% sebagai pengganti steam yang hilang yang diperkirakan adanya kebocoran akibat transmisi dan factor keamanan 20%. Sehingga kebutuhan air umpan boiler adalah sebanyak 9033,42 kg/jam.

Air untuk keperluan ini harus memenuhi syarat-syarat agar tidak merusak boiler (ketel), maka air umpan boiler harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

☞ total padatan (total dissolved solid) = 3500 ppm

☞ alkalinitas	= 700 ppm
☞ padatan terlarut	= 300 ppm
☞ silica	= 60 – 100 ppm
☞ besi	= 0.1 mg/L
☞ tembaga	= 0.5 mg/L
☞ oksigen	= 0.007 mg/L
☞ kesadahan (hardness)	= 0
☞ kekeruhan	= 175 ppm
☞ minyak	= 7 ppm
☞ residual fosfat	= 140 ppm

(Perry, 6th ed, hal 9-76)

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

- ☞ Zat-zat yang menyebabkan korosi, yaitu gas-gas terlarut seperti O₂, CO₂, H₂S, NH₃.
- ☞ Zat-zat yang dapat menyebabkan busa, yaitu organik, anorganik dan zat tak terlarut dalam jumlah besar.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut dan mencegah kerusakan pada boiler, sebelum digunakan air umpan boiler harus diolah dulu, melalui :

- ☞ Demineralisasi, untuk menghilangkan ion-ion pengganggu.
- ☞ Daerator, untuk menghilangkan gas-gas terlarut

8.2.2. Air pendingin

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

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

Selain sebagai media pendingin air harus memenuhi persyaratan tertentu yaitu tidak mengandung:

- besi penyebab korosi
- silica penyebab kerak
- hardness yang memberikan efek pada pembuatan kerak
- minyak penyebab turunnya efisiensi heat transfer yang merupakan makanan mikroba yang dapat menyebabkan terbentuknya endapan

(Jenny Ernawati, Ir Hal 69)

Air pendingin pada Pra Rencana Pabrik *Tembaga Sulfat* ini sebesar 68378,18 kg/jam yang digunakan pada barometric kondensor (E-123). Dengan excess 20% dari kebutuhan dan untuk factor keamanan 20% maka kebutuhan air pendingin adalah 82053,82 kg/jam.

8.2.3. Air sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk keperluan laboratorium, kantor, air untuk mencuci, mandi, taman, dan lain-lain. Air sanitasi yang dibutuhkan sebesar 773,5 kg / jam.

Standart air sanitasi yang harus dipenuhi :

- ▲ Syarat fisik
 - tidak berwarna
 - tidak berbau
 - tidak berbusa
 - mempunyai suhu dibawah suhu udara
 - kekeruhan kurang dari 1 ppm SiO₂
 - pH netral
- ▲ Syarat kimia
 - Tidak beracun
 - Tidak mengandung bakteri ion patogen yang dapat merubah sifat-sifat fisik air
- ▲ Syarat mikrobiologis
 - Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri pathogen yang dapat merubah sifat fisik air

8.2.4. Air proses

Air proses pada Pra Rencana Pabrik *Tembaga Sulfat* ini sebesar 7454,34 kg/jam, yang digunakan pada Tangki Pengencer H₂SO₄ (M-116) sebesar 7454,34 kg/jam.

8.3. Unit Penyediaan Tenaga Listrik

Listrik yang dibutuhkan pada Pra Rencana Pabrik *Tembaga Sulfat* ini meliputi :

- Proses : 166 kW
- Penerangan : 21 kW

Kebutuhan listrik untuk proses, penerangan, instrument dan lain-lain dipenuhi oleh PLN. Sedangkan apabila ada listrik padam, maka digunakan satu generator AC bertenaga diesel berkekuatan 233,75 kW dengan satu buah sebagai cadangan.

8.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar yang dibutuhkan oleh pabrik, yaitu pada boiler sebesar 196,92 lb / jam. Bahan bakar yang digunakan adalah Diesel Oil, pemilihan jenis bahan bakar yang digunakan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Harganya relatif murah
- Mudah didapat
- Viskositasnya relatif rendah sehingga mudah mengalami pengabutan
- Heating valuenya relatif tinggi
- Tidak menyebabkan kerusakan pada alat-alat

Dari tabel 9.9 dan fig. 9-9 Perry 6th ed, didapat :

- Flash point = 38 °C (100 °F)
- Pour point = - 6 °C (21,2 °F)
- Densitas = 0.8 kg/L
- Heating value = 19.200 btu/lb

8.6. Pengolahan limbah

Limbah yang dihasilkan dalam Pra Rencana Pabrik *Tembaga Sulfat* berupa CuO, H₂SO₄, yang ditampung dalam tangki penampung limbah.



BAB IX

TATA LETAK PABRIK

9.1. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah suatu penempatan bangunan dan peralatan dalam pabrik yang meliputi areal proses, areal penyimpanan dan areal material handling yang dibuat sedemikian rupa sehingga pabrik bisa beroperasi secara efektif dan efisien.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik tembaga sulfat adalah sebagai berikut :

- Penempatan alat harus sedemikian rupa sehingga memudahkan pemeliharaan
- Penyaluran secara ekonomis dari kebutuhan air dan steam, kemungkinan perluasan untuk masa depan
- Kemungkinan timbulnya bahaya, seperti kebakaran dan ledakan
- Ruang yang cukup untuk pergerakan pekerja dan pemindahan barang-barang
- Masalah penyaluran zat-zat buangan pabrik
- Pondasi dari bangunan dan peralatan kerja (mesin-mesin)
- Bentuk kerangka bangunan, atap dan tembok
- Penerangan dan ventilasi ruangan yang cukup.

Tata letak pabrik dapat dibagi menjadi 2 bagian :

1. Tata letak bangunan
2. Tata letak peralatan

9.1.1. Tata Letak Bangunan Pabrik

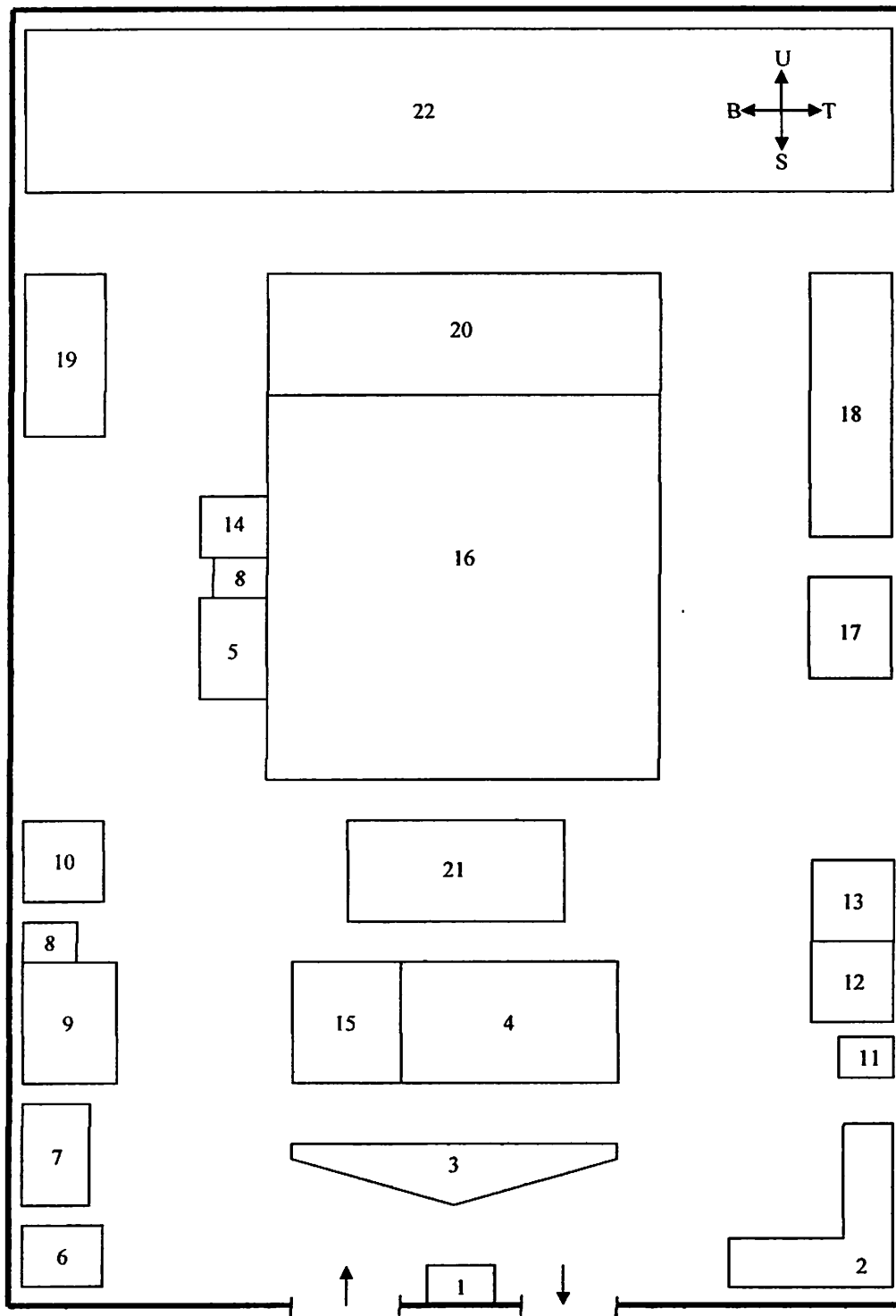
Pengaturan tata letak ruang daripada unit-unit bangunan dalam suatu pabrik, dapat dilaksanakan dengan sedemikian rupa sehingga :

- a) Pemakaian areal tanah sekecil mungkin
- b) Letak bangunan sesuai dengan urutan proses
- c) Letak bangunan kantor dan bangunan untuk proses harus terpisah, hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya bahaya yang akan timbul
- d) Bahan baku maupun produk dapat diangkut dengan mudah
- e) Tersedianya areal tanah untuk jalan maupun perluasan pabrik
- f) Ventilasi dan penerangan yang cukup pada bangunan pabrik.

Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan adalah sebagai berikut :

Tabel 9.1. Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik Tembaga Sulfat

No.	Keterangan	Ukuran (m)	Luas (m ²)
1.	Pos keamanan	3 x 4	12
2.	Tempat parkir	20 x 10	200
3.	Taman	40 x 10	400
4.	Kantor umum	30 x 15	450
5.	Kantor bagian proses	20 x 10	200
6.	Musholla	10 x 5	50
7.	Poliklinik	8 x 5	40
8.	Toilet	2 x (5 x 3)	30
9.	Sarana olahraga	20 x 10	200
10.	Kantin	8 x 8	100
11.	Unit PMK	6 x 4	24
12.	Bengkel	15 x 10	150
13.	Gudang Peralatan	15 x 10	150
14.	Ruang kontrol	10 x 8	80
15.	Laboratorium	15 x 8	120
16.	Daerah proses	60 x 35	2100
17.	Daerah utilitas	20 x 15	300
18.	Unit pengolahan air dan kolam penampungan air	20 x 35	700
19.	Unit pengolahan limbah	20 x 15	300
20.	Area penyimpanan bahan baku	30 x 15	450
21.	Area penyimpanan produk	20 x 10	200
22.	Daerah perluasan Area		2500
23.	Jalan		2674
	Jumlah		9894



Gambar 9.1. Tata Letak Prarencana Pabrik Tembaga Sulfat

Keterangan gambar :

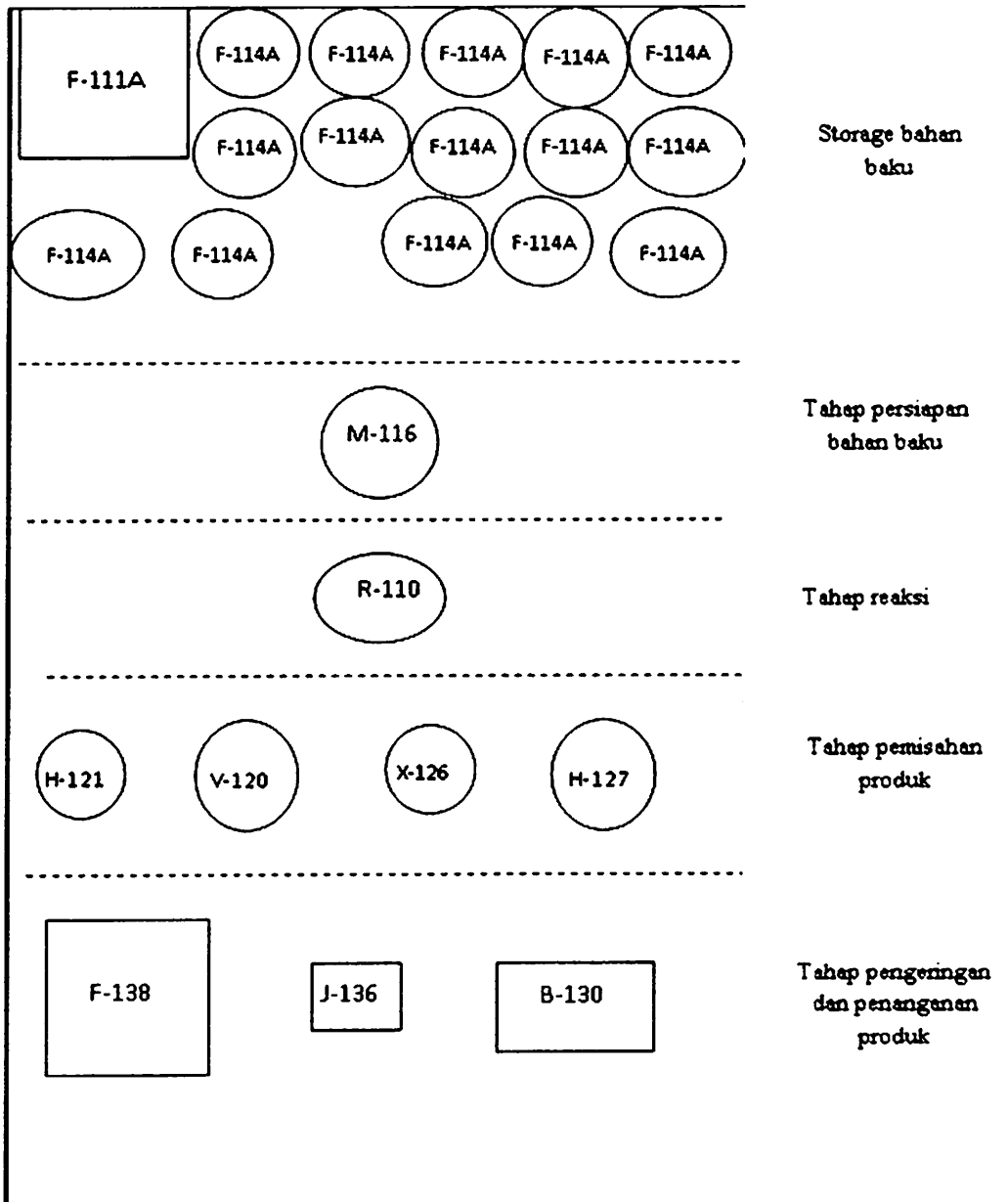
1. Pos keamanan
2. Tempat parkir
3. Taman
4. Kantor umum
5. Kantor bagian proses
6. Musholla
7. Poliklinik
8. Toilet
9. Sarana olahraga
10. Kantin
11. Unit PMK
12. Bengkel
13. Gudang Peralatan
14. Ruang kontrol
15. Laboratorium
16. Daerah proses
17. Daerah utilitas
18. Unit pengolahan air dan kolam penampungan air
19. Unit pengolahan limbah
20. Area penyimpanan bahan baku
21. Area penyimpanan produk
22. Daerah perluasan Area

9.1.2. Tata Letak Peralatan

Dalam pengaturan tata letak pabrik dan tata letak peralatan ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, antara lain :

- a) Letak ruangan yang cukup antara peralatan yang satu dengan yang lain untuk memudahkan pemeriksaan, perawatan serta dapat menjamin keselamatan kerja
- b) Diusahakan setiap alat tersusun berurutan menurut fungsinya masing-masing, sehingga tidak menyulitkan dalam pengoperasian
- c) Walaupun dalam ruangan yang penuh alat, harus diusahakan agar dapat menimbulkan suasana kerja yang menyenangkan

- d) Peletakan peralatan harus memperhatikan keselamatan operatornya
- e) Tata letak peralatan proses didasarkan pada areal bahan baku, reaksi, pemisahan, pengeringan serta penanganan produk.



Skala = 1 : 500

Gambar 9.2. Tata Letak Peralatan Pabrik

Keterangan gambar :

- F – 111A : Tangki penampung
- F – 114A : Storage H_2SO_4
- M – 116 : Tangki Pengencer H_2SO_4
- R – 110 : Reaktor
- H – 121 : Rotary Vacuum Filter

V – 120 : Evaporator
X – 126 : Kristalizer
H – 127 : Centrifuge
B – 130 : Rotary Dryer
J – 139 : Mesin Pengemas
F – 139 : Gudang Produk

BAB X

STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN

Kelancaran dan kontinuitas suatu pabrik merupakan hal yang penting dan menjadi tujuan utama setiap perusahaan. Hal tersebut dapat ditunjang dengan adanya struktur organisasi yang baik.

Struktur organisasi dapat memberikan wewenang pada setiap perusahaan untuk melaksanakan tugas yang dibebankan kepadanya. Juga mengatur sistem dan hubungan struktural antar fungsi atau orang – orang dalam hubungan satu dengan yang lainnya pada pelaksanaan fungsi mereka.

10.1 Dasar Perusahaan

Bentuk perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Lokasi pabrik	: Desa betoyo kec. Manyar kab. Gresik
Kapasitas produksi	: 40.000 ton/tahun
Status investasi	: Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN).

10.2 Bentuk Perusahaan

Pabrik tembaga sulfat ini direncanakan berstatus perusahaan swasta nasional yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT), bentuk ini digunakan dengan alasan :

1. Kedudukan atau wewenang antara pimpinan perusahaan dan para pemegang saham (pemilik) terpisah satu sama lain.
2. Terbatasnya tanggung jawab para pemegang saham karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran perusahaan dipegang oleh pimpinan perusahaan dan setiap pemegang saham hanya mungkin menderita kerugian sebesar jumlah yang ditanamkan pada PT yang bersangkutan.
3. Kemungkinan terhimpunnya modal yang besar dan mudah, yaitu dengan membagi modal atas sejumlah saham-sahamnya. PT dapat menarik modal dari banyak orang.
4. Kehidupan PT lebih terjamin karena tidak berpengaruh oleh berhentinya salah seorang pemegang saham, direktur atau karyawan. Ini berarti suatu PT mempunyai potensi hidup lebih permanen dari bentuk perusahaan lainnya.

5. Adanya efisiensi dalam perusahaan. Tiap bagian dalam PT dipegang oleh orang yang ahli dalam bidangnya. Tiap orang atau tiap bagian mempunyai bagian dengan tugas yang jelas, sehingga ada dorongan untuk mengerjakan sebaik-baiknya.

10.3 Struktur Organisasi

Struktur organisasi yang digunakan adalah sistem garis dan staff. Alasan pemilihan sistem garis dan staff adalah :

1. Biasa digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi terus menerus.
2. Terdapat satu kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja lebih baik.
3. Sering digunakan dalam perusahaan yang berproduksi secara massal.
4. Masing-masing kepala bagian/manager secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan.
5. Pimpinan tertinggi pabrik dipegang oleh seorang direktur yang bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris. Anggota Dewan Komisaris merupakan wakil-wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staff ahli yang bertugas memberikan saran kepada direktur.

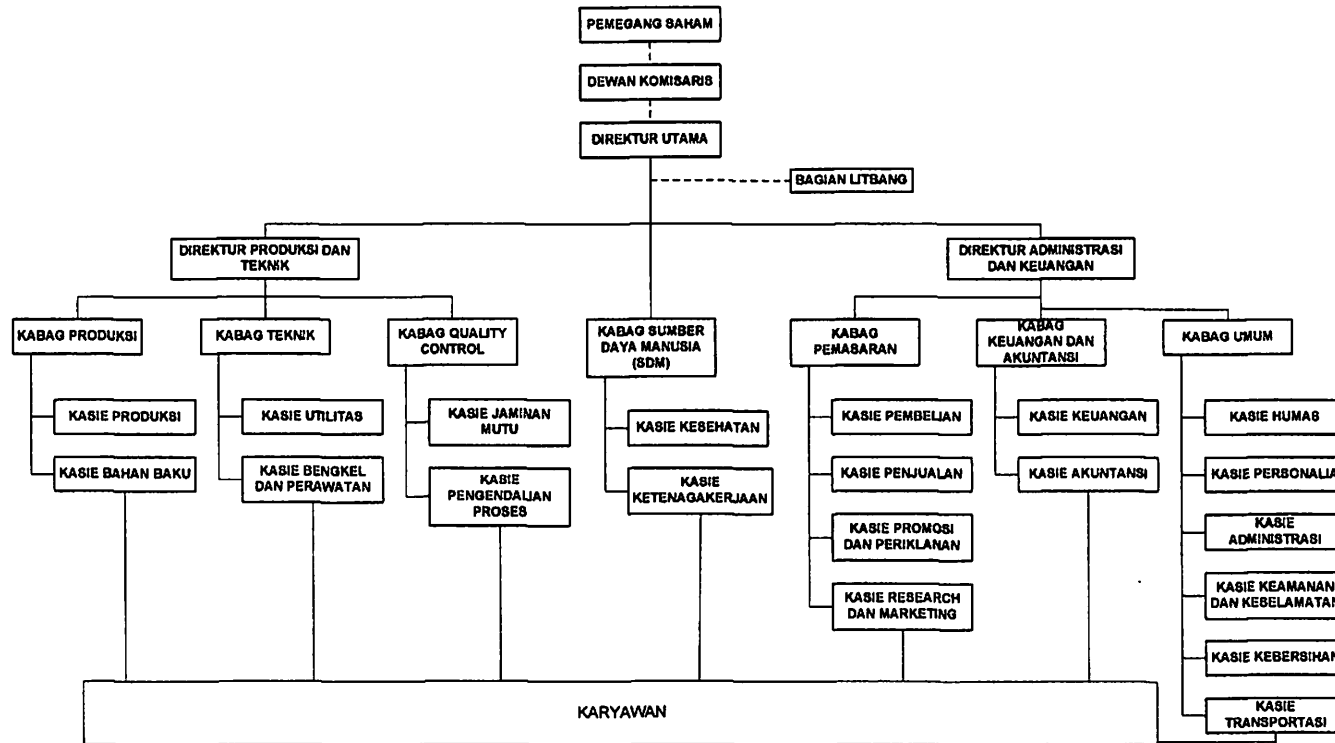
Di samping alasan tersebut ada beberapa kebaikan yang dapat mendukung pemakaian sistem organisasi staf dan garis yaitu :

1. Dapat digunakan oleh setiap organisasi besar, apapun tujuannya, betapapun luas tugasnya dan betapapun kompleks susunan organisasinya.
2. Pengambilan keputusan yang sehat lebih mudah dapat diambil, karena adanya staf ahli.
3. Perwujudan "the right man in the right place" lebih mudah dilaksanakan.

Dari kelebihan-kelebihan sistem organisasi garis dan staf di atas maka dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan sistem organisasi perusahaan pada Pra Rencana Pabrik *Tembaga Sulfat* ini, yaitu menggunakan sistem organisasi garis dan staf. Pembagian tanggung jawab dan wewenang berdasarkan departementasi. Pada setiap departemen dibagi lagi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil lagi yaitu divisi. Selanjutnya tiap divisi dibagi lagi menjadi unit-unit.

Setiap departemen dipimpin oleh seorang manajer yang dibantu oleh asisten manajer, sedangkan untuk divisi dikepalai oleh seorang divisi manajer yang dibantu oleh asisten divisi manajer.





10.4 Tugas dan Tanggung Jawab Organisasi

1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah sekelompok orang yang ikut dalam pengumpulan modal untuk mendirikan pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Pemegang saham adalah pemilik perusahaan yang besarnya tergantung dari prosentase kepemilikan saham. Kekayaan pribadi pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Penanam saham wajib menanamkan modalnya paling sedikit 1 tahun. Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) adalah rapat dari pemegang saham yang memiliki kekuasaan tertinggi dalam mengambil keputusan untuk kepentingan perusahaan. RUPS biasanya dilakukan paling sedikit sekali dalam setahun, atau selambat-lambatnya enam bulan sejak tahun buku yang bersangkutan berjalan (neraca telah aktif).

2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris terdiri dari para pemegang saham perusahaan. Pemegang saham adalah pihak-pihak yang menanamkan modalnya untuk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan. Besarnya kepemilikan pemegang saham terhadap perusahaan tergantung/sesuai dengan besarnya modal yang ditanamkan, sedangkan kekayaan pribadi dari pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Pemegang saham harus menanamkan saham paling sedikit 1 (satu) tahun. Tugas dan wewenang dewan komisaris adalah :

- a. Bertanggung jawab terhadap pabrik secara umum dan memberikan laporan pertanggungjawaban kepada para pemegang saham dalam RUPS.
- b. Menerima pertanggungjawaban dari para manager pabrik.

3. Direktur Utama

Posisi direktur utama merupakan pemimpin tertinggi perusahaan secara langsung dan penanggung jawab utama dalam perusahaan secara keseluruhan selama perusahaan berdiri. Tugas dan wewenang direktur utama adalah :

- a. Menetapkan strategi perusahaan, membuat perencanaan kerja dan menginstruksikan cara-cara pelaksanaannya kepada manager.

- b. Mengurus harta kekayaan perusahaan.
- c. Menetapkan sistem organisasi yang dianut dan menetapkan pembagian kerja, tugas, dan tanggung jawab dalam perusahaan untuk mencapai tujuan atau target perusahaan yang telah direncanakan.
- d. Mengadakan koordinasi yang tepat pada seluruh bagian organisasi.
- e. Memberikan instruksi resmi kepada bawahannya untuk melaksanakan tugas masing-masing.
- f. Mempertanggungjawabkan kepada dewan komisaris semua anggaran pembelanjaan dan pendapatan perusahaan.
- g. Selain tugas diatas, direktur utama berhak mewakili perseroan secara sah dan langsung dalam segala hal dan kejadian yang berhubungan dengan kepentingan perusahaan. Dan harus berkonsultasi kepada dewan komisaris setiap akan melakukan tindakan perusahaan yang krusial seperti peminjaman uang ke Bank, memindahtangankan perseroan untuk menanggung hutang perusahaan, dll).

4. Penelitian dan Pengembangan (R&D)

Divisi LITBANG bersifat independent. Divisi ini bertanggung jawab langsung kepada direktur utama. Divisi LITBANG bertugas mengembangkan secara kreatif dan inovatif segala aspek perusahaan terutama yang berkaitan dalam peningkatan kualitas produksi sehingga mampu bersaing dengan produk kompetitor.

5. Direktur Produksi dan Teknik

Direktur Produksi dan Teknik diangkat dan diberhentikan oleh direktur utama. Direktur Produksi dan Teknik bertanggung jawab penuh terhadap kelancaran produksi, dimulai dari perencanaan produksi, perencanaan bahan baku, perangkat produksi. Tugas utamanya adalah merencanakan, mengontrol, dan mengontrol semua kegiatan yang berkaitan dari mulai bahan baku sampai menghasilkan produk.

6. Direktur Administrasi dan Keuangan

Direktur Administrasi dan Keuangan memiliki ruang lingkup kerja yang lebih luas dari Manager produksi dan teknik. Direktur administrasi dan keuangan bertanggung jawab atas segala kegiatan kerja diluar produksi. Semua manajemen

perusahaan diatur dan dijalankan oleh bagian administrasi, termasuk strategi pemasaran, pengaturan keuangan perusahaan, hubungan masyarakat, dan mengatur masalah ketenagakerjaan.

7. Bagian Quality Control (Pengendalian Mutu)

Departemen QC bertugas mengawasi mutu bahan baku yang diterima dan produk yang dihasilkan. Selama mengawasi mutu produk, tidak hanya produk jadi saja yang di analisis tapi juga pada setiap tahapan proses.

a. Divisi Jaminan Mutu

Divisi Jaminan Mutu bertanggung jawab kepada Departemen Quality Control yang bertugas untuk melakukan penganalisaan, pengujian dan pengawasan terhadap bahan mentah yang dipasok dan produk/Tembaga Sulfat yang sudah jadi agar sesuai standar yang telah ditentukan.

b. Divisi Pengendalian proses

Divisi Pengendalian Proses bertanggung jawab kepada Departemen Quality Control untuk mengendalikan kualitas bahan selama proses produksi yang sedang berlangsung, yaitu mengatur komponen bahan baku (raw mix design) sehingga didapat produk dengan kualitas yang diinginkan.

8. Bagian Produksi

Kepala bagian Produksi bertanggung jawab atas jalannya proses produksi sesuai yang direncanakan, termasuk merencanakan kebutuhan bahan baku agar target produksi terpenuhi.

a. Divisi Produksi

Divisi produksi bertanggung jawab kepada kepala bagian Produksi atas kelancaran proses. Divisi ini juga mengatur pembagian shift dan kelompok kerja sesuai spesialisasinya pada masing-masing tahapan proses dan mengendalikan kondisi operasi sesuai prosedurnya.

b. Divisi Bahan baku

Bertanggung jawab kepada kepala bagian Produksi atas ketersediaan bahan baku yang dibutuhkan sesuai banyaknya produksi yang diinginkan sehingga tidak terjadi kekurangan atau kelebihan, mengatur aliran distribusi bahan baku dari storage ke dalam proses.

9. Bagian Teknik

Kepala bagian Teknik bertanggung jawab atas kelancaran alat-alat proses selama produksi berlangsung, termasuk pemeliharaan alat proses dan instrumentasinya. Apabila ada keluhan pada alat penunjang produksi maka dept. teknik langsung mengatasi masalahnya.

a. Divisi Utilitas

Bertanggung jawab kepada kepala bagian Teknik mengenai kelancaran alat-alat utilitas.

b. Divisi Bengkel & Perawatan

Bertugas memperbaiki alat-alat atau instrumen yang rusak baik alat produksi maupun peralatan utilitas. Divisi ini juga diharapkan menciptakan alat-alat yang inovatif untuk menunjang kelancaran produksi.

10. Bagian Pemasaran

Kepala bagian Pemasaran bertanggung jawab dalam mengatur masalah pemasaran produk, termasuk juga melakukan research marketing agar penentuan harga dapat bersaing di pasaran, menganalisis strategi pemasaran perusahaan maupun kompetitor, mengatur masalah dsitribusi penjualan produk ke daerah-daerah, melakukan promosi pada berbagai media massa baik cetak maupun elektronik agar produk dapat terserap konsumen.

a. Divisi Pembelian

Bertanggung jawab kepada kepala bagian Pemasaran mengenai pembelian bahan baku, alat-alat yang menunjang proses.

b. Divisi Penjualan

Bertanggung jawab kepada kepala bagian Pemasaran mengenai penjualan produk pada berbagai daerah distribusi sekaligus mensurvei kebutuhannya agar dapat dipasok setiap saat.

c. Divisi Promosi dan Periklanan

Melakukan promosi ke berbagai sumber tentang kelebihan produk perusahaan minimal masyarakat konsumen mengetahui produk yang diproduksi perusahaan.

d. Divisi Research Marketing

Melakukan analisis pasar untuk memenangkan persaingan dengan kompetitor dan selalu membuat strategi pemasaran setiap saat sesuai perkembangan di lapangan.

11. Bagian Keuangan dan Akuntansi

Kepala bagian Keuangan dan Akuntansi bertanggung jawab mengatur neraca perusahaan dengan melakukan pembukuan sebaik-baiknya baik pemasukan ataupun pembelanjaan untuk kebutuhan perusahaan, selain itu juga membayarkan gaji ke rekening bank tiap karyawan pada setiap akhir bulan. Dan juga membayarkan jaminan sosial atas pemutusan hak kerja (PHK) karyawan. Dept. Keuangan dan Akuntansi membawahi 2 divisi yaitu:

a. Divisi Pembukuan

b. Divisi Keuangan

12. Bagian Umum

Kepala bagian umum bertugas untuk merencanakan dan mengelola hal-hal yang bersifat umum. Bagian ini mengatur masalah administrasi, Keamanan dan keselamatan, lingkungan serta hubungan antara perusahaan dengan pihak lain, baik dengan masyarakat, pemerintah maupun dengan perusahaan lain. Departemen ini membawahi 4 divisi :

a. Divisi Humas

Divisi Humas bertugas menjalin hubungan kemasyarakatan baik di dalam perusahaan, antar instansi ataupun dengan masyarakat setempat ataupun dengan pihak pemerintah, sehingga diharapkan dengan kerjasama yang baik kelangsungan dan kelancaran perusahaan dapat berjalan dengan baik.

b. Divisi Personalia

Divisi Personalia bertugas untuk menyaring dan menyeleksi calon pegawai/pekerja baru serta mendistribusikan pekerja sesuai dengan keahlian dan kemampuan yang dimilikinya.

c. Divisi Administrasi

Divisi ini bertugas untuk menjalankan kegiatan administrasi perusahaan, mulai dari surat menyurat, absensi karyawan, pendataan sampai pendistribusian gaji.

d. Divisi Keamanan dan Keselamatan

Divisi keamanan bertugas untuk menjaga keamanan perusahaan meliputi pengontrolan setiap kendaraan yang masuk perusahaan baik kendaraan bahan baku, produk, sampai kendaraan tamu. Dan juga menjaga keamanan dan ketertiban di lingkungan kerja di seluruh area pabrik.

e. Divisi Kebersihan

Divisi Kebersihan bertugas menjaga kenyamanan, keindahan, perusahaan dari mulai keindahan taman, toilet sampai kebersihan gudang dan produksi.

f. Divisi Transportasi.

Divisi ini mengatur penggunaan transportasi mulai dari penyediaan bahan baku sampai ke transportasi untuk pemasaran produk-produk yang dihasilkan.

13. Bagian Sumber Daya Manusia (SDM)

Kepala bagian SDM bertugas merencanakan, mengelola, dan mendayagunakan SDM, baik yang telah bekerja ataupun yang akan dipekerjakan. Selain itu Dept. SDM mengatur masalah jenjang karier dan masalah penempatan karyawan, atau pemindahan karyawan antar departemen atau antar divisi sesuai dengan tingkat prestasinya.

a. Divisi Kesehatan

Bertugas memperhatikan kesehatan karyawan. Apabila poliklinik yang tersedia tidak dapat mengatasi masalah kesehatan karyawan maka dapat diintensifkan di rumah sakit langganan perusahaan sesuai kebutuhan pengobatan.

b. Divisi Ketenagakerjaan

Mengatur kesejahteraan karyawan seperti pemberian fasilitas atau bonus perusahaan untuk karyawan yang berprestasi. Divisi ketenagakerjaan juga perlu memperhatikan prestasi-prestasi yang dibuat oleh karyawan guna meningkatkan jenjang karier dan kebijakan lainnya.

10.5 Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jaminan yang diterima oleh pihak karyawan jika terjadi sesuatu hal yang bukan karena kesalahannya menyebabkan dia tidak dapat melakukan pekerjaan.

Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan adalah :

a. Tunjangan

- Tunjangan di luar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang telah dilakukannya dan lama pengabdianya kepada perusahaan tersebut.
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada tenaga kerja yang bekerja di luar jam kerja yang telah ditetapkan (khusus untuk tenaga kerja shift)

b. Fasilitas

Fasilitas yang diberikan berupa seragam kerja untuk karyawan, perlengkapan keselamatan kerja (misal helm, sarung tangan, sepatu boot, kacamata pelindung dan lain-lain), antar jemput bagi karyawan, kendaraan dinas, tempat tinggal dan lain-lain.

c. Pengobatan

Untuk pengobatan dan perawatan pertama dapat dilakukan di poliklinik perusahaan dan diberikan secara cuma-cuma kepada karyawan yang membutuhkan dengan ketentuan sebagai berikut :

- Untuk pengobatan dan perawatan yang dilakukan pada rumah sakit yang telah ditunjuk akan diberikan secara cuma-cuma
- Karyawan yang mengalami kecelakaan atau terganggu kesehatannya dalam menjalankan tugas perusahaan, akan mendapat penggantian ongkos pengobatan penuh.

d. Insentive atau bonus

Insentive diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah kerja karyawan. Besarnya insentive ini dibagi menurut golongan dan jabatan. Pemberian insentive untuk golongan operatif (golongan kepala seksi ke bawah) diberikan setiap bulan sedangkan untuk golongan di atasnya diberikan pada akhir tahun produksi dengan melihat besarnya keuntungan dan target yang dicapai.

e. Cuti

- Cuti tahunan selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan satu minggu sebelumnya untuk dipertimbangkan ijinnya
- Cuti sakit bagi tenaga kerja yang memerlukan istirahat total berdasarkan surat keterangan dokter
- Cuti hamil selama 3 bulan bagi tenaga kerja wanita
- Cuti untuk keperluan dinas atas perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan

10.6 Jadwal dan Jam Kerja

Pabrik *Tembaga Sulfat* ini direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan 24 jam per hari, sisa harinya digunakan untuk perbaikan dan perawatan atau dikenal dengan istilah shut down.

a. Untuk pegawai non shift

Bekerja selama 6 hari dalam seminggu (total kerja 40 jam per minggu) sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai non shift ini termasuk karyawan yang tidak langsung menangani operasi pabrik, misalnya : direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor/administrasi dan divisi-divisi di bawah tanggung jawab non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinu.

Ketentuan jam kerja adalah sebagai berikut :

- Senin – Kamis : 08.00 – 16.00 (Istirahat : 12.00 – 13.00)
- Jum'at : 08.00 – 16.00 (Istirahat : 11.00 – 13.00)
- Sabtu : 08.00 – 12.00

b. Untuk pegawai shift

Sehari bekerja 24 jam, yang terbagi dalam 3 shift. Karyawan shift ini termasuk karyawan yang secara langsung menangani proses operasi pabrik, misalnya : kepala

shift, operator, karyawan-karyawan shift, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Ketentuan jam kerja pegawai shift sebagai berikut :

Shift I : 07.00 – 15.00

Shift II : 15.00 – 23.00

Shift III : 23.00 – 07.00

Karena kemajuan suatu pabrik atau perusahaan tergantung pada kedisiplinan karyawannya, maka salah satu cara untuk menciptakan kedisiplinan adalah dengan memberlakukan absensi. Dari mulai direktur utama sampai karyawan kebersihan diberlakukan absensi setiap jam kerjanya yang nantinya dapat menjadi pertimbangan perusahaan dalam meningkatkan karier karyawannya.

10.7 Penggolongan dan Tingkat Pendidikan Karyawan

Penggolongan dan tingkat pendidikan karyawan berdasarkan tingkat kedudukan dalam struktur organisasi Pra Rencana Pabrik *Tembaga Sulfat* (gambar 10.1) yaitu :

1. Direktur Utama : Sarjana Teknik Kimia atau min. Strata 2
2. Manager
 - a. Manager produksi : Sarjana Teknik Kimia.
 - b. Manager administrasi dan keuangan : Sarjana Ilmu Administrasi (FIA).
3. Penelitian & Pengembangan : Sarjana Kimia (MIPA)
4. Kepala Bagian
 - a. Bagian QC : Sarjana Kimia (MIPA)
 - b. Bagian produksi : Sarjana Teknik Kimia
 - c. Bagian teknik : Sarjana Teknik Mesin
 - d. Bagian pemasaran : Sarjana Ekonomi
 - e. Bagian keuangan dan Akuntansi : Sarjana Ekonomi
 - f. Bagian Sumber Daya Manusia : Sarjana Psikologi Industri
 - g. Bagian Umum : Sarjana Teknik Industri
5. Kepala divisi
 - a. Divisi produksi : Sarjana Teknik Kimia
 - b. Divisi bahan baku : Sarjana Teknik Kimia
 - c. Divisi utilitas : Sarjana Teknik Mesin

- d. Divisi bengkel & perawatan : Sarjana Teknik Mesin
 - e. Divisi Jaminan Mutu (Quality Control) : Sarjana Kimia (MIPA)
 - f. Divisi Pengendalian Proses : Sarjana Teknik Kimia
 - g. Divisi Kesehatan : Sarjana Kedokteran
 - h. Divisi Ketenagakerjaan : Sarjana Teknik Industri
 - i. Divisi Pembelian : Sarjana Ekonomi
 - j. Divisi Penjualan : Sarjana Ekonomi
 - k. Divisi Promosi Periklanan : Diploma Public Relation & Promotion
 - l. Divisi research marketing : Sarjana Ekonomi
 - m. Divisi Keuangan : Sarjana Ekonomi
 - n. Divisi Akuntansi : Sarjana Ekonomi
 - o. Divisi Humas : Diploma Public Relation & Promotion
 - p. Divisi Personalia : Sarjana Hukum dan Psikologi
 - q. Divisi Administrasi : Sarjana Ilmu Administrasi (FIA)
 - r. Divisi Keamanan dan Keselamatan : Diploma / SMU / SMK
 - s. Divisi Kebersihan : Diploma / SMU / SMK
 - t. Divisi Transportasi : Sarjana / Diploma Teknik Mesin
6. Karyawan : Diploma / SMU / SMK.

10.8 Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Perhitungan jumlah tenaga operasional dilakukan berdasarkan pembagian proses yang dilakukan. Pada pabrik *Tembaga Sulfat* proses yang dilakukan terbagi dalam 5 tahap. Berdasarkan *petter & timmerhouse, fig. 6-8, hal. 192* diperoleh jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk kapasitas produksi = 40.000 ton/thn adalah 56 orang Jam/hari.

Pada pabrik ini terdapat 5 tahapan proses dan 3 shift, tiap shift bekerja selama 8 jam, maka:

$$\text{Jumlah Karyawan} = \frac{56 \text{ orang jam/hari} \times 5 \text{ tahapan proses}}{8 \text{ jam}} = 35 \text{ orang jam/shift}$$

Jumlah karyawan proses keseluruhan = 35 orang hari/shift x 3 shift = 105 orang.

Jadi jumlah karyawan total yang diperlukan pada pabrik *Tembaga Sulfat* adalah 221 orang.

Perincian kebutuhan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 10.1.

Tabel 10.2. Jabatan dan tingkat pendidikan tenaga kerja.

No.	Jabatan (Tugas)	SLTP	SMU	D3	S1	S2
1.	Direktur Utama					1
2.	Direktur Produksi dan Teknik				1*	
3.	Direktur Administrasi dan Keuangan				1*	
4.	Sekretaris			2*		
5.	Kepala LITBANG (R&D)				1*	
6.	Karyawan LITBANG (R&D)		3*	2*	1	
7.	Kabag. QC				1*	
8.	Kabag. Produksi				1*	
9.	Kabag. Teknik				1*	
10.	Kabag. Pemasaran				1*	
11.	Kabag. Keuangan dan Akuntansi				1*	
12.	Kabag. SDM				1*	
13.	Kabag. Umum				1*	
14.	Kabag. Produksi				1*	
15.	Karyawan Divisi Produksi			96	9*	
16.	Kepala Divisi Bahan Baku				1	
17.	Karyawan Divisi Bahan baku		7	2		
18.	Kepala Divisi Utilitas				1*	
19.	Karyawan Divisi Utilitas		5	3		
20.	Kepala Divisi Bengkel & Perawatan				1	
21.	Karyawan Divisi Bengkel & Perawatan			4*		
22.	Kepala Divisi Quality Control				1	
23.	Karyawan Divisi Quality Control			3*		
24.	Kepala Divisi Pengendalian Proses				1	
25.	Karyawan Divisi Pengendalian Proses			3*		
26.	Kepala Divisi Kesehatan				1	

27.	Karyawan Divisi Kesehatan			3*		
28.	Kepala Divisi Ketenagakerjaan				1	
29.	Karyawan Divisi Ketenagakerjaan			3*		
30.	Kepala Divisi Pembelian				1	
31.	Karyawan Divisi Pembelian			2*		
32.	Kepala Divisi Penjualan				1	
33.	Karyawan Divisi Penjualan			3*		
34.	Kepala Divisi Promosi dan Periklanan				1	
35.	Karyawan Divisi Promosi dan Periklanan			3*		
36.	Kepala Divisi Research Marketing				1	
37.	Karyawan Research Marketing			3*		
38.	Kepala Divisi Keuangan				1	
39.	Karyawan Divisi Keuangan			3*		
40.	Kepala Divisi Akuntansi				1	
41.	Karyawan Divisi Akuntansi			3*		
42.	Kepala Divisi Humas				1	
43.	Karyawan Divisi Humas			3*		
44.	Kepala Divisi Personalia				1	
45.	Karyawan Divisi Personalia			3*		
46.	Kepala Divisi Administrasi				1	
47.	Karyawan Divisi Administrasi			3*		
48.	Kepala Divisi Transportasi				1	
49.	Karyawan Transportasi		2*	3		
50.	Kepala Divisi Keamanan dan Keselamatan		1*			
51.	Karyawan Keamanan		7*			
52.	Kepala Divisi Kebersihan		1*			
53.	Karyawan Kebersihan	6*				
JUMLAH		6	26	150	38	1
TOTAL TENAGA KERJA		221				

Catatan :

* Pendidikan minimal

Pendidikan SMU dan yang sederajat.

10.9 Status Karyawan dan Sistem Pengupahan (Gaji)

Pabrik *Tembaga Sulfat* ini mempunyai sistem pembagian gaji yang berbeda-beda kepada karyawan. Hal ini berdasarkan pada kriteria sebagai berikut :

1. Tingkat pendidikan
2. Pengalaman kerja
3. Tanggung jawab dan kedudukan.
4. Keahlian
5. Pengabdian pada perusahaan (lamanya bekerja).

Berdasarkan kriteria di atas, karyawan akan menerima gaji sesuai dengan status kepegawaiannya. Status kepegawaiannya dibagi menjadi 3 bagian, yaitu :

1. Karyawan reguler

Karyawan reguler adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) dan mendapat gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya

2. Karyawan borongan

Karyawan borongan adalah pekerja yang dipergunakan oleh pabrik bila diperlukan saja, misalnya bongkar muat barang dan lain-lain. Pekerja ini menerima upah borongan untuk pekerjaan tersebut.

3. Karyawan harian

Karyawan harian adalah pekerja yang diangkat dan diberhentikan oleh manajer pabrik berdasarkan nota persetujuan manajer pabrik atas pengajuan kepala yang membawahinya dan menerima upah harian yang dibayarkan setiap akhir pekan.

Dengan didasarkan atas kebutuhan dan perbedaan status, maka system pengupahan pada Pra Rencana Pabrik *Tembaga Sulfat* ini dibedakan menjadi :

- a. Upah bulanan

Upah bulanan diberikan kepada karyawan tetap yang besarnya berbeda-beda untuk setiap karyawan dan diberikan pada setiap akhir bulan.

- b. Upah mingguan

Upah mingguan diberikan kepada karyawan harian tetap yang besarnya berbeda-beda untuk setiap karyawan dan diberikan setiap akhir pekan.

c. Upah borongan

Upah borongan diberikan kepada karyawan harian lepas atau karyawan borongan yang besarnya tidak tetap, tergantung pada macam pekerjaan yang dilakukan dan diberikan setelah pekerjaan itu selesai.

Tabel 10.3. Daftar Upah (Gaji) Karyawan

No	Jabatan (Tugas)	Jumlah	Gaji/bulan	Total Gaji per tahun
1	Direktur Utama	1	12.000.000.00	12.000.000.00
2	Direktur Produksi dan Teknik	1	10.000.000.00	10.000.000.00
3	Direktur Administrasi dan Keuangan	1	8.000.000.00	8.000.000.00
4	Kepala LITBANG	1	4.000.000.00	4.000.000.00
5	Staff LITBANG	3	2.000.000.00	6.000.000.00
		2	2.000.000.00	4.000.000.00
		1	2.500.000.00	2.500.000.00
6	Sekretaris	2	2.500.000.00	5.000.000.00
7	Kabag Teknik	1	4.000.000.00	4.000.000.00
8	kabag Produksi	1	4.000.000.00	4.000.000.00
9	Kabag Pemasaran	1	4.000.000.00	4.000.000.00
10	Kabag Keuangan dan Akuntansi	1	4.000.000.00	4.000.000.00
11	Kabag Umum	1	4.000.000.00	4.000.000.00
12	Kabag sumber daya manusia SDM	1	4.000.000.00	4.000.000.00
13	Kabag QC	1	4.000.000.00	4.000.000.00
14	Kasie Utilitas	1	3.500.000.00	3.500.000.00
15	Karyawan Utilitas	5	2.000.000.00	10.000.000.00
		3	2.500.000.00	7.500.000.00
16	Kasie Bengkel dan Perawatan	1	3.500.000.00	3.500.000.00
17	Karyawan Bengkel dan Perawatan	4	2.000.000.00	8.000.000.00
18	Kasie Pengendalian Proses	1	3.500.000.00	3.500.000.00
19	Karyawan Pengendalian Proses	3	2.000.000.00	6.000.000.00
20	Kasie Produksi	1	3.500.000.00	3.500.000.00
21	Karyawan Produksi	9	2.500.000.00	22.500.000.00
		96	2.000.000.00	192.000.000.00
22	Kasie Bahan Baku	1	3.500.000.00	3.500.000.00
23	Karyawan Bahan Baku	7	2.000.000.00	14.000.000.00

		2	2.500.000.00	5.000.000.00
24	Kasie Kesehatan	1	3.500.000.00	3.500.000.00
25	Karyawan Kesehatan	3	2.000.000.00	6.000.000.00
26	Kasie Ketenagakerjaan	1	3.500.000.00	3.500.000.00
27	Karyawan Ketenagakerjaan	3	2.000.000.00	6.000.000.00
28	Kasie Pembelian	1	3.500.000.00	3.500.000.00
29	Karyawan Pembelian	2	2.000.000.00	4.000.000.00
30	Kasie Penjualan	1	3.500.000.00	3.500.000.00
31	Karyawan Penjualan	3	2.000.000.00	6.000.000.00
32	Kasie Promosi dan Periklanan	1	3.500.000.00	3.500.000.00
33	Karyawan Promosi dan Periklanan	3	2.000.000.00	6.000.000.00
34	Kasie Research Marketing	1	3.500.000.00	3.500.000.00
35	Karyawan Research Marketing	3	2.000.000.00	6.000.000.00
36	Kasie Akuntansi	1	3.500.000.00	3.500.000.00
37	Karyawan Akuntansi	3	2.000.000.00	6.000.000.00
38	Kasie Administrasi	1	3.500.000.00	3.500.000.00
39	Karyawan Administrasi	3	2.000.000.00	6.000.000.00
40	Kasie Keuangan	1	3.500.000.00	3.500.000.00
41	Karyawan Keuangan	3	2,000,000.00	6,000,000.00
42	Kasie Personalia	1	3,500,000.00	3,500,000.00
43	Karyawan Personalia	3	2,000,000.00	6,000,000.00
44	Kasie Humas	1	3,500,000.00	3,500,000.00
45	Karyawan Humas	3	2,000,000.00	6,000,000.00
46	Kasie Transportasi	1	3.500.000.00	3.500.000.00
47	Karyawan Transportasi	2	1.740.000.00	3.480.000.00
48	Kasie Keamanan dan Keselamatan	1	2.000.000.00	2.000.000.00
49	Karyawan Keamanan dan Keselamatan	7	1.740.000.00	12.180.000.00
50	Kasie Kebersihan	1	2.000.000.00	2.000.000.00
51	Karyawan Kebersihan	6	1.740.000.00	10.440.000.00
Total				498.100.000.00



BAB XI

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan suatu cara untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan menguntungkan atau tidak. Oleh karena itu dalam pra rencana pabrik tembaga sulfat ini dibuat evaluasi untuk mengetahui berapa investasi yang diperlukan untuk mendirikan pabrik tembaga sulfat tersebut. Cara untuk mengetahui jumlah investasi yang dibutuhkan oleh pabrik tembaga sulfat ini dapat menggunakan beberapa cara, yaitu :

1. Return of Investment / ROI
2. Pay Out Time / POT
3. Break Event Point / BEP
4. Internal Rate of Return / IRR

Untuk menghitung faktor-faktor diatas perlu diadakan penafsiran beberapa hal menyangkut administrasi perusahaan dan jalannya proses, yaitu :

1. Penaksiran modal investasi total (*Total Capital Investment / TCI*) terdiri atas :
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment / FCI*)
 - b. Modal kerja (*Work Capital Investment / WCI*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost / TPC*) terdiri atas :
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost / MC*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses / GE*)
3. Total pendapatan

11.1 Faktor –faktor Penentu

A. Modal Investasi Total (Total Capital Investment = TCI)

Yaitu modal yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik sebelum berproduksi, terdiri dari :

1. *Fixed Capital Investment (FCI)*
 - b. Biaya langsung (*Direct cost*), meliputi :
 - Pembelian alat
 - Instrumentasi dan alat kontrol
 - Perpipaan terpasang
 - Listrik terpasang

- Tanah dan bangunan
 - Fasilitas pelayanan
 - Pengambangan lahan
- c. Biaya tak langsung (*Indirect cost*)
- Teknik dan supervisi
 - Konstruksi
 - Kontraktor
 - Biaya tak terduga
- d. Working Capital Investment (*WCI*)

Modal kerja yaitu modal yang digunakan untuk menjalankan pabrik yang berhubungan dengan laju produksi dalam beberapa waktu tertentu.

Modal kerja terdiri dari :

1. Penyediaan bahan baku dalam waktu tertentu
2. Pengemasan produk dalam waktu tertentu
3. Utilitas dalam waktu tertentu
4. Gaji dalam waktu tertentu
5. Uang tunai

Sehingga :

Total Capital Investment (TCI) = Modal tetap (FCI) + Modal kerja (WCI)

B. Biaya produksi (Total Production Cost = TPC)

Total biaya produksi adalah biaya yang digunakan untuk operasi pabrik atau biaya yang dikeluarkan untuk mengeluarkan satu-satuan produk dalam waktu tertentu. Biaya produksi terdiri dari :

- a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*), terdiri dari :
1. Biaya produksi langsung
 2. Biaya produksi tetap
 3. Biaya *overhead* pabrik
- b. Biaya umum (*General Expenses*), terdiri dari :
1. Biaya administrasi
 2. Biaya distribusi dan pemasaran
 3. Litbang
 4. Financing

Adapun biaya produksi total terbagi menjadi :

a. Biaya variabel (*Variable Cost = VC*)

Biaya variabel yaitu, segala biaya yang pengeluarannya berbanding lurus dengan laju produksi atau biaya yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara langsung. Biaya variabel terdiri :

1. Biaya bahan baku
2. Biaya utilitas
3. Biaya pengemasan

b. Biaya semi variabel (*Semi Variable Cost = SVC*)

Biaya semi variabel yaitu, biaya pengeluaran yang tidak berbanding lurus dengan laju produksi atau yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara tidak langsung. Biaya semi variabel terdiri dari :

1. Upah karyawan
2. Plant overhead
3. Pemeliharaan dan perbaikan
4. Laboratorium
5. Operating supplies
6. Biaya umum
7. Supervisi

c. Biaya tetap (*Fixed Production Cost = FPC*)

Biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan secara tetap, tidak tergantung pada kapasitas pabrik.

Biaya tetap terdiri dari :

1. Asuransi
2. Depresiasi
3. Pajak
4. Bunga bank

11.2 Penafsiran Harga Alat

Harga suatu alat setiap saat akan berubah, tergantung pada perubahan kondisi ekonomi. Oleh karena itu, digunakan beberapa cara konversi harga alat terhadap harga alat pada beberapa tahun yang lalu, sehingga diperoleh harga yang ekuivalen dengan harga sekarang.

Harga alat dalam Pra Rencana Pabrik tembaga sulfat ini didasarkan pada data harga alat yang terdapat pada literatur Peter & Timmerhause, Gael. D. Ulrich .

Untuk menaksir harga alat pada tahun 2016 digunakan persamaan berikut :

$$C_x = \frac{I_x}{I_k} \times C_k \dots\dots\dots (1)$$

$$V_A = V_B \times \left(\frac{\text{Kapasitas alat A}}{\text{Kapasitas alat B}} \right)^n \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- C_x = Taksiran harga alat saat ini
- C_k = Taksiran harga alat pada tahun k
- I_x = Indeks harga saat ini
- I_k = Indeks harga pada tahun k
- V_A = Harga alat dengan kapasitas A
- V_B = Harga alat dengan kapasitas B
- n = Harga eksponen alat tertentu *(Peter and Timmerhaus, hal. 170)*

11.3. Penentuan *Total Capital Investment (TCI)*

Dari perhitungan Appendix E diperoleh :

- A. Biaya Langsung (DC) = Rp 69.956.931.594,67
- B. Biaya Tak Langsung (IC) = Rp 9.417.279.253,13
- C. Fix Capital Investment (FCI) = Rp 63.499.398.678,24
- D. Modal Kerja (WCI) = Rp 11.205.770.943,22

Maka TCI = Rp 74.705.139.621,46

11.4. Penentuan *Total Production Cost (TPC)*

Dari perhitungan Appendix E diperoleh :

- A. Biaya Produksi Langsung (Direct Production Cost /DPC) = Rp 1.108.526.260.586
- B. Biaya Tetap (Fixed Production Cost/FPC) = Rp 14.477.856.058,64
- C. Biaya Overhead = Rp 8.113.546.120,69
- D. Biaya Umum (General Expenses) = Rp 614.809.906.075,39

Maka TPC = Rp 1.745.927.568.840,90

11.5. Laba Perusahaan

Labanya perusahaan yaitu keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk.

Dari Appendix E diperoleh :

Total penjualan	=	Rp 1.760.000.000.000
Pajak Penghasilan	=	30% dari laba kotor
Laba kotor	=	Rp 14.072.431.159,10
Laba bersih	=	Rp 9.850.701.811,37
Cash flow (C _A)	=	Rp 16.200.638.679,19

11.6. Analisis Probabilitas

A. Pay Out Time (POT)

POT adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari laba yang dihitung dikurangi penyusutan atau waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal investasi.

$$POT = \frac{\text{Modal tetap} + (\text{Bunga} \cdot \text{TCI})}{\text{Cash flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun}$$

Dari Appendix E diperoleh :

$$POT = 4,84 \text{ tahun}$$

B. Rate On Investment (ROI)

ROI adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

- ROI sebelum pajak

$$ROI_{BT} = \frac{\text{Laba kotor}}{\text{Modal tetap}} \times 100 \%$$

Dari Appendix E diperoleh :

$$ROI_{BT} = 22,16 \%$$

- ROI setelah pajak

$$ROI_{AT} = \frac{\text{Laba bersih}}{\text{Modal tetap}} \times 100 \%$$

Dari Appendix E diperoleh :

$$ROI_{AT} = 15,51 \%$$

C. Break Event Point (BEP)

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.

$$BEP = \frac{FC + (0,3 SVC)}{S - (0,7 SVC - VC)} \times 100\%$$

Maka nilai BEP = 33,96 %

D. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik masih boleh beroperasi.

$$SDP = \frac{0,3 SVC}{S - 0,7SVC - VC} \times 100\%$$

Dari Appendix E diperoleh :

$$SDP = 9,20 \%$$

Titik shut down point terjadi pada kapasitas = 3.680,49 ton/tahun

E. Net Present Value (NPV)

Metode ini digunakan untuk menghitung selisih dari nilai penerimaan kas bersih sekarang dengan nilai investasi sekarang.

Langkah – langkah menghitung NPV :

- a. Menghitung C_{A0} (tahun ke-0) untuk masa konstruksi 2 tahun

Dari Appendix E diperoleh :

$$C_{A-2} = \text{Rp } 36.575.636.358,67$$

$$C_{A-1} = \text{Rp } 54.863.454.538,00$$

$$C_{A-0} = - \text{Rp } 91.439.090.896,67$$

- b. Menghitung NPV tiap tahun

$$NPV = C_A \times F_d$$

Dimana : F_d = faktor diskon = $1/(1+i)^n$

i = tingkat bunga

C_A = cash flow setelah pajak

n = tahun ke-n

Dari Appendix E diperoleh :

$$NPV = \text{Rp } 78.952.886.598,99$$

Karena harga NPV = (+) maka pabrik *Kuprisulfatpentahidrat* layak untuk didirikan.

F. Internal Rate Of Return (IRR)

$$\text{IRR} = i_1 + \frac{\text{NPV}_1}{\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2} \times (i_2 - i_1)$$

Dari Appendix E diperoleh :

$$\text{IRR} = 24,56 \%$$

Karena IRR lebih besar dari bunga bank (20%) maka pabrik *Kuprisulfatpentahidrat* layak untuk didirikan.



BAB XII

KESIMPULAN

Pra rencana pabrik *Tembaga Sulfat* ini diharapkan akan mencapai hasil produksi yang maksimal sesuai dengan tujuan. Dari hasil produksi tersebut diharapkan dapat memenuhi kebutuhan konsumsi dalam negeri yang pemakaiannya dari tahun ke tahun terus meningkat. Di samping itu diharapkan produksi *Tembaga Sulfat* ini dapat menembus pasaran dunia sehingga akan menambah devisa negara dari nilai ekspor.

Bila ditinjau dari segi bahan baku, proses, peralatan proses, penggunaan, lokasi pabrik, organisasi perusahaan dan analisa ekonomi, perencanaan pabrik *Tembaga Sulfat* ini layak untuk direalisasikan dengan rincian pertimbangan sebagai berikut :

A. Tinjauan dari segi teknis

Bila ditinjau dari segi teknis, proses pembuatan *Tembaga Sulfat* ini adalah baik, disamping proses yang tidak rumit juga mempunyai kemurnian tinggi.

Pemilihan lokasi pabrik berdasarkan pada :

- ◆ Bahan baku mudah di dapat
- ◆ Persediaan air yang memadai
- ◆ Tenaga kerja yang cukup tersedia
- ◆ Tersedia sarana transportasi yang memadai, baik untuk pengangkutan bahan baku Copper Oxides dan Asam Sulfat maupun produk *Tembaga Sulfat* (CuSO_4)

B. Tinjauan dari segi ekonomi

Suatu analisa ekonomi sangat diperlukan untuk mengetahui layak tidaknya suatu pabrik untuk didirikan baik dalam rencana jangka pendek maupun jangka panjang.

Hasil analisa ekonomi yang didapatkan adalah :

- ◆ POT : 4,84 tahun
- ◆ ROI_{BT} : 22,16 %
- ◆ ROI_{AT} : 15,51 %
- ◆ BEP : 33,96 %
- ◆ IRR : 24,56 %

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, G.G, (1950), **Unit Operation**, 1st edition, John Willey and Sons Ibc, New York
- Brownell, L.E and Young, E.H, (1959), **Process Equipment Design**, 1st edition, John Willey and Sons Ibc, New York
- Geankoplis, C.J, (1993), **Transport Processes and Unit Operation**, 3rd edition, Prentice-Hall of India, New Delhi
- Hawley, G, (1973), **The Condensed Chemical Dictionary**, 10th edition, VNR, New York
- Hesse, H.C, (1945), **Process Equipment Design**, 1st edition, D, Van Nostrand Company, United States of America
- Himmelblau, D.M, (1989), **Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering**, 5th edition, Prentice-Hall International, Singapore
- Hougen, O.A and Watson, K.M, (1954), **Chemical Process Principles**, 2nd edition, John Willey and Sons Ibc, New York
- Kern, D.Q, (1965), **Process Heat Transfer**, 1st edition, Mc Graw-Hill Book Company, Singapore
- Mc Cabe, W.L, Smith, J.H and Harriot, P, (1985), **Unit Operation of Chemical Engineering**, 4th edition, Mc Graw- Hill Book Company, New York
- Othmer, D.P, (1979), **Encyclopedia of Chemical Tecnology**, Vol 6, 7, 5th edition, John Willey and Sons Ibc, New York
- Perry, J.H, (19xx), **Chemical Engineer's Handbook**, 5th edition, Mc Graw_ Hill Book Company, Tokyo
- Perry, J.H, (19xx), **Chemical Engineer's Handbook**, 6th edition, Mc Graw_ Hill Book Company, Tokyo
- Peters, M.S and Timmerhaus, K.D, (1981), **Plant Design and Ekonomic for Chemical Engineer's**, 3th edition, Mc Graw_ Hill Internasional Book Company, Singapore
- Ulman's, (1986), **Encyclopedia of Industrial Chemistry**, Volume 6A, Weinhem, New York
- Ulrich, G.D, (1984), **A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics**, 1st edition, John Willey and Sons, United States of America

APPENDIKS A

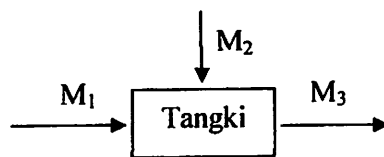
PERHITUNGAN NERACA MASSA

Kapasitas pabrik	: 40.000 ton / tahun
	: $\frac{40.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$
	: 5050,51 kg/jam
Waktu operasi	: 330 hari / tahun
	: 24 jam / hari
Satuan operasi	: kg / jam
Basis perhitungan	: 6211,95 kg / jam

1. Tangki Pengencer (M-116)

Pengenceran larutan H₂SO₄ 60% menjadi larutan H₂SO₄ 30%

Fungsi : untuk mengencerkan larutan H₂SO₄ 60% menjadi larutan H₂SO₄ 30 %.



Bahan baku H₂SO₄ 60%

- H₂SO₄ = 60% × 6211,95 kg/jam
= 3727,17 kg/jam
- H₂O = 40% × 6211,95 kg/jam
= 2484,78 kg/jam

H₂O yang dibutuhkan untuk pengenceran

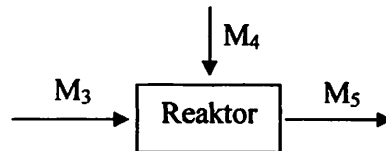
- H₂O = $\frac{60}{30} \times 3727,17 \text{ kg/jam}$
= 7454,34 kg/jam

Neraca Massa Pada Tangki Pengencer H₂SO₄

Bahan Masuk (kg/jam)	Bahan Keluar (kg/jam)
<u>Bahan Baku H₂SO₄ 60 % (M₁)</u>	<u>Ke Reaktor 30% (M₃)</u>
H ₂ SO ₄ : 3727,17	H ₂ SO ₄ : 3727,27
H ₂ O : 2484,78	H ₂ O : 9939,12
<u>Bahan Baku H₂O (M₂)</u>	
H ₂ O : 7454,34	
TOTAL : 13666,29	TOTAL : 13666,29

2. Reaktor (R-110)

Fungsi : Untuk mereaksikan CuO dengan larutan H₂SO₄ 30% menjadi CuSO₄ dan H₂O



Komposisi bahan masuk reaktor :

H₂SO₄ : 3727,17 kg/jam

H₂O : 9939,12

Karena perbandingan feed masuk adalah 1:1 maka dapat dihitung :

BM H₂SO₄ = 98

Mol H₂SO₄ = $\frac{3727,12}{98}$

= 38,03 kmol/jam

Kemurnian CuO = 100%

BM CuO = 80

CuO = 100% × 6211,95

= 6211,95

Mol CuO = $\frac{6211,95}{80}$

= 77,65 kmol/jam

Konversi reaksi = 99% terhadap CuO

Reaksi	:	CuO	+	H ₂ SO ₄	→	CuSO ₄	+	H ₂ O
Mula-mula	:	77,65		38,03		-		-
Bereaksi	:	37,65		37,65		37,65		37,65
Sisa	:	40,00		0,38		37,65		37,65
CuO sisa	=	40 × 80	=	3199,79 kg/jam				
H ₂ SO ₄ sisa	=	0,38 × 98	=	37,27 kg/jam				
H ₂ O terbentuk	=	37,65 × 18	=	677,74 kg/jam				
CuSO ₄ produk	=	37,65 × 160	=	6024,32 kg/jam				
CuO masuk	=	77,65 × 80	=	6211,95 kg/jam				

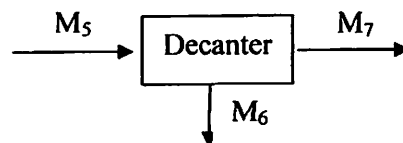
Neraca Massa Pada Reaktor

Bahan Masuk (kg/jam)		Bahan Keluar (kg/jam)	
<u>Dari Tangki Pengencer H₂SO₄ (M₃)</u>		<u>Ke decanter (M₅)</u>	
H ₂ SO ₄	: 3727,17	CuO sisa	: 3199,79
H ₂ O	: 9939,12	H ₂ SO ₄ sisa	: 37,27
<u>Dari Storage CuO (M₄)</u>		CuSO ₄	: 6024,32
CuO	: 6211,95	H ₂ O	: 10616,86
TOTAL	: 19878,24	TOTAL	: 19878,24

3. Decanter (H-115)

Fungsi: Memisahkan CuO dan H₂SO₄

Asumsi: Efisiensi alat 98%



Komposisi bahan masuk (kg/jam):

CuO	: 3199,79 kg/jam
H ₂ SO ₄	: 37,27 kg/jam
CuSO ₄	: 6024,32 kg/jam
H ₂ O	: 10616,86 kg/jam

Bahan keluar ke tangki penampung (kg/jam):

CuO	= 98% × 3199,79	= 3135,79 kg/jam
H ₂ SO ₄	= 98% × 37,27	= 36,53 kg/jam

Bahan keluar ke filter (kg/jam):

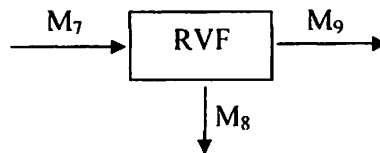
CuO	= 3199,79 – 3135,79	= 64,00 kg/jam
H ₂ SO ₄	= 37,27 – 36,53	= 0,75 kg/jam
CuSO ₄		= 6024,32 kg/jam
H ₂ O		= 10616,86 kg/jam

Neraca Massa Pada Dekanter

Bahan Masuk (kg/jam)	Bahan Keluar (kg/jam)
<u>Dari reaktor (M₅)</u>	<u>Ke tangki penampung (M₆)</u>
CuO : 3199,79	CuO : 3135,79
H ₂ SO ₄ : 37,27	H ₂ SO ₄ : 36,53
H ₂ O : 10616,86	<u>Ke filter (M₇)</u>
CuSO ₄ : 6024,32	CuO : 64,00
	H ₂ O : 10616,86
	H ₂ SO ₄ : 0,75
	CuSO ₄ : 6024,42
TOTAL : 19878,24	TOTAL : 19878,24

4. Filter Press (H-121)

Fungsi : Untuk memisahkan cake dari filtratnya



Komposisi bahan masuk (kg/jam) :

CuO	: 64,00 kg/jam
H ₂ SO ₄	: 0,75 kg/jam
H ₂ O	: 10616,86 kg/jam
CuSO ₄	: 6024,32 kg/jam

Cake (kg/jam):

$$\text{CuO} = 64,00 \times 98\% = 62,72 \text{ kg/jam}$$

Ke evaporator (kg/jam) :

H ₂ SO ₄	= 0,75 kg/jam
H ₂ O	= 10616,86 kg/jam
CuSO ₄	= 6024,32 kg/jam

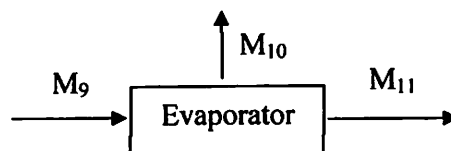
$$\text{CuO} = 64,00 - 62,72 = 1,3 \text{ kg/jam}$$

Neraca Massa Pada Rotary Vacuum Filter

Bahan Masuk (kg/jam)	Bahan Keluar (kg/jam)
<u>Dari tangki dekanter (M₇)</u>	<u>Ke Evaporator (M₉)</u>
CuO : 64,00	CuO : 1,28
H ₂ SO ₄ : 0,75	H ₂ SO ₄ : 0,75
CuSO ₄ : 6024,32	CuSO ₄ : 6024,32
H ₂ O : 10616,86	H ₂ O : 10616,86
	<u>Cake (M₈)</u>
	CuO : 62,72
TOTAL : 16705,92	TOTAL : 16705,92

5. Evaporator (V-120)

Fungsi : Untuk memekatkan konsentrasi larutan CuSO₄ dari 36 % menjadi 80 %



Komposisi bahan masuk :

CuO	: 1,28 kg/jam
H ₂ SO ₄	: 0,75 kg/jam
CuSO ₄	: 6024,32 kg/jam
H ₂ O	: 10616,86 kg/jam
	<hr/>
	16643,20 kg/jam

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi CuSO}_4 \text{ dalam larutan} &= \frac{6024,32}{16643,20} \times 100 \\ &= 0,36 \end{aligned}$$

CuSO₄ dipekatkan dari 36% menjadi 80%

Neraca masa:

$$F = L + (V_1 + V_2)$$

$$16643,20 = L + (V_1 + V_2)$$

Neraca komponen:

$$F \cdot X_F = L + (V_1 + V_2) X_v$$

$$16643,20 \cdot 0,36 = L \cdot 0,8$$

$$L = 7530,40$$

$$F = L + (V_1 + V_2)$$

$$16643,20 = L + (V_1 + V_2)$$

$$(V_1 + V_2) = 16643,20 - 7530,40$$

$$= 9112,80$$

$$V_1 = V_2 = 4556,40$$

Effect 1

$$F = V_1 + L_1$$

$$16643,20 = 4556,40 + L_1$$

$$L_1 = 16643,20 - 4556,40$$

$$L_1 = 12086,80$$

$$F \cdot X_F = L_1 \cdot X_1$$

$$16643,20 \cdot 0,36 = 12086,80 \cdot X_1$$

$$X_1 = 0,50$$

Effect 2

$$L_1 = V_2 + L_2$$

$$12086,80 = 4556,40 + L_2$$

$$L_2 = 12086,80 - 4556,40$$

$$= 7530,40$$

$$L_1 \cdot X_1 = L_2 \cdot X_2$$

$$12086,80 \cdot 0,50 = 7530,40 \cdot X_2$$

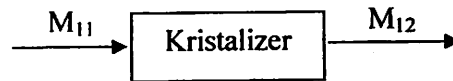
$$X_2 = 0,80$$

Neraca Massa Pada Evaporator

Bahan Masuk (kg/jam)		Bahan Keluar (kg/jam)	
<u>Dari Rotary Vacuum Filter (M₉)</u>		<u>Uap Keluar (M₁₀)</u>	
CuO	: 1,28	H ₂ O _(g)	: 9112,80
H ₂ SO ₄	: 0,75	<u>Ke Kristalizer (M₁₁)</u>	
H ₂ O	: 10616,86	CuO	: 1,28
CuSO ₄	: 6024,32	H ₂ O _(l)	: 1504,06
		H ₂ SO ₄	: 0,75
		CuSO ₄	: 6024,32
TOTAL	: 16643,20	TOTAL	: 16643,20

6. Kristalizer (X-125)

Fungsi : Untuk mengkristalkan CuSO_4 yang keluar dari evaporator menjadi CuSO_4



Komposisi bahan masuk :

- CuO : 1,28 kg/jam
- H_2SO_4 : 0,75 kg/jam
- CuSO_4 : 6024,32 kg/jam
- H_2O : 1504,06 kg/jam

Kelarutan CuSO_4 0,0754 kg/0,1 kg air pada suhu 100°C

$$\begin{aligned} \text{CuSO}_4 \text{ terlarut} &= \frac{0,0754}{0,1} \times 1504,06 \\ &= 1134,06 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CuSO}_4 \text{ terkristal} &= 6024,32 - 1134,06 \\ &= 4890,27 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

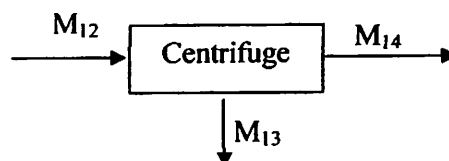
Neraca Massa Pada Kristalizer

Bahan Masuk (kg/jam)	Bahan Keluar (kg/jam)
<u>Dari Evaporator (M_{11})</u>	<u>Ke Centrifuge (M_{12})</u>
CuO : 1,28	CuO : 1,28
H_2SO_4 : 0,75	H_2SO_4 : 0,75
CuSO_4 : 6024,32	CuSO_4 terlarut : 1134,06
H_2O : 1504,06	CuSO_4 terkristal : 4890,27
	H_2O : 1504,06
TOTAL : 7530,40	TOTAL : 7530,40

7. Centrifuge (H-126)

Fungsi : Untuk memisahkan Kristal CuSO_4 dari mother liquor (larutan induk)

Asumsi : Efisiensi alat 70%



Komposisi bahan masuk :

CuO : 1,28 kg/jam
 H₂SO₄ : 0,75 kg/jam
 CuSO₄ terlarut : 1134,06 kg/jam
 CuSO₄ terkristal : 4890,27 kg/jam
 H₂O : 1504,06 kg/jam

Ke waste (kg/jam) :

H₂O = 70% × 1504,06
 = 1052,84 kg/jam
 H₂SO₄ = 0,75 kg/jam
 CuSO₄ terlarut = 1134,06 kg/jam
 CuO = 1,28 kg/jam

Ke Rotary Dryer

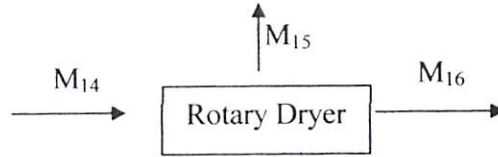
CuSO₄ terkristal = 4890,27 kg/jam
 H₂O = 1504,06 – 1052,84
 = 451,22 kg/jam

Neraca Massa Pada Centrifuge

Bahan Masuk (kg/jam)	Bahan Keluar (kg/jam)
<u>Dari Kristalizer (M₁₂)</u>	<u>Ke penampungan (M₁₃)</u>
CuO : 1,28	CuO : 1,28
H ₂ SO ₄ : 0,75	H ₂ SO ₄ : 0,75
CuSO ₄ terlarut : 1134,06	CuSO ₄ terlarut : 1134,06
CuSO ₄ terkristal: 4890,27	H ₂ O : 1052,84
H ₂ O : 1504,06	<u>Ke Rotary Dryer (M₁₄)</u>
	H ₂ O : 451,22
	CuSO ₄ terkristal: 4890,27
TOTAL : 7530,40	TOTAL : 7530,40

8. Rotary Dryer (B-130)

Fungsi : Untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam CuSO_4



Komposisi bahan masuk :

CuSO_4 : 4890,27 kg/jam

H_2O : 451,22 kg/jam

5341,48 kg/jam

Ke bin produk (kg/jam):

CuSO_4 : 4890,27

H_2O : $3\% \times 5341,48 = 160,24$

Bahan teruapkan (kg/jam):

H_2O = $451,22 - 160,24$

= 290,97

Neraca Massa Pada Rotary Dryer

Bahan Masuk (kg/jam)		Bahan Keluar (kg/jam)	
<u>Dari Centrifuge (M_{14})</u>		<u>Komponen teruapkan (M_{15})</u>	
CuSO_4	: 4890,27	H_2O	: 290,97
H_2O	: 451,22	Udara	: 2403,67
	5341,48	<u>Ke Bin (M_{16})</u>	
Udara	: 2403,67	Kristal CuSO_4	: 4890,27
		H_2O	: 160,24
			5050,51
TOTAL	: 7744,96	TOTAL	: 7744,96



APPENDIKS B

PERHITUNGAN NERACA PANAS

Kapasitas pabrik : 40.000 ton / tahun

$$: \frac{40.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

: 5050,5051 kg/jam

Waktu operasi : 330 hari / tahun

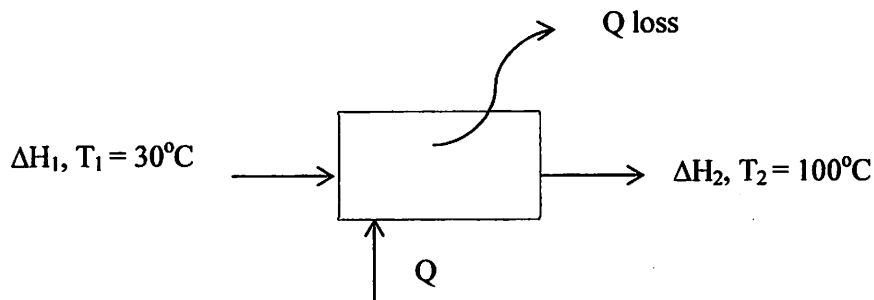
: 24 jam / hari

Satuan operasi : kkal / jam

Suhu referensi : 25°C

(Hougen,297)

1. Heater H₂SO₄ (E-118)



Neraca panas total : $\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + Q \text{ loss}$

Dimana :

ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam H₂SO₄ masuk heater

ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam H₂SO₄ keluar heater

Q = Panas yang terkandung dalam steam

Q loss = Panas yang hilang

Heat capacities (Cp):

Dari Himmelblau (hal,199)

Rumus kimia	a	b.10 ²	c.10 ⁵	d.10 ⁹
H ₂ SO ₄	139,1	15,59		

Heat capacities untuk H_2SO_4 suhu (30-25)

$$C_p \text{H}_2\text{SO}_4 = 139,1 + 15,59 \times 10^{-2} T$$

Dari 30 C \longrightarrow 100 C / 303,15 K \longrightarrow 373,15 K

$$\Delta H = \int_{303,15}^{373,15} C_p dt = \int_{303,15}^{373,15} (139,1 + 15,59 \times 10^{-2} T) dt$$

$$= 130,1T + \frac{15,59 \times 10^{-2}}{2} T^2 \Bigg|_{303,15}^{373,15}$$

$$\Delta H = 130,1(373,15 - 303,15) + \frac{15,59 \times 10^{-2}}{2} (373,15^2 - 303,15^2)$$

$$= 13427,23 \text{ J}$$

$$= 13427,23 \text{ J} \times 3727,17 \text{ kg/jam}$$

$$= 50045569,25 \text{ J/jam} \times (1/4,184)$$

$$= 11961178,12 \text{ kal/jam} \times (1/1000)$$

$$= 11961,18 \text{ Kkal/jam}$$

Dari H.C. Van Ness (hal,639)

Rumus kimia	a	b. 10^3	d. 10^{-5}
CuO	5,780	0,973	-0,874

Heat capacities untuk CuO suhu (30-25)

$$C_p/R \text{ CuO} = 5,78 + 0,973 \times 10^{-3} T - 0,874 \times 10^{-5} T^2$$

Dari 30 C \longrightarrow 100 C / 303,15 K \longrightarrow 373,15 K

$$\Delta H = \int_{303,15}^{373,15} C_p dt = \int_{303,15}^{373,15} R(5,78 + 0,973 \times 10^{-3} T - 0,874 \times 10^{-5} T^2)$$

$$= 8,314 \left\{ 5,78 + \frac{0,973 \times 10^{-3}}{2} T^2 + 0,874 \times 10^{-5} \left(\frac{1}{T} \right) \right\} \Bigg|_{303,15}^{373,15}$$

$$= 8,314 \left\{ 5,78(373,15 - 303,15) + \frac{0,973 \times 10^{-3}}{2} (373,15^2 - 303,15^2) + 0,874 \times 10^{-5} \left(\frac{1}{373,15} - \frac{1}{303,15} \right) \right\}$$

$$= 3115,76 \text{ J}$$

$$= 3115,76 \text{ J} \times 6211,95 \text{ kg/jam}$$

$$= 19354940,35 \text{ J/jam} \times (1/4,184)$$

$$= 4625941,77 \text{ kal/jam} \times (1/1000)$$

$$= 4625,94 \text{ Kkal/jam}$$

Menghitung panas yang terkandung dalam H₂SO₄ masuk heater (ΔH_1) :

$$\Delta H_1 = m \times C_p \times \Delta T$$

Komponen	m (kg/jam)	ΔH Kkal/jam
H ₂ SO ₄	3727,17	11961,18
H ₂ O	9939,12	7401,51
Total		19362,69

Menghitung panas yang terkandung dalam H₂SO₄ keluar heater (ΔH_2) :

Komponen	m (kg/jam)	ΔH Kkal/jam
H ₂ SO ₄	3727,17	11961,18
H ₂ O	9939,12	117366,56
Total		118353,84

Neraca panas total :

$$\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + Q \text{ loss}$$

$$Q \text{ loss} = 3\% \Delta H_1$$

$$19362,69 + Q = 118353,84 + 3\% \Delta H_1$$

$$Q = 118353,84 - 19362,69 + (3\% \times 19362,69)$$

$$= 98410,27 \text{ kkal/jam}$$

Digunakan steam pada 140°C dari steam tabel (app. C, tabel C.1, Smith & Van Nes

P = 361,38 kpa dan panas latennya $\lambda = 2,144 \text{ kJ/kg} = 512,4283 \text{ kkal/kg}$

Jadi jumlah steam yang dibutuhkan sebesar:

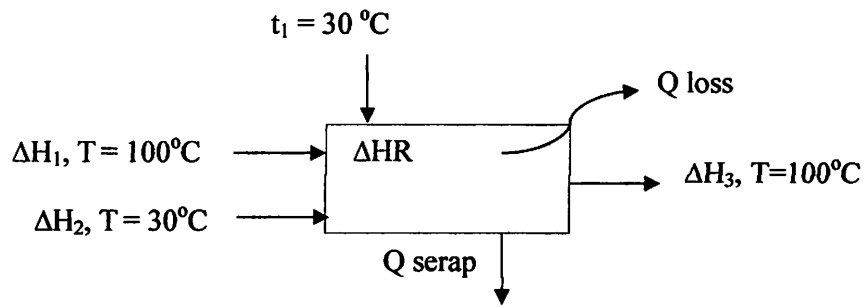
$$Q = m \times \lambda$$

$$m = \frac{98410,84}{512,4283} = 192,0480 \text{ kg/jam}$$

Neraca panas total pada heater H₂SO₄

Panas masuk (kkal/jam)		Panas keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	= 19362,69	ΔH_2	= 118353,84
Q _{steam}	= 98410,27	Q _{loss}	= 17,40
Total	= 118371,25	Total	= 118371,25

2. Reaktor (R-110)



Neraca panas total : $\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_R + \dot{m} t_2 + Q_{\text{serap}} + Q_{\text{loss}}$

Dimana:

ΔH_1 = panas yang terkandung pada larutan H_2SO_4 masuk

ΔH_2 = panas yang terkandung pada CuO dari open storage

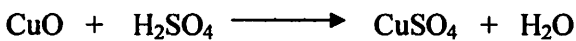
ΔH_3 = panas yang terkandung pada produk keluar

ΔH_R = panas reaksi

Q_{loss} = panas yang hilang

Q_{serap} = panas yang diserap oleh air pendingin

Reaksinya:



Menghitung panas yang terkandung pada H_2SO_4 (ΔH_1) :

Dari perhitungan sebelumnya di dapatkan $\Delta H_1 = 118371,25$ kkal/jam

Menghitung panas yang terkandung dalam CuO masuk reaktor (ΔH_2):

$$\Delta H_2 = m \times C_p \times \Delta T$$

Komponen	m (kg/jam)	ΔH Kkal/jam
CuO	6211,95	4625,94
Total		4625,94

Menghitung panas reaksi ($\Delta H_{f25^\circ\text{C}}$) :

Dari tabel F (Himmelblau, 226-227) didapat ΔH_f pada 25°C :

$$\begin{aligned} \Delta H_f \text{H}_2\text{SO}_4 &= -811,51 \text{ kJ/g mol} : 1000 \\ &= -0,8115 \text{ kJ/kg mol} \times (1/4,1840) \\ &= -0,1940 \text{ kkal/kg mol} \times 37,65 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$= -7,3024 \text{ kkal/jam}$$

$$\Delta H_f \text{ CuO} = -0,3338 \text{ kkal/jam}$$

$$\Delta H_f \text{ CuSO}_4 = -6,9276 \text{ kkal/jam}$$

$$\Delta H_f \text{ H}_2\text{O} = -2,5722 \text{ kkal/jam}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{f25^\circ\text{C}} &= [\Delta H_f \text{ CuSO}_4 + \Delta H_f \text{ H}_2\text{O}] - [\Delta H_f \text{ CuO} + \Delta H_f \text{ H}_2\text{SO}_4] \\ &= [-6,9276 + (-2,5722)] - [-0,3338 + (-7,3024)] \\ &= -1,8635 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Menghitung panas yang terkandung pada reaktan ($\Delta H_{\text{Reaktan}}$):

Komponen	m (kg/jam)	ΔH (Kkal/jam)
CuO	3012,16	1310571,67
Total		1310571,67

Komponen	m (kg/jam)	ΔH Kkal/jam
H ₂ SO ₄	3689,90	977,42
Total		977,42

$$\begin{aligned} \text{Total } \Delta H_{\text{Reaktan}} &= 1310571,67 + 977,42 \\ &= 1311549,08 \end{aligned}$$

Menghitung panas yang terkandung pada produk (ΔH_{Produk}):

Komponen	m (kg/jam)	ΔH Kkal/jam
CuSO ₄	6024,32	68044,73
H ₂ O	677,74	8003,08
Total		76047,81

$$\Delta H_R = \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}} + \Delta H_{f25^\circ\text{C}}$$

$$= 76047,81 - 1311549,08 + (-1,8635)$$

$$= -1235503,13 \text{ kkal/jam (Eksotermis melepaskan panas)}$$

$$= 1235503,13 \text{ kkal/jam}$$

Menghitung panas yang terkandung dalam bahan keluar (ΔH_3):

Komponen	m (kg/jam)	ΔH (Kkal/jam)
CuO	3199,79	1392206,60
Total		1392206,60

Komponen	m (kg/jam)	ΔH Kkal/jam
H ₂ SO ₄	37,27	9,87
CUSO ₄	6024,32	68044,73
H ₂ O	10616,86	125369,64
Total		193424,24

$$\text{Total } \Delta H_3 = 1392206,60 + 193424,24$$

$$= 1585630,84$$

Menghitung panas yang hilang (Q loss)

$$Q \text{ loss} = 3\% \times \Delta H_1$$

$$= 3\% \times 118371,25$$

$$= 3551,14 \text{ Kkal/jam}$$

Menghitung panas yang diserap oleh pendingin (Q serap)

$$Q_{\text{serap}} = (\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_R) - (\Delta H_3 + Q \text{ loss})$$

$$= (118371,25 + 12038,98 + 1235503,13) - (1585630,84 + 3551,14)$$

$$= 223268,62 \text{ Kkal/jam}$$

Menghitung kebutuhan pendingin (m)

$$m = Q_{\text{serap}} / (C_p \times \Delta T)$$

air masuk pada suhu = 30°C

C_p pendingin masuk = 1 kkal/kg

C_p pendingin keluar = 1 kkal/kg

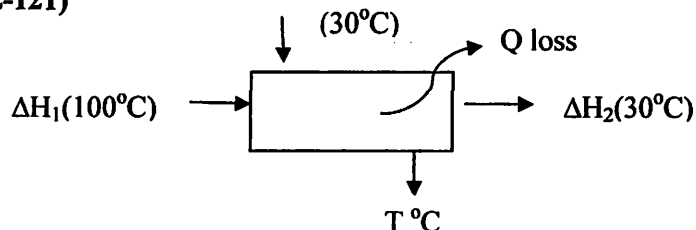
$$m = 223268,62 / (1 \times (100-25) - 1 \times (30-25))$$

$$m = 3189,55 \text{ kg/jam}$$

Neraca panas total pada reaktor

Panas Masuk (Kkal/jam)		Panas Keluar (Kkal/jam)	
ΔH_1	118371,25	ΔH_3	1585630,84
ΔH_2	4625,94	Q loss	3551,14
ΔH_R	1235503,13	Q serap	223268,62
Total	1365913,36	Total	1365913,36

3. Cooler (E-121)



$$\text{Neraca panas total : } \Delta H_1 = \Delta H_2 + Q + Q_{\text{loss}}$$

Dimana:

ΔH_1 = panas yang terkandung pada larutan H_2SO_4 masuk

ΔH_2 = panas yang terkandung pada CuO dari open storage

Q = Panas yang diserap air pendingin

Q_{loss} = panas yang hilang

Menghitung panas yang terkandung pada bahan masuk (ΔH_1) :

Dari perhitungan sebelumnya di dapatkan $\Delta H_1 = 1365913,36$ kkal/jam

Menghitung panas yang terkandung pada bahan keluar (ΔH_2) :

Komponen	m (kg/jam)	ΔH (Kkal/jam)
CuO	3199,79	6201,31
Total		6201,31

Komponen	m (kg/jam)	ΔH Kkal/jam
H_2SO_4	37,27	0,61
CUSO_4	6024,32	4536,32
H_2O	10616,86	8357,98
Total		12894,90

$$\begin{aligned} \text{Total } \Delta H_2 &= 6201,31 + 12894,90 \\ &= 19096,21 \end{aligned}$$

Diasumsi panas yang hilang 3 %

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 3 \% \Delta H_1 \\ &= 3\% \times (1365913,36) \\ &= 19096,21 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

Panas yang diserap air pendingin (Q)

$$\begin{aligned} Q &= \Delta H_1 - \Delta H_2 - Q_{\text{loss}} \\ &= 1365913,36 - 19096,21 - 19096,21 \\ &= 1305839,76 \text{ Kkal} \end{aligned}$$

Menghitung kebutuhan air pendingin

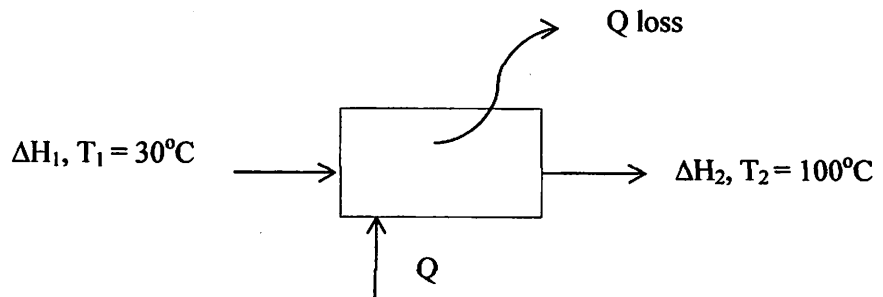
$$m_{\text{air}} = \frac{Q}{C_p \times \Delta T} = \frac{1305839,76}{1 \times 30}$$

$$= 43527,99 \text{ kg/jam}$$

Neraca Panas Pada Cooler

Panas masuk (Kkal/jam)		Panas keluar (Kkal/jam)	
ΔH_1	1365913,36	ΔH_2	19096,21
		Q loss	40977,40
		Q	1305839,76
Total	1365913,36	Total	1365913,36

4. Heater ke 2 (E-112)



$$\text{Neraca panas total : } \Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + Q \text{ loss}$$

Dimana :

ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam H_2SO_4 masuk heater

ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam H_2SO_4 keluar heater

Q = Panas yang terkandung dalam steam

Q loss = Panas yang hilang

Menghitung panas yang terkandung dalam bahan masuk (ΔH_1):

Komponen	m (kg/jam)	ΔH_1
CuO	1,3	2,48
Total		2,48

Komponen	m (kg/jam)	Delta H_1
H_2SO_4	0,75	0,01
CUSO_4	6024,32	4536,32
H_2O	10616,86	8357,98
Total		12894,30

$$\text{Total } \Delta H_1 = 2,48 + 12894,30$$

$$= 12896,78$$

Menghitung panas yang terkandung dalam bahan keluar (ΔH_2):

Komponen	m (kg/jam)	ΔH_2
CuO	1,3	556,88
Total		556,88

Komponen	m (kg/jam)	Cp (kkal/kg)	Delta H ₂
H ₂ SO ₄	0,75	0,0035	0,19
CUSO ₄	6024,32	0,1506	68044,73
H ₂ O	10616,86	0,1574	125369,64
Total			193414,56

$$\text{Total } \Delta H_2 = 556,88 + 193414,56$$

$$= 193971,45$$

Neraca panas total :

$$\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + Q \text{ loss}$$

$$Q \text{ loss} = 3\% \Delta H_1$$

$$12896,78 + Q \text{ steam} = 193971,45 + 3\% \Delta H_1$$

$$Q \text{ steam} = 193971,45 - 12896,78 + (3\% \times 12896,78)$$

$$= 181461,57 \text{ Kkal}$$

Digunakan steam pada 140°C dari steam tabel (app. C, tabel C.1, Smith & Van Nes

$$P = 361,38 \text{ kpa dan panas latennya } \lambda = 2,144 \text{ kJ/kg} = 512,4283 \text{ kkal/kg}$$

Jadi jumlah steam yang dibutuhkan sebesar:

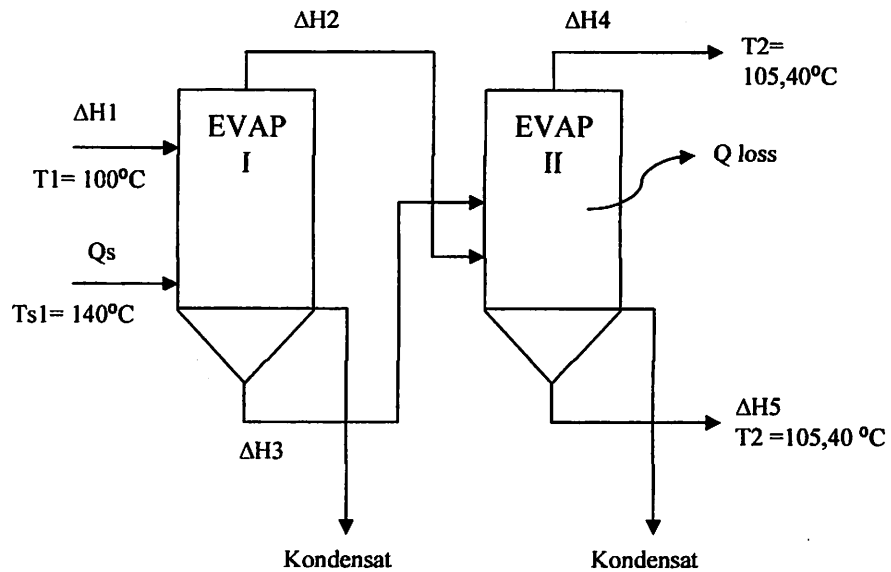
$$Q = m \times \lambda$$

$$m = \frac{181461,57}{512,4283} = 354,12 \text{ kg/jam}$$

Neraca panas total pada heater

Panas masuk (kkal/jam)		Panas keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	= 12896,78	ΔH_2	= 193971,45
Q _{steam}	= 181461,57	Q _{loss}	= 386,90
Total	= 194358,35	Total	= 194358,35

5. Evaporator (V-120)



Saturated steam yang digunakan yaitu pada P steam 361,38 Kpa dengan suhu 140°C
Tekanan operasi pada effect II = 101,33 Kpa, dari steam tabel didapat T = 100 °C
Massa total masuk Evaporator = 16643,20 kg/jam.

- Menentukan T2 menggunakan persamaan BPR effect II dengan X= 0,8

$$\begin{aligned} \text{BPR} &= 1,78 X + 6,22 X^2 \\ &= 1,78 \cdot (0,8) + 6,22 \cdot (0,8)^2 \\ &= 5,40 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } T_2 &= 100 \text{ }^\circ\text{C} + 5,40 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 105,40 \end{aligned}$$

- Menghitung uap air yang diuapkan tiap effect

Dari App. A didapatkan total air yang diuapkan adalah 9112,80 kg/jam

Diasumsikan uap yang terbentuk di tiap effect adalah sama, jadi:

$$V_1 = V_2 = 4556,40 \text{ kg/jam}$$

Sehingga didapatkan: (App. A)

$$X_f = 0,36$$

$$X_1 = 0,50$$

$$X_2 = 0,80$$

Koefisien heat transfer (U) dari geankoplis hal 496, range untuk short tube vertical adalah 1100-2800 W/m². C asumsi ditetapkan:

$$U_1 = 2150 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$$

$$U_2 = 650 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$$

➤ Menghitung BPR tiap-tiap effect

$$\begin{aligned} \text{BPR}_1 &= 1,78 X_1 + 6,22 X_1^2 \\ &= 1,78 \times 0,50 + 6,22 \times (0,50)^2 \\ &= 2,43 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BPR}_2 &= 1,78 X_2 + 6,22 X_2^2 \\ &= 1,78 \times 0,80 + 6,22 \times (0,80)^2 \\ &= 5,40 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum \Delta T_{\text{available}} &= T_{S_1} - T_3 \text{ (saturation)} - (\text{BPR}_1 + \text{BPR}_2) \\ &= 140^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C} - (2,43 + 5,40) \\ &= 32,16 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

➤ Menghitung ΔT_1 dan ΔT_2

$$\begin{aligned} \Delta T_1 &= \sum \Delta T \frac{1/U_1}{1/U_1 + 1/U_2} \\ &= 32,16 \frac{1/2150}{1/2150 + 1/650} \\ &= 7,47 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_2 &= \sum \Delta T \frac{1/U_2}{1/U_1 + 1/U_2} \\ &= 32,16 \frac{1/650}{1/2150 + 1/650} \\ &= 24,70 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

➤ Menghitung boiling point sebenarnya pada tiap-tiap effect

$$\begin{aligned} - T_1 &= T_{S_1} - \Delta T_1 = 140^\circ\text{C} - 7,47 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 132,53 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

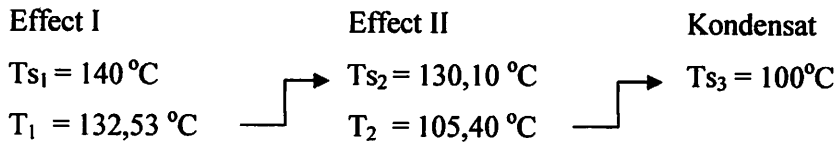
$$T_{S_1} = 140^\circ\text{C} \text{ (t kondensat saturated steam pada effect I)}$$

$$\begin{aligned} - T_2 &= T_1 - \text{BPR}_1 - \Delta T_2 = 132,53 \text{ }^\circ\text{C} - 2,43^\circ\text{C} - 24,70 \\ &= 105,40 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$T_{S_2} = T_1 - \text{BPR}_1$$

$$= 132,53 \text{ }^\circ\text{C} - 2,43^\circ\text{C}$$

$$= 130,10 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (t kondensat saturated steam pada effect II)}$$



Kapasitas panas liquid ($C_p = 4,19 - 2,35x$)

$$F : C_p = 4,19 - 2,35 (0,36) = 3,34 \text{ kJ/kg} \cdot \text{C}$$

$$L_1 : C_p = 4,19 - 2,35 (0,50) = 3,02 \text{ kJ/kg} \cdot \text{C}$$

$$L_2 : C_p = 4,19 - 2,35 (0,80) = 2,31 \text{ kJ/kg} \cdot \text{C}$$

➤ Mencari harga Entalpi (H) pada masing-masing effect untuk air 0°C

Effect I

$$T_1 = 132,53^\circ\text{C}$$

$$T_{s1} = 140^\circ\text{C}$$

$$\text{BPR}_1 = 2,43^\circ\text{C}$$

$$T_{s2} = 130,10^\circ\text{C}$$

$$H_1 = H_{s2} (\text{saturation enthalpi uap pada } T_{s2}) + 1,884 \text{ BPR}_1$$

$$= 2720,0367 + 1,884 (2,4324)$$

$$= 2724,62 \text{ kJ/kg}$$

$$\lambda_{s1} = H_{s1} (\text{saturation entalpi uap pada } T_{s1}) - h_{s1} (\text{entalpi liquid pada } T_{s1})$$

$$= 2733,1 - 589,1$$

$$= 2144 \text{ kJ/kg}$$

Effect II

$$T_2 = 105,40^\circ\text{C}$$

$$T_{s2} = 130,10^\circ\text{C}$$

$$\text{BPR}_2 = 5,40^\circ\text{C}$$

$$T_{s3} = 100^\circ\text{C}$$

$$H_2 = H_{s3} (\text{saturation enthalpi uap pada } T_{s3}) + 1,884 \text{ BPR}_2$$

$$= 2676 + 1,884 (5,40)$$

$$= 2686,18 \text{ kJ/kg}$$

$$\lambda_{s2} = H_{s2} (\text{saturation entalpi uap pada } T_{s2}) - h_{s2} (\text{entalpi liquid pada } T_{s2})$$

$$= 2720,0367 - 546,7303$$

$$= 2173,31 \text{ kJ/kg}$$

Dari App. A didapatkan:

$$V_1 = 16643,20 \text{ kg/Jam} - L_1 \quad L_2 = 7530,40 \text{ kg/Jam}$$

$$V_2 = L_1 - 7530,40 \text{ kg/Jam} \quad L_1 = 12086,80 \text{ kg/Jam}$$

➤ Neraca panas pada tiap effect menggunakan 0°C

Effect I

$$F C_p (T_F - 0) + S \lambda_{s1} = L_1 C_p (T_1 - 0) + V_1 H_1$$

$$16643,20 \times 3,34 \times (100 - 0) + S (2144) = L_1 \times 3,0150 \times (132,53) + (16643,20 - L_1) \times 2724,61$$

$$5565487,58 + 2144 S = 399,59 L_1 + 45346396,14 - 2724,62 L_1$$

$$5565487,58 + 2144 S = -2325,03 L_1 + 45346396,14$$

$$2325,03 L_1 + 2144 S = 39780908,56 \dots \dots \dots (1)$$

$$2325,03 \times 12086,8044 + 2144 S = 39780908,56$$

$$2144 S = 39780908,56 - 28102187,52$$

$$2144 S = 11678721,05$$

$$S = 5447,16 \text{ kg/jam}$$

Effect II

$$L_1 CP (T_1-0) + V_1 \lambda s_2 = L_2 CP (T_2-0) + V_2 H_2$$

$$L_1 \times 3,0150 \times (132,53 - 0) + (16643,20 - L_1) \times 2173,3064 = L_2 \times 2,3100 \times (105,40 - 0) + (L_1 - 7530,40) \times 2686,18$$

$$912,4652 L_1 - 243,4851 L_2 = - 56398812,42 \dots \dots \dots (2)$$

Persamaan diatas diselesaikan secara substitusi, sehingga didapatkan nilai:

$$L_1 = 12086,80 \text{ kg/Jam}$$

$$L_2 = 7530,40 \text{ kg/Jam}$$

$$S = 5447,16 \text{ kg/jam}$$

$$V_1 = F - L_1 = 16643,20 - 12086,8044 = 4556,40 \text{ kg/jam}$$

$$V_2 = L_1 - L_2 = 12086,8044 - 7530,40 = 4556,40 \text{ kg/jam}$$

Dari data diatas, diketahui bahwa nilai V_1 dan V_2 sama dengan asumsi.

✓ Menghitung neraca panas dari masing-masing effect

Diketahui :

$$CP_F = 3,34 \text{ KJ/Kg. } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 100^\circ \text{C}$$

$$CP_1 = 3,02 \text{ KJ/Kg. } ^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 132,53^\circ\text{C}$$

$$CP_2 = 2,31 \text{ KJ/Kg. } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 105,40^\circ\text{C}$$

Effect I

$$HV = 2733,1 \text{ Kj/kg}$$

$$HL = 589,1 \text{ Kj/kg}$$

$$H_1 = 2724,62 \text{ Kj/kg}$$

$$\lambda s_1 = 2144,00 \text{ Kj/kg}$$

$$F CP (T_F-0) + S HV = L_1 CP (T_1-0) + V_1 H_1 + S HL$$

Aliran panas masuk:

$$\begin{aligned}\Delta H_1 &= F \text{ CP (TF-0)} \\ &= 16643,20 \times 3,34 \times (100-0) \\ &= 5565487,58 \text{ Kj/Jam} \\ &= 1330183,46 \text{ Kkal/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q &= S \times HV \\ &= 5447,16 \times 2733,1 \\ &= 14887645,75 \text{ Kj/Jam} \\ &= 3558232,73 \text{ Kkal/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total panas masuk} &= \Delta H_1 + Q = 1330183,46 \text{ Kkal/Jam} + 3558232,73 \text{ Kkal/Jam} \\ &= 4888416,19 \text{ Kkal/Jam}\end{aligned}$$

Aliran panas keluar:

$$\begin{aligned}\Delta H_2 &= V_1 \times H_1 = 4556,40 \times 2724,62 \\ &= 12414455,73 \text{ Kj/Jam} \\ &= 2967126,13 \text{ Kkal/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_3 &= L_1 \text{ CP (T}_1\text{-0)} \\ &= 12086,80 \times 3,02 \times (132,53) \\ &= 4829752,89 \text{ Kj/Jam} \\ &= 1154338,65 \text{ Kkal/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kondensat} &= S \times HL = 5447,16 \times 589,1 \\ &= 3208924,71 \text{ Kj/Jam} \\ &= 766951,41 \text{ Kkal/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total panas keluar} &= \Delta H_2 + \Delta H_3 + \text{Kondensat} \\ &= 2967126,13 + 1154338,65 + 766951,41 \\ &= 4888416,19 \text{ Kkal/Jam}\end{aligned}$$

Effect II

$$HV = 2720,04 \text{ kj/kg}$$

$$HL = 546,73 \text{ kj/kg}$$

$$H_2 = 2686,18 \text{ kj/kg}$$

$$\lambda_{s2} = 2173,31 \text{ kj/kg}$$

$$L_1 \text{ CP (T}_1\text{-0)} + V_1 H_1 = L_2 \text{ CP (T}_2\text{-0)} + V_2 H_2 + V_1 HL$$

Aliran panas masuk:

$$\begin{aligned}\Delta H_2 &= V_1 \times H_1 = 4556,40 \times 2724,62 \\ &= 12414455,73 \text{ kJ/kg} \\ &= 2967126,13 \text{ Kkal/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_3 &= L_1 \text{ CP } (T_1 - 0) \\ &= 12086,80 \times 3,02 \times (132,53 - 0) \\ &= 4829752,89 \text{ kJ/kg} \\ &= 1154338,65 \text{ Kkal/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total panas masuk} &= \Delta H_2 + \Delta H_3 \\ &= 2967126,13 + 1154338,65 = 4121464,78\end{aligned}$$

Aliran panas keluar:

$$\begin{aligned}\Delta H_4 &= V_2 \times H_2 \\ &= 4556,40 \times 2686,18 \\ &= 12239322,95 \text{ KJ/kg} \\ &= 2925268,39 \text{ Kkal/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_5 &= L_2 \text{ CP } (T_2 - 0) \\ &= 7530,40 \times 2,31 \times (105,40 - 0) \\ &= 1833541,13 \text{ KJ/kg} \\ &= 438226,85 \text{ Kkal/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kondensat} &= V_1 \times HL \\ &= 4556,40 \times 546,73 \\ &= 2491121,97 \text{ KJ/kg} \\ &= 595392,44 \text{ Kkal/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{\text{Loss}} &= 3 \% (\Delta H_2 + \Delta H_3) \\ &= 3\% \times (4121464,78) \\ &= 123643,94 \text{ Kkal/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total panas keluar} &= \Delta H_4 + \Delta H_5 + \text{Kondensat} + Q_{\text{Loss}} \\ &= 2925268,39 + 438226,85 + 595392,44 + 123643,94 \\ &= 4082531,62 \text{ Kkal/Jam}\end{aligned}$$

➤ Menentukan kebutuhan steam

Steam masuk: $T = 120 \text{ C}$

$P = 413,15$

Maka panas laten:

$$\lambda = 2144 \text{ kJ/kg}$$

$$= 512,43 \text{ kkal/kg}$$

Jadi steam yang dibutuhkan:

$$= Q \text{ steam} / \lambda$$

$$= \frac{3558232,73}{512,43}$$

$$= 6943,86 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Steam ekonomi} = \frac{V_1 + V_2}{S}$$

$$= \frac{4556.40 + 4556.40}{5447,16}$$

$$= 1,6729 \text{ kg/jam}$$

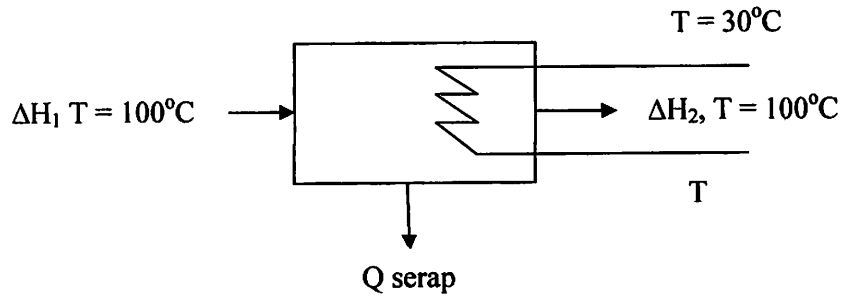
Neraca Panas pada Evaporator Effect I (V-120 A)

Aliran panas masuk (kkal/jam)		Aliran panas keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	1330183,46	Menuju Effect II (V-120B)	
Q	3558232,73	ΔH_2	2967126,13
		ΔH_3	1154338,65
		Ke Utilitas	
		Kondensat	766951,41
Total	4888416,19	Total	4888416,19

Neraca Panas pada Evaporator Effect II (V-120 B)

Aliran panas masuk (kkal/jam)		Aliran panas keluar (kkal/jam)	
ΔH_2	2967126,13	ΔH_4	2925268,39
ΔH_3	1154338,65	ΔH_5	438226,85
		ke utilitas	
		Kondensat	595392,44
		Qloss	162577,10
Total	4121464,78	Total	4121464,78

6. Kristaliser (X-125)



Neraca panas total: $\Delta H_1 = \Delta H_2 + Q \text{ serap}$

Dimana:

ΔH_1 = panas yang terkandung dalam bahan masuk kristaliser

ΔH_2 = panas yang terkandung dalam bahan keluar kristaliser

$Q \text{ serap}$ = panas air pendingin keluar

Menghitung panas yang terkandung dalam bahan masuk (ΔH_1)

Komponen	m (kg/jam)	ΔH_1
CuO	1,28	556,88
Total		556,88

Komponen	m (kg/jam)	ΔH_1 Kkal/jam
H ₂ SO ₄	0,75	0,20
CUSO ₄	6024,32	68044,73
H ₂ O	1504,06	17760,71
Total		85805,64

Total ΔH_1 : $556,88 + 85805,64 = 86362,52$

Menghitung panas yang terkandung dalam bahan keluar (ΔH_2)

Komponen	m (kg/jam)	ΔH_1
CuO	1,28	556,88
Total		556,88

Komponen	m (kg/jam)	ΔH Kkal/jam
H ₂ SO ₄	0,75	0,20
CUSO ₄ yang terlarut	1134,06	12809,18
CUSO ₄ yang terkristal	4890,27	55235,55
H ₂ O	1504,06	17760,71
Total		86362,52

$$\text{Total } \Delta H_2 : 556,88 + 85805,64 = 86362,52$$

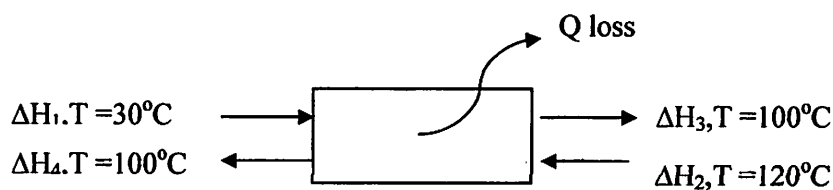
Menghitung panas yang diserap oleh pendingin (Q serap)

$$\begin{aligned} Q \text{ serap} &= \Delta H_1 - \Delta H_2 \\ &= 86362,52 - 86362,52 \\ &= 0 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

Neraca panas pada kristaliser

Panas Masuk (Kkal/jam)		Panas Keluar (Kkal/jam)	
ΔH_1	86362,52	ΔH_2	86362,52
		Q serap	0
Total	86362,52	Total	86362,52

7. Rotary Dryer (B-130)



$$\text{Neraca panas total : } \Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H_3 + \Delta H_4 + Q \text{ loss}$$

Dimana:

ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam bahan masuk rotary dryer

ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam udara masuk rotary dryer

ΔH_3 = Panas yang terkandung dalam bahan keluar rotary dryer

ΔH_4 = Panas yang terkandung dalam udara keluar rotary dryer

Q loss = Panas yang hilang

Menghitung panas bahan masuk rotary dryer (ΔH_1):

Komponen	m (kg/jam)	ΔH Kkal/jam
CUSO ₄ kristal	4890,27	3682,37
H ₂ O	451,22	355,21
Total		4037,58

Panas yang terkandung dalam udara keluar rotary dryer (ΔH_4):

Komponen	m (kg/jam)	ΔH Kkal/jam
h ₂ o yang teruapkan	290,97	3435,96
Total		3435,96

Panas yang terkandung dalam udara masuk rotary dryer (ΔH_2):

Asumsi kebutuhan udara untuk mengeringkan bahan = 45 %

total bahan masuk = 4890,27 + 451,22 = 5341,48

kebutuhan udara = 45% x total bahan masuk

$$= 45\% \times 5341,48$$

$$= 2403,67 \text{ kg/jam}$$

C_p udara suhu 120°C = 0,2239 Kkal/kg °C

$$\Delta H_2 = m \times c_p \times \Delta T$$

$$= 2403,67 \times 0,2239 \times (120-25)$$

$$= 51127,20 \text{ Kkal/jam}$$

$$Q \text{ loss} = 3\% (\Delta H_1 + \Delta H_2)$$

$$= 3\% \times (4037,58 + 51127,20)$$

$$= 1654,94 \text{ Kkal/jam}$$

Neraca panas total = $\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H_3 + \Delta H_4 + Q \text{ loss}$

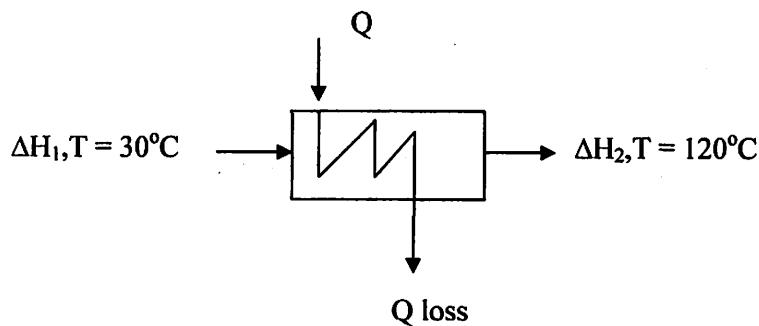
$$4037,58 + 51127,20 = \Delta H_3 + 3435,96 + 1654,94$$

$$\Delta H_3 = 50073,88 \text{ Kkal/jam}$$

Neraca panas pada rotary dryer

Panas masuk (Kkal/jam)		Panas keluar (Kkal/jam)	
ΔH_1	4037,58	ΔH_3	50073,88
ΔH_2	51127,20	ΔH_4	3435,96
		Q loss	1654,94
Total	55164,78	Total	55164,78

8. Heater Udara (E-134)



Udara yang masuk dikeringkan dalam heater kemudian dialirkan dalam rotary dryer.

Suhu udara masuk heater sebesar 30°C dan suhu keluar heater 120°C.

Neraca panas total di heter udara : $\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + Q \text{ loss}$

Dimana:

ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam udara kering masuk heater

ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam udara kering keluar heater

Q = Panas yang terkandung dalam steam masuk heater

Q loss = Panas yang hilang

Panas yang terkandung dalam udara kering masuk heater (ΔH_1)

m udara = 2403,67 kg/jam

Cp pada T 30°C = 0,2159 kkal/kg °C

$\Delta H_1 = M \times C_p \times \Delta T$

$$= 2403,67 \text{ kg/jam} \times 0,2159 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} \times (30 - 25)$$

$$= 2594,76 \text{ kkal/jam}$$

Panas yang terkandung dalam udara kering keluar heater (ΔH_2)

m udara = 2403,67 kg/jam

Cp pada T 120°C = 0,2239 kkal/kg°C

$$\begin{aligned}\Delta H_2 &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 2403,67 \text{ kg/jam} \times 0,2239 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} \times (120-25) \\ &= 51127,20 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

Panas yang hilang (Q loss)

$$\begin{aligned}Q \text{ loss} &= 3\% \times \Delta H_1 \\ &= 3\% \times 2594,76 \text{ kkal/jam} \\ &= 77,84 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

Panas yang terkandung dalam steam masuk heater (Q)

$$\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + Q \text{ loss}$$

$$\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + 3\% (\Delta H_1)$$

$$2594,76 + Q = 51127,20 + (3\% \times 2594,76)$$

$$2594,76 + Q = 51127,20 + 77,84$$

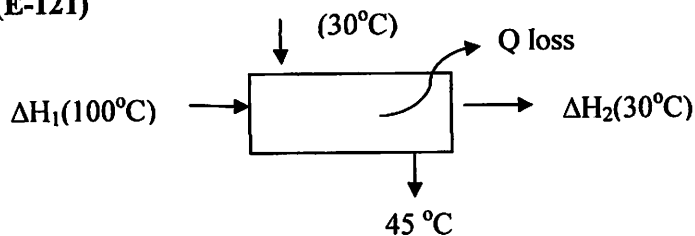
$$2594,76 + Q = 51205,04$$

$$Q = 51205,04 - 2594,76 = 48610,28$$

Neraca panas pada Heater udara

Panas masuk (Kkal/jam)		Panas keluar (Kkal/jam)	
ΔH_1	2594,76	ΔH_2	51127,20
Q	48610,28	Q loss	77,84
Total	51205,04	Total	51205,04

9. Cooler (E-121)



$$\text{Neraca panas total : } \Delta H_1 = \Delta H_2 + Q + Q_{\text{loss}}$$

Dimana:

ΔH_1 = panas yang terkandung pada bahan masuk cooler

ΔH_2 = panas yang terkandung pada keluar cooler

Q = Panas yang diserap air pendingin

Q_{loss} = panas yang hilang

Menghitung panas yang terkandung pada bahan masuk (ΔH_1) :

Dari perhitungan sebelumnya di dapatkan $\Delta H_1 = 55164,78$ kkal/jam

Menghitung panas yang terkandung pada bahan keluar (ΔH_2) :

Komponen	m (kg/jam)	ΔH Kkal/jam
cuso4 kristal	4890,27	3682,37
h2o	160,24	8,37
Total		3690,74

Diasumsi panas yang hilang 3 %

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 3 \% \Delta H_1 \\ &= 3\% \times (55164,78) \\ &= 1654,94 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

Panas yang diserap air pendingin (Q)

$$\begin{aligned} Q &= \Delta H_1 - \Delta H_2 - Q_{\text{loss}} \\ &= 55164,78 - 3690,74 - 1654,94 \\ &= 49819,10 \text{ Kkal} \end{aligned}$$

Menghitung kebutuhan air pendingin

$$\begin{aligned} m_{\text{air}} &= \frac{Q}{C_p \times \Delta T} = \frac{49819,10}{1 \times 30} \\ &= 1660,64 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca Panas Pada Cooler

Panas masuk (Kkal/jam)		Panas keluar (Kkal/jam)	
ΔH_1	55164,78	ΔH_2	3690,74
		Q loss	1654,94
		Q	49819,10
Total	55164,78	Total	55164,78

APPENDIKS C

SPEKIFIKASI PERALATAN

1. GUDANG COPPER OXIDES (F-111)

Fungsi : Tempat penyimpanan copper oxides

Dasar perancangan :

Suhu gudang : 30°C

Tekanan : 1 atm

Waktu tinggal : 7 hari

Massa bahan : 6211,95 kg/jam = 13694,86 lb/jam

Densitas bahan : 6,40 g/cm³ = 399,56 lb/ft³

Volume bahan mengisi gudang diasumsikan : 80% dari volume gudang

Perhitungan :

$$\begin{aligned}\text{Rate Volumetrik} &= \frac{\text{masa bahan}}{\text{densitas}} \\ &= \frac{13694,86}{399,56} \\ &= 34,27\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume produk} &= 34,27 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 7 \text{ hari} \times 24 \text{ jam} \\ &= 5758,18 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

Menentukan Volume Gudang

Volume ruang kosong = 20% Volume gudang

Volume Bahan = 80% Volume gudang

Vol. gudang = Vol. bahan + Vol. ruang kosong

$$\text{Vol. gudang} = 5758,18 + 0,2Vt$$

$$\begin{aligned}\text{Vol. gudang} &= \frac{5758,18}{0,8} \\ &= 7197,72\end{aligned}$$

$$\text{Volume total} = p \times l \times t$$

Direncanakan: Tinggi = 15 ft = 4,57 m

$$l : p = 1 : 2$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\text{Vol gudang}}{t} \\
 &= \frac{7197,72 \text{ ft}^3}{15 \text{ ft}} \\
 &= 479,85 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Vol. total} &= p \times l \times t \\
 7197,72 &= p \times \frac{1}{2} p \times 15 \\
 7,5 p^2 &= 7197,72 \\
 p^2 &= 959,70 \text{ ft}^2 \\
 p &= 30,98 \text{ ft} \\
 l &= 15,49 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi alat :

- Nama : Gudang CuO
- Fungsi : Untuk menyimpan CuO
- Kapasitas : 5758,18 ft³
- Ukuran: Panjang = 30,98 ft
Lebar = 15,49 ft
Tinggi = 15 ft
- Jumlah: 1 buah

2. BELT CONVEYOR (J-112)

Fungsi : Untuk mengangkat copper oxides dari gudang copper oxides ke bin

Perhitungan :

$$\text{Kapasitas} = 6211,95 \text{ kg/jam} = 6,21 \text{ ton/jam} = 13694,86 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Kapasitas belt yang ditetapkan} = 14 \text{ ton/jam}$$

$$\text{Lebar} = 3,3 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang} = 14 \text{ ft}$$

$$\text{Slope} = 20^\circ$$

Menentukan power motor :

$$\text{HP} = \frac{F(L + L_o)(T + 0,03 Ws) + T \times \Delta Z}{990}$$

(G.G. Brown hal : 57)

Dimana : F = faktor friksi (= 0,05) untuk plan bearing

L = panjang conveyor (ft)

L_0 = 100 ft untuk plan bearing

S = kecepatan bucket

T = rate material (ton/jam)

ΔZ = kenaikan elevasi material = 6m = 20ft

W = berat bagian yang bergerak = 1 lb/in lebar = 39,6 lb/in lebar

Sehingga :

$$HP = \frac{0,05(14+100)(14 + (0,03 \times 100 \times 39,6)) + (14 \times 20)}{990}$$

$$HP = 1,05 \text{ HP}$$

Digunakan r_1 motor = 80%, maka :

$$\text{Power motor} = \frac{1,05}{80\%} = 1,31 \text{ HP} \approx 2 \text{ HP}$$

Spesifikasi alat :

- Fungsi : Memindahkan copper oxides dari gudang ke bin
- Nama : Belt Conveyor
- Tipe : Flat belt 20° idler
- Dimensi : panjang (L) = 14 ft
lebar = 3,3 ft
- Kecepatan : 100 ft/menit
- Power motor : 2 HP
- Bahan : Reinforced rubber
- Jumlah : 2 buah

3. BIN COPPER OXIDES (F-113)

Fungsi : Menampung Copper Oxides sebelum masuk reaktor

Tipe : Tangki silinder dengan bagian bawah berbentuk conis dengan sudut puncak 60°

Dasar perencanaan :

Suhu : 30°C

Massa bahan masuk : 6211,95 kg/jam = 13694,86 lb/jam

Densitas produk : 6,40 g/cm³ = 399,56 lb/ft³

Direncanakan bin digunakan untuk menampung bahan selama 1 jam

Perhitungan :**A. Menentukan diameter tangki**

Bahan yang ditampung = 13694,86 lb/jam x 1 jam = 13694,86 lb

$$\text{Volume bahan} = \frac{m}{\rho} = \frac{13694,86 \text{ lb}}{399,56 \text{ lb/ft}^3} = 34,27 \text{ ft}^3$$

Volume bahan mengisi bin 80% dari volume bin, maka :

$$\text{Volume bin} = \frac{\text{volume bahan}}{80\%} = \frac{34,27 \text{ ft}^3}{80\%} = 42,84 \text{ ft}^3$$

Ls = 1,5 di

$$\text{Volume bin} = \frac{\pi \cdot di^3}{24 \cdot \text{tg } 1/2 \alpha} + \frac{\pi}{4} di^2 Ls$$

$$42,84 \text{ ft}^3 = \frac{\pi \cdot di^3}{24 \cdot \text{tg } 30^\circ} + \frac{\pi}{4} di^2 (1,5 \text{ di})$$

$$42,84 \text{ ft}^3 = 0,23 di^3 + 1,18 di^3$$

$$42,84 \text{ ft}^3 = 1,41 di^3$$

$$di = 3,12 \text{ ft} = 37,45 \text{ in}$$

Menentukan tekanan design (Pi) :

Volume bahan dalam shell = volume bahan – volume conis

$$= 34,27 - \frac{\pi(3,12)^2}{24 \cdot \text{tg } 30^\circ}$$

$$= 32,08 \text{ ft}^3$$

$$\text{Tinggi CuO dalam shell} = \frac{\text{Volume bahan dalam shell}}{1/4\pi \cdot d^2}$$

$$= \frac{32,08}{1/4 \cdot \pi \cdot (3,12)^2}$$

$$= 4,20 \text{ ft}$$

$$\text{Tekanan hidrostatik(Ph)} = \frac{\rho(H-1)}{144}$$

$$= \frac{399,5645 \text{ lb/ft}^3(4,20-1)}{144}$$

$$= 8,87 \text{ psi}$$

$$\text{Tekanan design (Pi)} = 8,87 + 14,7 = 23,57 \text{ psia}$$

$$= 23,57 - 14,7 = 8,87 \text{ psig}$$

B Menentukan tebal silinder

Bahan : Carbon steel SA 240 Grade M Type 316

f allowable : 18750 psi (Brownell and Young, hal : 254)

Faktor korosi (C) : 1/16 in

Type pengelasan : double welded butt joint (E = 0,8)

Tekanan design (Pi) = 8,87 psig

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

$$ts = \frac{(8,87)(37,45)}{2((18750)(0,8) - (0,6) \cdot (8,87))} + \frac{1}{16}$$

$$ts = 0,07 + \frac{1}{16}$$

$$ts = \frac{2,18}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Standarisasi do :

$$do = di + 2 \cdot ts$$

$$do = 37,45 + 2(3/16)$$

$$do = 37,82 \text{ in}$$

Dari tabel 5-7 Brownell and Young, hal : 90 didapat harga :

$$do = 38$$

$$icr = 19/8$$

$$r = 36$$

Menentukan harga di baru :

$$di = do - 2 \cdot ts$$

$$di = 38 - 2(3/16)$$

$$di = 37,63 \text{ in} = 3,14 \text{ ft}$$

Cek hubungan Ls dengan di

$$\text{Volume bin} = \frac{\pi \cdot di^3}{24 \cdot \text{tg } 30^\circ} + \frac{\pi}{4} di^2 Ls$$

$$42,84 \text{ ft}^3 = \frac{\pi \cdot (3,14)^3}{24 \cdot \text{tg } 30^\circ} + \frac{\pi}{4} (3,14)^2 Ls$$

$$42,84 \text{ ft}^3 = 6,95 + 7,72 L_s$$

$$L_s = 4,65 \text{ ft}$$

$$\frac{L_s}{d_i} = \frac{4,65}{3,14} = 1,5 \geq 1,5 \quad (\text{memenuhi})$$

C. Menentukan tebal tutup bawah berbentuk conis

$$thb = \frac{\pi \cdot d_i}{2(f \cdot E - 0,6 \cdot \pi) \cos 30^\circ} + C$$

$$thb = \frac{(8,87)(3,14)}{2((18750)(0,8) - (0,6)(3,14) \cos 30^\circ)} + \frac{1}{16}$$

$$thb = 0,069 + \frac{1}{16}$$

$$thb = \frac{2,10}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

- Menentukan tinggi bin :

$$\text{Tinggi shell} = L_s = 4,65 \text{ ft} = 55,81 \text{ in}$$

Tinggi tutup bawah berbentuk conis :

$$\text{tg } 1/2\alpha = \frac{1/2 \cdot d_i}{h}$$

$$h = \frac{1/2 \cdot d_i}{\text{tg } 1/2\alpha} = \frac{1/2(3,14)}{\text{tg } 30^\circ}$$

$$h = 2,70 \text{ ft} = 32,44 \text{ in}$$

Tinggi bin = tinggi shell + tinggi tutup bawah

$$= 4,65 + 2,70$$

$$= 7,35 \text{ ft} = 88,24 \text{ in}$$

Spesifikasi peralatan :

- Fungsi : Untuk menampung copper oxides sebelum masuk reaktor
- Nama alat : Bin Copper Oxides
- Tipe : silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk conis dengan sudut puncak 60°
- Kapasitas : $42,84 \text{ ft}^3$
- Dimensi : Diameter dalam (di) = 3,14 ft
Tebal tutup bawah (thb) = 3/16 in
Tebal Silinder (ts) = 3/16 in

Tinggi tutup bawah (h) = 2,70 ft

Tinggi bin (H) = 7,35 ft

- Bahan Konstruksi : Carbon steel SA 240 Grade M Type 316
- Jumlah : 1 buah

4. Storage H₂SO₄ 60% (F-114)

Fungsi : Untuk tempat penyimpanan persediaan larutan H₂SO₄ 60% selama 7 hari

Tipe : Tangki berbentuk silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standard dished head dan tutup bawah plate datar.

Direncanakan :

- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA-240 grade M tipe 316
- Allowable stress : 18750
- Tipe pengelasan : Double Welded Butt Joint (E = 0,8)
- Faktor korosi : 1/16 in
- Waktu tinggal : 7 hari
- Fluida mengisi 80% storage

Dasar perencanaan :

- Massa bahan masuk : 6211,95 kg/jam = 13694,86 lb/jam
- Densitas bahan : 1,84 g/cm³ = 114,87 lb/ft³
- Suhu operasi : 30°C
- Tekanan operasi : 1 atm

Perhitungan

A. Menghitung volume tangki

Volume larutan H₂SO₄ selama waktu tinggal 7 hari

$$V_L = \frac{\text{massa liquida}}{\rho \text{ liquida}}$$

$$= \frac{787,3927 \text{ lb/jam} \times 24 \text{ jam} \times 7 \text{ hari}}{114,87 \text{ lb/ft}^3} = 20028,97 \text{ ft}^3$$

Liquida mengisi tangki sebesar 80% dari volume total

$$V_T = V_L + V_{RK}$$

$$V_T = 20028,97 + 0,2 V_T$$

$$V_T = 25036,22 \text{ ft}^3$$

Karena ada 15 storage maka :

$$V_T = \frac{25036,22}{15} = 1669,08 \text{ ft}^3$$

B. Menentukan diameter tangki

Asumsi $L_s = 0,5 \text{ di}$

(Ulrich Tab 4.27 hal 248)

$$V_T = V_{\text{shell}} + V_{\text{dish}}$$

$$V_T = \pi/4 \text{ di}^2 L_s + 2(0,0847\text{di}^3)$$

$$1669,08 = \pi/4 \text{ di}^2 (1,5 \text{ di}) + 0,1694\text{di}^3$$

$$1669,08 = 1,1775 \text{ di}^3 + 0,1694 \text{ di}^3$$

$$\text{Di} = 14,39 \text{ ft} = 172,69 \text{ in}$$

C. Menentukan tinggi liquida dalam silinder (hl)

$$V_L = 0,25 \pi \text{ di}^2 L_i$$

$$20028,97 = 0,785 (14,39)^2 L_i$$

$$L_i = h_l = 123,20 \text{ ft}$$

D. Menentukan tekanan design

$$P_{\text{hidrostatik}} = \frac{\rho(h_l - 1)}{144}$$

$$= \frac{114,87 \text{ lb/ft}^2 (123,20 - 1)\text{ft}}{144 \text{ in}^2}$$

$$= 97,48 \text{ psia}$$

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

$$= 14,7 \text{ psia} + 97,48 \text{ psia} = 112,18 \text{ psia}$$

$$= 102,11 \text{ psia} - 14,7 \text{ psia} = 97,48 \text{ psig}$$

F. Menentukan tebal tangki (ts)

$$T_s = \frac{P_i \times d_i}{2(f.E - 0,6 P_i)} + C$$

$$= \frac{97,48 \times 172,69}{2(18750 \times 0,8 - 0,6 \times 97,48)} + \frac{1}{16}$$

$$= 0,63 = \frac{3}{4} \text{ in}$$

Standardisasi do

$$D_o = d_i + 2t_s$$

$$= 172,69 + 2(3/4)$$

$$= 174,19 \text{ in}$$

Berdasarkan *Brownell and Young, tabel 5-7, hlm.91* diperoleh

$$d_o = 180 \text{ in}$$

$$i_{cr} = 11$$

$$r = 170$$

G. Menentukan harga di baru

$$D_i = d_o - 2 t_s$$

$$= 180 - 2 (3/4)$$

$$= 178,50 \text{ in} = 14,88 \text{ ft}$$

cek hubungan L_s dengan d_i

$$V_T = \pi/4 d_i^2 L_s + 0,0847 d_i$$

$$1669,08 = \pi/4 d_i^2 L_s + 0,0847 d_i^3$$

$$1669,08 = \pi/4 (14,88)^2 L_s + 0,0847(14,88)^3$$

$$L_s = 9,60 \text{ ft} = 115,23 \text{ in}$$

$$\text{Maka } \frac{L_s}{d_i} = 0,65 \geq 0,5 \text{ memenuhi}$$

H. Menentukan tebal tutup (tha)

Bentuk tutup atas adalah standard dished head

$$t_{ha} = \frac{0,885 \times P_i \times r}{f.E - 0,1 P_i} + C$$

$$= \frac{0,885 \times 97,48 \times 72}{(18750 \times 0,8) - (0,1 \times 97,48)} + \frac{1}{16}$$

$$= 1,04 = 1 \frac{1}{8} \text{ in}$$

I. Menentukan tinggi storage

Bentuk tutup atas adalah standard dished head

$$h_a = 0,169 \times d_i$$

$$= 0,169 \times 178,50 \text{ in}$$

$$= 30,17 \text{ in}$$

$$H = \text{tinggi silinder} + \text{tinggi tutup atas}$$

$$= 115,23 \text{ in} + 30,17 \text{ in}$$

$$= 145,39 \text{ in}$$

Spesifikasi Peralatan :

- Fungsi : Menyimpan dan tempat persediaan H_2SO_4 selama 7 hari
- Tipe : Tangki berbentuk silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standard dished head dan tutup bawah berbentuk plate datar.
- Bahan konstruksi : High Alloy Steel, SA-240, grade M, tipe 316
- Volume tangki : 1669,08 ft³
- Diameter dalam (di) : 14,88 ft
- Diameter luar (do) : 15 ft
- Tebal silinder (ts) : $\frac{3}{4}$ in
- Tinggi silinder (Ls) : 9,60 ft
- Tebal tutup atas (tha) : 1 $\frac{1}{8}$ in
- Tinggi tutup atas (ha) : 2,51 ft
- Tinggi Storage (H) : 12,12 ft
- Jumlah : 15 buah

5. POMPA (L-115)

Fungsi : Untuk memompa larutan H_2SO_4 dari storage ke tangki pengencer

Type : Rotary pump

Dasar perencanaan :

Rate liquid = 6211,95 kg/jam = 13694,86 lb/jam

ρ liquid = 1,84 g/cm³ = 114,87 lb/ft³

μ = 0,0013 lb/ft.detik (Perry, s edisi 6, hal 3-252)

Perhitungan :

A. Menghitung rate volumetrik

$$Q = \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} = \frac{13694,86 \text{ lb/jam}}{114,87 \text{ lb/ft}^3} = 119,22 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,03 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

B. Menentukan dimensi pipa

ID optimal = $3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13}$ (Peter and Timmerhauss pers.15 hal 496)

ID optimal = $3,9 \times (0,03)^{0,45} \times (114,87)^{0,13}$

ID optimal = 1,56 in.

Standarisasi ID = 2 in sch 40 (Geankoplis, App A.5 hal 892)

Sehingga diperoleh harga :

$$OD = 2,375 \text{ in} = 0,20 \text{ ft}$$

$$ID = 1,939 \text{ in} = 0,16 \text{ ft}$$

$$A = 0,0205 \text{ ft}^2$$

C. Menentukan laju aliran fluida

$$\text{Laju aliran fluida (V)} = \frac{Q}{A} = \frac{0,03 \text{ ft}^3/\text{detik}}{0,0205 \text{ ft}^2} = 1,62 \text{ ft/detik}$$

$$N_{Re} = \frac{D \times V \times \rho}{\mu} = \frac{(0,16 \text{ ft})(1,62 \text{ ft/detik})(114,87 \text{ lb/ft}^3)}{0,0013 \text{ lb/ft.detik}}$$

$$N_{Re} = 23065,06 \quad (\text{aliran turbulen})$$

D. Menentukan panjang pipa dan friction loss

Digunakan bahan pipa yang terbuat dari commercial steel (*Geankoplis hal 88*)

Sehingga diperoleh :

$$\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} = 0,000151 \text{ ft}$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,000151}{0,16} = 0,000935$$

$$f = 0,007$$

(*Geankoplis, fig 2.10-3 hal 88*)

Direncanakan panjang pipa 43 ft

No.	Nama	Jumlah	Kf	ΣKf
1.	Elbow 90°	3	0,75	2,25
2.	Globe valve	1	1	6
3.	Gate Valve	1	4,5	4,5
Jumlah				12,75

$$K_{ex} = \left[1 - \frac{A_1}{A_2} \right]^2 = (1 - 0)^2 = 1 \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-15 hal 93})$$

$$K_c = 0,55 \left[1 - \frac{A_1}{A_2} \right]^2 = 0,55(1 - 0)^2 = 0,55 \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-16 hal 93})$$

$$\Sigma F = \left(4 \times f \times \frac{\Delta L}{D} + K_{ex} + K_c + K_f \right) \times \frac{V^2}{2} \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-19 hal 94})$$

$$\Sigma F = \left(4 \times 0,007 \times \frac{43}{0,16} + 1 + 0,55 + 12,75 \right) \times \frac{(1,62)^2}{2}$$

$$\Sigma F = 28,38 \text{ lb.ft/lbm}$$

E. Menentukan daya pompa :

$$\left(\frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} \right) + \left(\frac{\Delta Z}{g_c} \right) + \left(\frac{\Delta P}{\rho} \right) + \Sigma F + W_s = 0 \quad (\text{Geankoplis, per 2.7-28 hal 97})$$

Direncanakan :

$$\Delta Z = 8 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta V = 1,62 \text{ ft/detik}$$

Sehingga diperoleh harga :

$$- W_s = \left(\frac{(1,62)^2}{2 \times 1 \times 32,2} \right) + \left(\frac{8 \times 9,8}{32,2} \right) + \left(\frac{0}{114,87} \right) + 28,38$$

$$- W_s = 30,86$$

$$WHP = \frac{(-W_s) \times Q \times \rho}{550}$$

$$WHP = \frac{30,86 \times 0,03 \times 114,87}{550} = 0,21 \text{ Hp} \approx 1 \text{ Hp}$$

$$\text{Kapasitas} = \frac{(13694,86 \text{ lb/jam})(7,481 \text{ gal/ft}^3)}{(60 \text{ menit/jam})(62,9297 \text{ lb/ft}^3)} = 27,13 \text{ gpm}$$

Maka daya pompa = 45 % (Peter & Timmerhauss, fig 14-37 hal 520)

$$BHP = \frac{WHP}{\eta \text{ pompa}} = \frac{1}{0,45} = 2,22 \text{ Hp}$$

η motor = 84% (Peter & Timmerhauss, fig 14-38 hal 521)

$$\text{Daya motor} = \frac{BHP}{\eta \text{ motor}} = \frac{2,22}{0,84} = 2,65 \text{ Hp} \approx 3 \text{ Hp}$$

Spesifikasi peralatan :

- Nama : Pompa
- Type : Rotary pump
- Daya pompa : 3 Hp
- Efisiensi pompa : 45%
- Efisiensi motor : 84%
- Bahan : Carbon steel SA 283 Grade C
- Jumlah : 15 buah

6. Tangki Pengencer H₂SO₄ (M-116)

Fungsi : Untuk mengencerkan larutan H₂SO₄ 60% menjadi larutan H₂SO₄ 14%

Type : Silinder tegak dengan tutup bawah dan tutup atas berbentuk standar dished yang dilengkapi pengaduk type turbulen impeller with 6 flat blades at 45°

Dasar perancangan :

Bahan masuk = 13666,29 kg/jam = 30128,70 lb/jam

ρ campuran = 86,12 lb/ft³

Suhu operasi = 30°C

Direncanakan proses berjalan secara kontinu dengan waktu tinggal 1 jam

Perhitungan :

A. Menentukan diameter tangki

Larutan H₂SO₄ yang ditampung = 13666,29 lb/jam x 1 jam = 13666,29 lb

$$\text{Volume larutan H}_2\text{SO}_4 = \frac{m}{\rho} = \frac{13666,29 \text{ lb}}{86,12 \text{ lb/ft}^3} = 349,85 \text{ ft}^3$$

Volume larutan H₂SO₄ mengisi 80% dari volume mixer, maka :

$$\text{Volume tangki} = \frac{\text{volume larutan H}_2\text{SO}_4}{80\%} = \frac{349,85 \text{ ft}^3}{80\%} = 437,31 \text{ ft}^3$$

Asumsi : Ls = 1,5 di

$$\text{Volume tangki pengencer} = 0,0847 d^3 + \frac{\pi}{4} di^2 Ls + 0,0847 d^3$$

$$437,31 \text{ ft}^3 = 0,0847 d^3 + \frac{\pi}{4} di^2 (1,5 di) + 0,0847 d^3$$

$$437,31 \text{ ft}^3 = 0,0847 d^3 + 1,1775 di^3 + 0,0847 d^3$$

$$437,31 \text{ ft}^3 = 1,3469 di^3$$

$$di = 6,87 \text{ ft} = 82,48 \text{ in}$$

B Menentukan tekanan design (Pi) :

$$\begin{aligned} \text{Volume larutan H}_2\text{SO}_4 \text{ dalam shell} &= \text{volume larutan H}_2\text{SO}_4 - \text{volume tutup bawah} \\ &= 349,85 - (0,0847 (6,87)^3) \\ &= 322,35 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi liquida dalam shell (H)} = \frac{\text{Volume larutan H}_2\text{SO}_4 \text{ dalam shell}}{1/4 \pi \cdot (d)^2}$$

$$= \frac{322,35}{1/4 \cdot \pi \cdot (6,87)^2} = 8,69 \text{ ft}$$

$$\text{Tekanan hidrostatik (Ph)} = \frac{\rho(H-1)}{144} = \frac{86,12 \text{ lb/ft}^3 (8,69 \text{ ft}^3 - 1)}{144 \text{ in}^2}$$

$$= 4,60 \text{ psia}$$

$$\text{Tekanan design (Pi)} = 4,60 \text{ psia} + 14,7 \text{ psia}$$

$$= 19,30 \text{ psia} - 14,7$$

$$= 4,60 \text{ psig}$$

C. Menentukan tebal silinder :

Bahan : Stainless steel SA 240 Grade M Type 316

f allowble : 18750 psi (*Brownell and Young, hal : 254*)

Faktor korosi (C) : 1/16 in

Type pengelasan : double welded butt joint (E = 0,8)

Tekanan design (Pi) : 1,8769 psig

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

$$ts = \frac{(4,60) (82,48)}{2((18750)(0,8) - (0,6) \cdot (4,60))} + \frac{1}{16}$$

$$ts = 0,08 + \frac{1}{16}$$

$$ts = \frac{2,20}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Standarisasi do :

$$do = di + 2 \cdot ts$$

$$= 82,48 + 2(3/16)$$

$$= 82,85 \text{ in}$$

Dari tabel 5-7 *Brownell and Young, hal : 90* didapat harga :

$$do = 84 \text{ in}$$

$$icr = 5,13 \text{ in}$$

$$r = 84 \text{ in}$$

Menentukan harga di baru :

$$di = do - 2 \cdot ts$$

$$di = 84 - 2 (3/16)$$

$$d_i = 83,63 \text{ in} = 6,97 \text{ ft}$$

Cek hubungan L_s dengan d_i :

$$\text{Volume tangki pengencer} = 0,0847 d^3 + \frac{\pi}{4} d_i^2 L_s + 0,0847 d^3$$

$$437,31 \text{ ft}^3 = 0,0847 d^3 + \frac{\pi}{4} d_i^2 L_s + 0,0847 d^3$$

$$437,31 \text{ ft}^3 = 0,0847 (6,97)^3 + \frac{3,14}{4} (6,97)^2 L_s + 0,0847 (6,97)^3$$

$$L_s = 9,97 \text{ ft}$$

$$\frac{L_s}{d_i} = \frac{9,97}{6,97} = 1,5 \geq 1,5 \text{ (memenuhi)}$$

D. Menentukan tebal tutup atas berbentuk standart dished :

$$t_{ha} = \frac{0,885 \times P_i \times r}{f \times E - 0,6 \times P_i} + C$$

$$t_{ha} = \frac{0,885(4,60)(84)}{(18750)(0,8) - (0,6)(4,60)} + \frac{1}{16}$$

$$t_{ha} = 0,07 + \frac{1}{16}$$

$$t_{ha} = \frac{2,18}{16} \approx \frac{3}{16}$$

E. Menentukan tebal tutup bawah berbentuk standart dished :

$$t_{hb} = \frac{0,885 \times P_i \times r}{f \times E - 0,6 \times P_i} + C$$

$$t_{hb} = \frac{0,885(4,60)(84)}{(18750)(0,8) - (0,6)(4,60)} + \frac{1}{16}$$

$$t_{hb} = 0,07 + \frac{1}{16}$$

$$t_{hb} = \frac{2,18}{16} \approx \frac{3}{16}$$

F. Menentukan tinggi tangki pengencer

$$\text{Tinggi shell} = L_s = 9,97 \text{ ft} = 119,61 \text{ in}$$

Tinggi tutup atas berbentuk standart dished :

$$h_a = 0,169 \times d_i = 0,169 \times 83,63 = 14,13 \text{ in}$$

Tinggi tutup bawah berbentuk standart dished :

$$h_b = 0,169 \times d_i = 0,169 \times 83,63 = 14,13 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tangki pengencer} &= \text{tinggi shell} + \text{tinggi tutup atas} + \text{tinggi tutup bawah} \\ &= 119,61 \text{ in} + 14,13 \text{ in} + 14,13 \text{ in} \\ &= 147,87 \text{ in} = 12,32 \text{ ft} \end{aligned}$$

G. Tinggi liquida dalam tangki

$$\begin{aligned} \text{Tinggi liquida dalam tangki (H}_l\text{)} &= H + h_b \\ &= 147,87 + 14,13 \\ &= 162,01 \text{ in} = 13,50 \text{ ft} \end{aligned}$$

H. Perencanaan pengaduk

Digunakan pengaduk jenis axial turbine 4 blades at 45° angle (*Brown, hal 577*)

Data – data jenis pengaduk :

$$D_t/D_i = 3,0$$

$$Z_i/D_i = 0,75 - 1,3$$

$$Z_l = 2,7 - 3,9$$

$$W/D_i = 0,17$$

(*Brown, hal 577*)

Dimana :

D_t = diameter dalam tangki

D_i = diameter impeller

Z_i = tinggi impeller dari dasar tangki

Z_l = tinggi zat cair dalam silinder

W = lebar baffle impeller

- Menentukan diameter impeller

$$D_t/D_i = 3$$

$$D_i = \frac{D_t}{3} = \frac{83,63 \text{ in}}{3} = 27,88 \text{ in} = 2,32 \text{ ft}$$

- Menentukan tinggi impeller dari dasar tangki

$$Z_i/D_i = 0,75 - 1,3 \quad (\text{diambil } 0,8)$$

$$Z_i = 0,8 D_i = 0,8 \times 27,88 \text{ in}$$

$$= 22,30 \text{ in} = 1,86 \text{ ft}$$

- Menentukan panjang impeller

$$\frac{L}{D_i} = \frac{1}{3}$$

$$L = \frac{1}{3} D_i = 9,29 \text{ in} = 0,77 \text{ ft}$$

- Menentukan lebar impeller

$$\frac{W}{D_i} = 0,17$$

$$W = (27,88) (0,17) \\ = 4,74 \text{ in} = 0,39 \text{ ft}$$

- Menentukan daya pengaduk

$$N_{Re} = \frac{n \times D_i^2 \times \rho}{\mu}$$

$$P = \frac{\Phi \times \rho \times n^3 \times D_i^5}{g_c} \quad (\text{Brown, hal 507})$$

Dimana : n = putaran pengaduk ditetapkan 100 rpm = 1,67 rps

D_i = diameter impeller (ft)

P = Daya motor (lbf ft/detik)

ρ = 83,6437 lb/ft³

μ = 0,00102 lb/ft s

g_c = 32,2 lb.ft/det².lbf = 115920 lb.ft/men².lbf

Φ = 4

(GG Brown, Fig 477 hal 507)

Sehingga :

$$N_{Re} = \frac{1,67 \times (2,32)^2 \times 86,12}{0,00102}$$

$$N_{Re} = 760821,88 \text{ (turbulen)}$$

$$P = \frac{0,9 \times 86,12 \times (1,67)^3 \times (2,32)^5}{32,2}$$

$$P = 758,23 \text{ lb.f/detik} = 1,38 \text{ Hp}$$

Ditetapkan : η motor = 80 %

η pengaduk = 60 %

$$\text{Maka : } P = \frac{1,38 \text{ Hp}}{0,8 \times 0,6} = 2,67 \text{ Hp} \sim 3 \text{ Hp}$$

Spesifikasi peralatan :

- Nama : Tangki pengencer larutan H₂SO₄

- Jenis : Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk standart dished, tutup atas berbentuk standart dished dan dilengkapi pengaduk
- Dimensi vessel :

Diameter luar (do)	= 84 in
Diameter dalam (di)	= 83,63 in
Tebal silinder (ts)	= 3/16 in
Tebal tutup atas (tha)	= 3/16 in
Tebal tutup bawah (thb)	= 3/16 in
Tinggi tutup atas (ha)	= 14,13 in
Tinggi tutup bawah (hb)	= 14,13 in
Tinggi tangki (H)	= 147,87 in
- Bahan : Stainless steel SA 240 Grade M Type 316
- Jumlah : 1 buah
- Jenis pengaduk: axial turbine 6 blades at 45° angle
- Dimensi pengaduk :

Diameter impeller (Di)	= 27,88 in
Tinggi Impeller dari dasar tangki (Zi)	= 22,30 in
Panjang Impeler (L)	= 9,29 in
Lebar Impeler (W)	= 4,74 in
- Daya pengaduk : 3 hp
- Bahan : Stainless steel, SA 240 grade M type 316

7. CENTRIFUGE (H-126)

Fungsi : Untuk memisahkan Kristal CuSO_4 dengan mother liquor

Type : Centrifugal basket centrifuge

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-240 grade M Type 316

Kondisi Operasi :

Rate = 7530,40 kg/jam = 16601,52 lb/jam

P = 14,70 psi

T = 100 °C

Dari G. G. Brown di dapatkan:

Diameter = 30 in

Kecepatan putar = 1200 rpm

Power yang dibutuhkan:

$$HP = 5,167 \times 10^{-9} \times G \times R^2 \times (\text{rpm})^2$$

Dimana:

HP = power teoritis

G = through putara 364,52 lb/menit

R = jari-jari silinder 30/2 in = 15 in = 1,25 ft

Sehingga:

$$\begin{aligned} HP &= 5,167 \times 10^{-9} \times 364,52 \times (1,25)^2 \times (1200)^2 \\ &= 4,24 \text{ HP} \end{aligned}$$

Efisiensi mekanik = 60%

$$\text{Jadi power motor} = \frac{4,24}{0,6} = 7,063 = 7 \text{ HP}$$

Spesifikasi alat:

- Nama : Centrifuge
- Fungsi : Untuk memisahkan Kristal CuSO_4 dengan mother liquor
- Type : Recyprocoating pusper, single stage with cylinder screen
- Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-53 Grade A
- Diameter centrifuge : 30 in
- Putaran : 1200 rpm
- Power : 7 Hp
- Jumlah : 1 buah

8. FILTER UDARA (H-132)

Fungsi : Menyaring debu yang terdapat dalam udara

Tipe : Dry filter

Perhitungan :

Udara kering yang dibutuhkan = 2743,05 kg/jam = 6047,34 lb/jam

Suhu udara masuk = 30°C

$$\rho \text{ udara } (30^\circ\text{C}) = 1,17 \text{ kg/m}^3 = 0,08 \text{ lb/ft}^3$$

(Geankoplis, App.3-3)

$$\begin{aligned} \text{Rate volume udara} &= \frac{\text{udara kering yang dibutuhkan}}{\rho \text{ udara}} \\ &= \frac{2743,05 \text{ kg/jam}}{1,17 \text{ kg/m}^3} \end{aligned}$$

$$= 77184,45 \text{ ft}^3/\text{jam} = 1286,41 \text{ ft}^3/\text{menit}$$

Berat debu dalam udara = $1 \text{ gr}/1000 \text{ ft}^3$ (Perry's edisi 6, Tabel 20-39)

$$\begin{aligned} \text{Berat debu dalam udara proses} &= \frac{1 \text{ gr}}{1000 \text{ ft}^3} \times 1286,41 \text{ ft}^3/\text{menit} \\ &= 1,29 \text{ g/menit} \end{aligned}$$

Dari Perry's edisi 6 tabel 20 – 38, hal 20-43 didapat :

Ukuran dry filter = $24 \times 24 \text{ ft}$

Kapasitas 1 filter = $5000 \text{ ft}^3/\text{menit}$, sehingga :

$$N = \frac{1286,41 \text{ ft}^3/\text{menit}}{5000 \text{ ft}^3/\text{menit}} = 0,26 \approx 1 \text{ buah}$$

Sehingga dibutuhkan 1 buah dry filter.

Spesifikasi Peralatan :

- Nama : Filter udara
- Fungsi : Menyaring debu yang terdapat dalam udara
- Type : Dry filter
- Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-135 grade M
- Kapasitas : $5000 \text{ ft}^3/\text{menit}$
- Rate volume udara : $1286,41 \text{ ft}^3/\text{menit}$
- Ukuran : $(24 \times 24) \text{ ft}$
- Jumlah : 1 buah

9. BLOWER (G-133)

Fungsi : Menghembuskan udara menuju rotary dryer

Tipe : Centrifugal blower

Perhitungan :

$$\text{Rate udara} = 2743,05 \text{ kg/jam} = 6047,34 \text{ lb/jam}$$

$$T \text{ udara} = 30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$$

$$\rho \text{ udara } (30^\circ\text{C}) = 1,17 \text{ kg/m}^3 = 0,08 \text{ lb/ft}^3 \quad (\text{Geankoplis, App.3-3})$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik udara} &= \frac{\text{Udara kering yang dibutuhkan}}{\rho_{\text{udara}}} \\ &= \frac{6047,34 \text{ lb/jam}}{0,08 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 77184,45 \text{ ft}^3/\text{jam} = 1286,41 \text{ ft}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

Menentukan daya blower :

$$H_p = \frac{144 \times Q \times (P_1 - P_2)}{33000} \quad (\text{Perry, s edisi 6, hal 14-13})$$

Dimana :

H_p = daya blower yang dibangkitkan (Hp)

Q = rate volumetric udara masuk (ft^3/menit)

$P_1 - P_2$ = beda tekanan dalam blower = $0,5 - 10 \text{ lb/in}^2$ (Perry, s edisi 5, hal 6-20)

Maka :

$$HP = \frac{144 \times (1286,41 \text{ ft}^3/\text{menit}) \times (0,5 \text{ lb/in}^2)}{33000}$$

$$= 2,81 \text{ Hp}$$

η motor = 85%

(Peter and Timmerhaus, hal 521)

$$\text{Daya motor} = \frac{2,81}{0,85} = 3,30 \text{ Hp} \approx 4 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Peralatan :

- Nama : Blower
- Fungsi : Menghembuskan udara menuju Rotary Dryer
- Type : Centrifugal blower
- Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-240 grade M Type 316
- Power motor : 4 Hp
- Jumlah : 1 buah

10. BUCKET ELEVATOR (J-135)

Fungsi : Untuk memindahkan produk dari rotary dryer ke bin produk

Dasar perencanaan :

- Massa : 5050,51 kg/jam
- Density : 98,7208 lb/ft^3
- Bahan konstruksi : Carbon Steel

Perhitungan :

Dari tabel 2-2 Vilbrant, hal. 23, didapat faktor keamanan 20 % maka kapasitas bucket sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Bucket Elevator} &= 1,2 \times 5050,51 \text{ kg/jam} \\ &= 6060,61 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tinggi Bucket elevator = 8 m = 26,2464 ft

(Ulrich hal 71 tabel 4-4)

Perry 7th ed, tabel 21-8, didapat :

- Ukuran Bucket = (6x4x4,5) in
- Kapasitas = 14 ton/jam
- Size of lumps handled = 1 in
- Bucket Speed = 225 ft/menit
- Hp required at head shaft = 1,6 HP
- Head Shaft = 43 rpm
- Bucket Spacing = 14 in
- Lebar belt = 9 in
- Shaft Diameter
 - Head = 1 15/16 in
 - Tail = 1 11/16 in
- Pulley Diameter
 - Head = 20 in
 - Tail = 14 in

Untuk kapasitas 5050,51 kg/jam

Kecepatan Bucket :

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Bucket} &= \frac{5050,51 \text{ kg/jam}}{14000 \text{ kg/jam}} \times 225 \text{ ft/menit} \\ &= 81,17 \text{ ft/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Putaran head shaft} &= \frac{5050,51 \text{ kg/jam}}{14000 \text{ kg/jam}} \times 43 \text{ rpm} \\ &= 15,51 \text{ rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya pada head shaft} &= \frac{5050,51 \text{ kg/jam}}{14000 \text{ kg/jam}} \times 1,6 \text{ HP} \\ &= 0,58 \text{ HP} \end{aligned}$$

Spesifikasi Peralatan :

- Nama : Bucket Elevator
- Fungsi : Untuk memindahkan produk dari Rotary Dryer ke bin produk
- Type : Sentrifugal Discharge bucket on belt conveyor
- Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-240 grade M Type 316

- Jumlah : 1 buah
- Daya motor : 1 Hp
- Kapasitas : 5050,51 lb/jam
- Kecepatan Bucket Elevator : 81,17 ft/menit
- Jumlah : 1 buah

11. BIN PRODUK (F-137)

Fungsi : Menampung produk sebelum dikemas

Type : Tangki silinder dengan bagian bawah berbentuk conis dengan sudut puncak 60° dan bagian atas flat (datar)

Dasar perencanaan :

Suhu : 30°C

Massa bahan masuk : 5050,51 kg/jam = 11134,35 lb/jam

Densitas produk : 191,03 lb/ft³

Direncanakan bin digunakan untuk menampung bahan selama 1 jam

Perhitungan :

Menentukan diameter tangki

Bahan yang ditampung = 11134,35 lb/jam × 1 jam
= 11134,35 lb

$$\text{Volume bahan} = \frac{m}{\rho} = \frac{11134,35 \text{ lb}}{191,03 \text{ lb/ft}^3} = 58,29 \text{ ft}^3$$

Volume bahan mengisi 80% dari volume bin, maka :

$$\text{Volume bin} = \frac{\text{volume CuSO}_4}{80\%} = \frac{58,29 \text{ ft}^3}{80\%} = 72,86 \text{ ft}^3$$

Ls = 1,5 di

$$\text{Volume bin} = \frac{\pi \cdot di^3}{24 \cdot \text{tg } 1/2\alpha} + \frac{\pi}{4} di^2 Ls$$

$$72,86 \text{ ft}^3 = \frac{\pi \cdot di^3}{24 \cdot \text{tg } 30^\circ} + \frac{\pi}{4} di^2 (1,5 di)$$

$$72,86 \text{ ft}^3 = 0,23 di^3 + 1,18 di^3$$

$$72,86 \text{ ft}^3 = 1,4041 di^3$$

$$di = 3,73 \text{ ft} = 44,76 \text{ in}$$

Menentukan tekanan design (Pi) :

Volume bahan dalam shell = volume bahan – volume conis

$$= 58,29 - \frac{\pi(3,73)^2}{24 \cdot \text{tg } 30^\circ}$$

$$= 55,15 \text{ ft}^3$$

Tinggi produk dalam shell (H) = $\frac{\text{volume bahan dalam shell}}{1/4 \cdot \pi \cdot d^2}$

$$= \frac{55,15}{1/4 \cdot \pi \cdot (3,73)^2}$$

$$= 5,05 \text{ ft}$$

Tekanan hidrostatik (Ph) = $\frac{\rho(H-1)}{144}$

$$= \frac{191,03 \text{ lb/ft}^3 (5,05 - 1)}{144}$$

$$= 5,37 \text{ psi}$$

Tekanan design (Pi) = $5,37 + 14,7 = 20,07 \text{ psia}$

$$= 20,07 - 14,7 = 5,37 \text{ psig}$$

Menentukan tebal silinder

Bahan : Carbon steel SA 240 Grade M Type 316

f allowable : 18750 psi (Brownell and Young, hal : 254)

Faktor korosi (C) : 1/16 in

Type pengelasan : double welded butt joint (E = 0,8)

Tekanan design (Pi) = 5,37 psig

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

$$ts = \frac{(5,37)(44,76)}{2((18750)(0,8) - (0,6) \cdot (5,37))} + \frac{1}{16}$$

$$ts = 0,07 + \frac{1}{16}$$

$$ts = \frac{2,13}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Standarisasi do :

$$do = di + 2 \cdot ts$$

$$do = 44,76 + 2(3/16)$$

$$d_o = 45,13 \text{ in}$$

Dari tabel 5-7 Brownell and Young, hal : 90 didapat harga :

$$d_o = 48$$

$$i_{cr} = 3 \text{ in}$$

$$r = 48$$

Menentukan harga di baru :

$$d_i = d_o - 2 \cdot t_s$$

$$d_i = 48 - 2(3/16)$$

$$d_i = 47,63 \text{ in} = 3,97 \text{ ft}$$

Cek hubungan Ls dengan di

$$\text{Volume bin} = \frac{\pi \cdot d_i^3}{24 \cdot \text{tg } 30^\circ} + \frac{\pi}{4} d_i^2 L_s$$

$$72,86 \text{ ft}^3 = \frac{\pi \cdot (3,97)^3}{24 \cdot \text{tg } 30^\circ} + \frac{\pi}{4} (3,97)^2 L_s$$

$$72,86 \text{ ft}^3 = 4,73 + 12,37 L_s$$

$$L_s = 5,51 \text{ ft}$$

$$\frac{L_s}{d_i} = \frac{5,51}{3,974} = 1,5 \geq 1,5 \quad (\text{memenuhi})$$

Menentukan tebal tutup bawah berbentuk conis

$$thb = \frac{\pi \cdot d_i}{2(f \cdot E - 0,6 \cdot \pi) \cos 30^\circ} + C$$

$$thb = \frac{(5,37)(47,63)}{2((18750)(0,8) - (0,6)(5,37)) \cos 30^\circ} + \frac{1}{16}$$

$$thb = 0,07 + \frac{1}{16}$$

$$thb = \frac{2,07}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Menentukan tinggi bin :

$$\text{Tinggi shell} = L_s = 5,51 \text{ ft}$$

Tinggi tutup bawah berbentuk conis :

$$\text{tg } 1/2\alpha = \frac{1/2 \cdot d_i}{h}$$

$$h = \frac{1/2.d}{\text{tg } 1/2\alpha} = \frac{1/2(3,97)}{\text{tg } 30^\circ}$$

$$h = 3,42 \text{ ft} = 41,06 \text{ in}$$

Tinggi bin = tinggi shell + tinggi tutup bawah

$$= 5,51 + 3,42$$

$$= 8,93 \text{ ft} = 107,15 \text{ in}$$

Spesifikasi peralatan :

- Nama : Bin CuSO₄
- Fungsi : Menampung produk sebelum dikemas
- Type : Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk conis dengan sudut puncak 60° dan tutup atas berbentuk flat (datar)
- Bahan Konstruksi : Carbon Steel 240 grade M type 316
- Jumlah : 1 buah
- Kapasitas : 72,86 ft³
- Dimensi : Diameter Dalam (di) = 47,63 in
 Tebal Tutup Bawah (thb) = 3/16 in
 Tebal Silinder (ts) = 3/16 in
 Tinggi tutup bawah (hb) = 3,42 ft = 41,06 in
 Tinggi bin (H) = 8,93 ft = 107,15 in

12. MESIN PENGEMAS (J-138)

Fungsi : Untuk mengemas produk CuSO₄ dari bin produk kedalam plastic bag

Kapasitas bahan masuk = 5050,51 kg/jam = 11134,35 lb/jam

Kapasitas mesin = 11134,35 lb/jam x 2 jam = 22268,71 lb

Densitas bahan = 191,03 lb/ft³

$$\text{Volume mesin} = \frac{22268,71 \text{ lb}}{191,03 \text{ lb/ft}^3} = 116,57 \text{ ft}^3$$

Spesifikasi Peralatan :

- Nama : Mesin pengemas
- Fungsi : Untuk mengemas produk CuSO₄ dari bin produk kedalam plastik bag

- Bahan konstruksi : Carbon steel
- Kapasitas bahan masuk : 5050,51 lb/jam
- Kapasitas mesin : 22268,71 lb
- Jumlah : 1 buah

13. GUDANG PRODUK (F-139)

Fungsi : untuk menyimpan produk CuSO_4

Dasar perancangan :

Suhu gudang : 30°C

Tekanan : 1 atm

Waktu tinggal : 30 hari

Massa produk : 5050,51 kg/jam = 11134,35 lb/jam

Densitas produk : 191,03 lb/ft³

Volume produk mengisi gudang diasumsikan : 80% dari volume gudang

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik} &= \frac{\text{massa bahan}}{\text{densitas}} \\ &= \frac{11134,35}{191,03} \\ &= 58,29 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume produk} &= 58,29 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 30 \text{ hari} \times 24 \text{ jam} \\ &= 41965,84 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Menentukan Volume Gudang

Volume ruang kosong = 20% Volume gudang

Volume Bahan = 80% Volume gudang

Vol. gudang = Vol. bahan + Vol. ruang kosong

$$\text{Vol. gudang} = 41965,84 + 0,2V_t$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. gudang} &= \frac{41965,84}{0,8} \\ &= 52457,30 \end{aligned}$$

Volume total = $p \times l \times t$

Direncanakan: Tinggi = 15 ft = 4,57 m

$$l : p = 1 : 2$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\text{Vol gudang}}{t} \\
 &= \frac{52457,30 \text{ ft}^3}{15 \text{ ft}} \\
 &= 3497,15
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Vol. total} &= p \times l \times t \\
 52457,30 &= p \times \frac{1}{2} p \times 15 \\
 7,5 p^2 &= 52457,30 \\
 p^2 &= 6994,31 \text{ ft}^2 \\
 p &= 83,63 \text{ ft} \\
 l &= 41,82 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi alat :

- Nama : Gudang produk
- Fungsi : Untuk menyimpan produk CuSO_4
- Bahan : Beton
- Kapasitas : $52457,30 \text{ ft}^3$
- Ukuran : Panjang= 83,63 ft
Lebar = 41,82 ft
Tinggi = 15 ft
- Jumlah : 1 buah

14. ROTARY VACUUM FILTER (H-121)

Fungsi : Untuk memisahkan cake dari filtrat

Type : Rotary Drum Vacuum Filter

Perhitungan :

$$\text{Kapasitas Cake} = 62,72 \text{ kg/jam} = 138,27 \text{ lb/jam}$$

$$\rho \text{ campuran} = 201,88 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Rate cake} = \frac{138,27 \text{ lb/jam}}{201,88 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 0,68 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,011 \text{ ft}^3/\text{menit}$$

$$\text{Tebal Cake} = \frac{1}{4} \text{ in}$$

(Perry Edisi 6 hal 19-79)

Dalam 1 menit terdapat $\frac{1}{2}$ putaran maka untuk 1 jam = 60 menit x $\frac{1}{2}$ putaran

= 30 putaran

$$\begin{aligned}\Sigma \text{ bahan yang diputar} &= \frac{\text{kapasitas cake}}{\text{banyaknya putaran}} \\ &= \frac{138,27 \text{ lb/jam}}{30 \text{ putaran}} \\ &= 4,61 \text{ lb/putaran}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume bahan yang diputar} &= \frac{\Sigma \text{ bahan yang diputar}}{\rho_{\text{campuran}}} \\ &= \frac{4,61 \text{ lb/jam}}{201,88 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 0,02 \text{ ft}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas Cake} &= \frac{\text{vol cake}}{\text{tebal cake}} \\ &= \frac{0,02 \text{ ft}^3/\text{put}}{0,25/12} = 291,90 \text{ ft}^2 = 1,10 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Luas Drum} = 2 \times \pi \times D \times L$$

Dari Ulrich tabel 4-23 hal 222 didapatkan $D = 1 \text{ m} = 3,2808 \text{ ft}$

$$0,11 = 2 \times 3,14 \times 1 \times L$$

$$291,90 = 6,28 L$$

$$L = 0,2 \text{ ft}^2$$

Menentukan power Total

$$\text{Power Total} = A^{0,75} - 2A^{0,75}$$

(Ulrich, Hal 222)

$$\text{Dipilih } A^{0,75}$$

$$\text{Maka } = A^{0,75}$$

$$= (0,2)^{0,75}$$

$$= 0,047 \text{ kw} \times 1 \text{ Hp}/0,74570 \text{ Kw}$$

$$= 0,06 \text{ Hp} \approx 1 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Peralatan :

- Fungsi : untuk memisahkan cake dari filtrat
- Nama alat : Rotary Vacuum Filter
- Type : Rotary drum vacuum filter
- Bahan : Carbon Steel SA-240 grade M Type 316

- Volume bahan yang diputar : 6,08 ft³/jam
- Luas Cake : 291,90 ft²
- Diameter Drum (D) : 3,2808 ft
- Luas Drum (L) : 46,48 ft
- Daya Total : 1 Hp
- Jumlah : 1 buah

15. POMPA H₂SO₄ 30% (L-117)

Fungsi : Untuk mempompa larutan H₂SO₄ dari tangki pengencer larutan H₂SO₄ ke reaktor

Type : Rotary pump

Dasar perencanaan :

Rate liquid = 13666,29 kg/jam = 30128,70 lb/jam

ρ liquid = 86,12 lb/ft³

μ = 0,00092 lb/ft.detik

Perhitungan :

A. Menghitung rate volumetrik

$$Q = \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} = \frac{30128,70 \text{ lb/jam}}{86,12 \text{ lb/ft}^3} = 349,85 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,10 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

B. Menentukan dimensi pipa

$$\text{ID optimal} = 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peter and Timmerhauss pers.15 hal 496})$$

$$\text{ID optimal} = 3,9 \times (0,10)^{0,45} \times (86,12)^{0,13}$$

$$\text{ID optimal} = 2,44 \text{ in.}$$

$$\text{Standarisasi ID} = 2,5 \text{ in sch 40} \quad (\text{Geankoplis, App A.5 hal 892})$$

Sehingga diperoleh harga :

$$\text{OD} = 2,875 \text{ in} = 0,24 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 2,469 \text{ in} = 0,21 \text{ ft}$$

$$A = 0,03322 \text{ ft}^2$$

C. Menentukan laju aliran fluida

$$\text{Laju aliran fluida (V)} = \frac{Q}{A} = \frac{0,10 \text{ ft}^3/\text{detik}}{0,03322 \text{ ft}^2} = 2,93 \text{ ft/detik}$$

$$N_{Re} = \frac{D \times V \times \rho}{\mu} = \frac{(0,21 \text{ ft})(2,93 \text{ ft/detik})(86,12 \text{ lb/ft}^3)}{0,00092 \text{ lb/ft.detik}}$$

$$N_{Re} = 56341,75 \text{ (aliran turbulen)}$$

D. Menentukan panjang pipa dan friction loss

Digunakan bahan pipa yang terbuat dari commercial steel (*Geankoplis hal 88*)

Sehingga diperoleh :

$$\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} = 0,000151 \text{ ft}$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,000151}{0,21} = 0,000734 \text{ FT}$$

$$f = 0,007$$

(*Geankoplis, fig 2.10-3 hal 88*)

Direncanakan panjang pipa 78 ft

No.	Nama	Jumlah	Kf	ΣKf
1.	Elbow 90°	4	0,75	3,00
2.	Globe valve	1	1	6
3.	Gate Valve	1	4,5	4,5
Jumlah				13,50

$$K_{ex} = \left[1 - \frac{A_1}{A_2} \right]^2 = (1 - 0)^2 = 1 \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-15 hal 93})$$

$$K_c = 0,55 \left[1 - \frac{A_1}{A_2} \right]^2 = 0,55(1 - 0)^2 = 0,55 \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-16 hal 93})$$

$$\Sigma F = \left(4 \times f \times \frac{\Delta L}{D} + K_{ex} + K_c + K_f \right) \times \frac{V^2}{2} \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-19 hal 94})$$

$$\Sigma F = \left(4 \times 0,007 \times \frac{78}{0,21} + 1 + 0,55 + 13,50 \right) \times \frac{(2,93)^2}{2}$$

$$\Sigma F = 109,81 \text{ lb.ft/lbm}$$

E. Menentukan daya pompa :

$$\left(\frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot gc} \right) + \left(\frac{\Delta Z}{gc} \right) + \left(\frac{\Delta P}{\rho} \right) + \Sigma F + W_s = 0 \quad (\text{Geankoplis, per 2.7-28 hal 97})$$

Direncanakan :

$$\Delta Z = 12 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta V = 2,93 \text{ ft/detik}$$

Sehingga diperoleh harga :

$$- W_s = \left(\frac{(2,93)^2}{2 \times 1 \times 32,2} \right) + \left(\frac{12 \times 9,8}{32,2} \right) + \left(\frac{0}{86,12} \right) + 109,81$$

$$- W_s = 113,60$$

$$\text{WHP} = \frac{(-W_s) \times Q \times \rho}{550}$$

$$\text{WHP} = \frac{113,60 \times 0,10 \times 86,12}{550} = 1,73 \text{ Hp} \approx 2 \text{ Hp}$$

$$\text{Kapasitas} = \frac{(30128,70 \text{ lb/jam})(7,481 \text{ gal/ft}^3)}{(60 \text{ menit/jam})(62,9297 \text{ lb/ft}^3)} = 59,69 \text{ gpm}$$

Maka daya pompa = 59 % *(Peter & Timmerhauss, fig 14-37 hal 520)*

$$\text{BHP} = \frac{\text{WHP}}{\eta_{\text{pompa}}} = \frac{2}{0,59} = 3,39 \text{ Hp}$$

η motor = 84% *(Peter & Timmerhauss, fig 14-38 hal 521)*

$$\text{Daya motor} = \frac{\text{BHP}}{\eta_{\text{motor}}} = \frac{3,39}{0,84} = 4,04 \text{ Hp} \approx 4 \text{ Hp}$$

Spesifikasi peralatan :

- Nama : Pompa
- Type : Rotary pump
- Daya pompa : 4 Hp
- Efisiensi pompa : 59%
- Efisiensi motor : 83%
- Bahan : Carbon Steel SA-240 grade M Type 316
- Jumlah : 1 buah

16. POMPA KE DEKANTER (L-127 A)

Fungsi : Untuk mempompa larutan CuSO_4 dari reaktor ke dekanter

Type : Rotary pump

Dasar perencanaan :

$$\text{Rate liquid} = 19878,24 \text{ kg/jam} = 43823,57 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_{\text{liquid}} = 201,88 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 0,1136 \text{ lb/ft.detik}$$

(Perry, s edisi 6, hal 3-252)

Perhitungan :

A. Menghitung rate volumetrik

$$Q = \frac{\text{rate liquid}}{\rho_{\text{liquid}}} = \frac{43823,57 \text{ lb/jam}}{201,88 \text{ lb/ft}^3} = 217,08 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,06 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

B. Menentukan dimensi pipa

$$\text{ID optimal} = 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peter and Timmerhauss pers.15 hal 496})$$

$$\text{ID optimal} = 3,9 \times (0,06)^{0,45} \times (201,88)^{0,13}$$

$$\text{ID optimal} = 2,20 \text{ in.}$$

$$\text{Standarisasi ID} = 2 \frac{1}{2} \text{ in sch 40}$$

(Geankoplis, App A.5 hal 892)

Sehingga diperoleh harga :

$$\text{OD} = 2,875 \text{ in} = 0,24 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 2,469 \text{ in} = 0,21 \text{ ft}$$

$$A = 0,03322 \text{ ft}^2$$

C. Menentukan laju aliran fluida

$$\text{Laju aliran fluida (V)} = \frac{Q}{A} = \frac{0,06 \text{ ft}^3/\text{detik}}{0,03322 \text{ ft}^2} = 1,82 \text{ ft/detik}$$

$$N_{Re} = \frac{D \times V \times \rho}{\mu} = \frac{(0,21 \text{ ft})(1,82 \text{ ft/detik})(201,88 \text{ lb/ft}^3)}{0,1136 \text{ lb/ft.detik}}$$

$$N_{Re} = 663,69 \text{ (aliran laminar)}$$

D. Menentukan panjang pipa dan friction loss

Digunakan bahan pipa yang terbuat dari commercial steel (Geankoplis hal 88)

Sehingga diperoleh :

$$f = 0,022$$

(Geankoplis, fig 2.10-3 hal 88)

Direncanakan panjang pipa 40 ft

No.	Nama	Jumlah	Kf	Σ Kf
1.	Elbow 90°	3	0,75	2,25
2.	Globe valve	1	1	6
3.	Gate Valve	1	4,5	4,5
Jumlah				12,75

$$K_{ex} = \left[1 - \frac{A_1}{A_2} \right]^2 = (1 - 0)^2 = 1$$

(Geankoplis, pers 2.10-15 hal 93)

$$K_c = 0,55 \left[1 - \frac{A_1}{A_2} \right]^2 = 0,55(1 - 0)^2 = 0,55 \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-16 hal 93})$$

$$\Sigma F = \left(4 \times f \times \frac{\Delta L}{D} + K_{ex} + K_c + K_f \right) \times \frac{V^2}{2} \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-19 hal 94})$$

$$\Sigma F = \left(4 \times 0,035 \times \frac{40}{0,115} + 1 + 0,55 + 12,75 \right) \times \frac{(1,82)^2}{2}$$

$$\Sigma F = 51,74 \text{ lb.ft/lbm}$$

E. Menentukan daya pompa :

$$\left(\frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} \right) + \left(\frac{\Delta Z}{g_c} \right) + \left(\frac{\Delta P}{\rho} \right) + \Sigma F + W_s = 0 \quad (\text{Geankoplis, per 2.7-28 hal 97})$$

Direncanakan :

$$\Delta Z = 5 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta V = 1,82 \text{ ft/detik}$$

Sehingga diperoleh harga :

$$- W_s = \left(\frac{(1,82)^2}{2 \times 0,5 \times 32,2} \right) + \left(\frac{5 \times 9,8}{32,2} \right) + \left(\frac{0}{201,88} \right) + 51,53$$

$$- W_s = 53,31$$

$$\text{WHP} = \frac{(-W_s) \times Q \times \rho}{550}$$

$$\text{WHP} = \frac{53,31 \times 0,06 \times 201,88}{550} = 1,18 \text{ Hp} \approx 2 \text{ Hp}$$

$$\text{Kapasitas} = \frac{(43823,57 \text{ lb/jam})(7,481 \text{ gal/ft}^3)}{(60 \text{ menit/jam})(62,9297 \text{ lb/ft}^3)} = 86,83 \text{ gpm}$$

$$\text{Maka daya pompa} = 61 \% \quad (\text{Peter \& Timmerhauss, fig 14-37 hal 520})$$

$$\text{BHP} = \frac{\text{WHP}}{\eta_{\text{pompa}}} = \frac{2}{0,61} = 3,28 \text{ Hp}$$

$$\eta_{\text{motor}} = 84\% \quad (\text{Peter \& Timmerhauss, fig 14-38 hal 521})$$

$$\text{Daya motor} = \frac{\text{BHP}}{\eta_{\text{motor}}} = \frac{3,28}{0,84} = 3,9 \text{ Hp} \approx 4 \text{ Hp}$$

Spesifikasi peralatan :

- Nama : Pompa
- Type : Rotary pump
- Daya pompa : 4 Hp
- Efisiensi pompa : 61%
- Efisiensi motor : 84%
- Bahan : Carbon Steel SA-240 grade M Type 316
- Jumlah : 1 buah

17. POMPA KE RVF (L-127 A)

Fungsi : Untuk mempompa slurry dari dekanter ke rotary vacuum filter

Type : Rotary pump

Dasar perencanaan :

Rate liquid = 16705,92 kg/jam = 36829,87 lb/jam

ρ liquid = 201,88 lb/ft³

μ = 0,1136 lb/ft.detik (Perry, s edisi 6, hal 3-252)

Perhitungan :

A. Menghitung rate volumetrik

$$Q = \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} = \frac{36829,87 \text{ lb/jam}}{201,88 \text{ lb/ft}^3} = 182,43 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,05 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

B. Menentukan dimensi pipa

$$\text{ID optimal} = 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peter and Timmerhauss pers.15 hal 496})$$

$$\text{ID optimal} = 3,9 \times (0,05)^{0,45} \times (201,88)^{0,13}$$

$$\text{ID optimal} = 2,03 \text{ in.}$$

$$\text{Standarisasi ID} = 2 \frac{1}{2} \text{ in sch 40} \quad (\text{Geankoplis, App A.5 hal 892})$$

Sehingga diperoleh harga :

$$\text{OD} = 2,875 \text{ in} = 0,24 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 2,469 \text{ in} = 0,21 \text{ ft}$$

$$A = 0,03322 \text{ ft}^2$$

C. Menentukan laju aliran fluida

$$\text{Laju aliran fluida (V)} = \frac{Q}{A} = \frac{0,05 \text{ ft}^3/\text{detik}}{0,03322 \text{ ft}^2} = 1,53 \text{ ft/detik}$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \times V \times \rho}{\mu} = \frac{(0,21 \text{ ft})(1,53 \text{ ft/detik})(201,88 \text{ lb/ft}^3)}{0,1136 \text{ lb/ft.detik}}$$

$$N_{Re} = 557,78 \text{ (aliran laminar)}$$

D. Menentukan panjang pipa dan friction loss

Digunakan bahan pipa yang terbuat dari commercial steel (*Geankoplis hal 88*)

Sehingga diperoleh :

$$f = 0,025 \quad (\text{Geankoplis, fig 2.10-3 hal 88})$$

Direncanakan panjang pipa 40 ft

No.	Nama	Jumlah	Kf	ΣKf
1.	Elbow 90°	3	0,75	2,25
2.	Globe valve	1	1	6
3.	Gate Valve	1	4,5	4,5
Jumlah				12,75

$$K_{ex} = \left[1 - \frac{A_1}{A_2}\right]^2 = (1 - 0)^2 = 1 \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-15 hal 93})$$

$$K_c = 0,55 \left[1 - \frac{A_1}{A_2}\right]^2 = 0,55(1 - 0)^2 = 0,55 \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-16 hal 93})$$

$$\Sigma F = \left(4 \times f \times \frac{\Delta L}{D} + K_{ex} + K_c + K_f\right) \times \frac{V^2}{2} \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-19 hal 94})$$

$$\Sigma F = \left(4 \times 0,025 \times \frac{40}{0,21} + 1 + 0,55 + 12,75\right) \times \frac{(1,53)^2}{2}$$

$$\Sigma F = 39,26 \text{ lb.ft/lbm}$$

F. Menentukan daya pompa :

$$\left(\frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot gc}\right) + \left(\frac{\Delta Z}{gc}\right) + \left(\frac{\Delta P}{\rho}\right) + \Sigma F + W_s = 0 \quad (\text{Geankoplis, per 2.7-28 hal 97})$$

Direncanakan :

$$\Delta Z = 5 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta V = 1,53 \text{ ft/detik}$$

Sehingga diperoleh harga :

$$- W_s = \left(\frac{(1,53)^2}{2 \times 0,5 \times 32,2}\right) + \left(\frac{5 \times 9,8}{32,2}\right) + \left(\frac{0}{201,88}\right) + 39,26$$

$$- W_s = 40,82$$

$$\text{WHP} = \frac{(-Ws) \times Q \times \rho}{550}$$

$$\text{WHP} = \frac{(40,82) \times 0,05 \times 201,88}{550} = 0,76 \text{ Hp} \approx 1 \text{ Hp}$$

$$\text{Kapasitas} = \frac{(36829,87 \text{ lb/jam})(7,481 \text{ gal/ft}^3)}{(60 \text{ menit/jam})(62,9297 \text{ lb/ft}^3)} = 72,97 \text{ gpm}$$

Maka daya pompa = 60 % (Peter & Timmerhauss, fig 14-37 hal 520)

$$\text{BHP} = \frac{\text{WHP}}{\eta_{\text{pompa}}} = \frac{1}{0,60} = 1,67 \text{ Hp} \approx 2 \text{ Hp}$$

η motor = 84% (Peter & Timmerhauss, fig 14-38 hal 521)

$$\text{Daya motor} = \frac{\text{BHP}}{\eta_{\text{motor}}} = \frac{1,67}{0,84} = 1,98 \text{ Hp} \approx 2 \text{ Hp}$$

Spesifikasi peralatan :

- Nama : Pompa
- Type : Rotary pump
- Daya pompa : 2 Hp
- Efisiensi pompa : 60%
- Efisiensi motor : 84%
- Bahan : Carbon steel
- Jumlah : 1 buah

18. POMPA KE EVAP (L-127 B)

Fungsi : Untuk mempompa filtrat dari rotary vacuum filter ke evaporator

Type : Rotary pump

Dasar perencanaan :

Rate liquid = 16643,20 kg/jam = 36691,60 lb/jam

ρ liquid = 201,88 lb/ft³

μ = 0,1136 lb/ft.detik

(Perry, s edisi 6, hal 3-252)

Perhitungan :

A. Menghitung rate volumetrik

$$Q = \frac{\text{rate liquid}}{\rho_{\text{liquid}}} = \frac{36691,60 \text{ lb/jam}}{201,88 \text{ lb/ft}^3} = 181,75 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,05 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

B. Menentukan dimensi pipa

$$ID \text{ optimal} = 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peter and Timmerhauss pers.15 hal 496})$$

$$ID \text{ optimal} = 3,9 \times (0,05)^{0,45} \times (201,88)^{0,13}$$

$$ID \text{ optimal} = 2,03 \text{ in.}$$

$$\text{Standarisasi ID} = 2 \frac{1}{2} \text{ in sch 40} \quad (\text{Geankoplis, App A.5 hal 892})$$

Sehingga diperoleh harga :

$$OD = 2,875 \text{ in} = 0,24 \text{ ft}$$

$$ID = 2,469 \text{ in} = 0,21 \text{ ft}$$

$$A = 0,03322 \text{ ft}^2$$

C. Menentukan laju aliran fluida

$$\text{Laju aliran fluida (V)} = \frac{Q}{A} = \frac{0,05 \text{ ft}^3/\text{detik}}{0,03322 \text{ ft}^2} = 1,52 \text{ ft/detik}$$

$$N_{Re} = \frac{D \times V \times \rho}{\mu} = \frac{(0,21 \text{ ft})(1,52 \text{ ft/detik})(201,88 \text{ lb/ft}^3)}{0,1136 \text{ lb/ft.detik}}$$

$$N_{Re} = 555,68 \text{ (aliran laminar)}$$

D. Menentukan panjang pipa dan friction loss

Digunakan bahan pipa yang terbuat dari commercial steel (*Geankoplis hal 88*)

Sehingga diperoleh :

$$f = 0,025 \quad (\text{Geankoplis, fig 2.10-3 hal 88})$$

Direncanakan panjang pipa 40 ft

No.	Nama	Jumlah	Kf	ΣKf
1.	Elbow 90°	3	0,75	2,25
2.	Globe valve	1	1	6
3.	Gate Valve	1	4,5	4,5
Jumlah				12,75

$$K_{ex} = \left[1 - \frac{A_1}{A_2} \right]^2 = (1 - 0)^2 = 1 \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-15 hal 93})$$

$$K_c = 0,55 \left[1 - \frac{A_1}{A_2} \right]^2 = 0,55(1 - 0)^2 = 0,55 \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-16 hal 93})$$

$$\Sigma F = \left(4 \times f \times \frac{\Delta L}{D} + K_{ex} + K_c + K_f \right) \times \frac{V^2}{2} \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-19 hal 94})$$

$$\Sigma F = \left(4 \times 0,025 \times \frac{40}{0,21} + 1 + 0,55 + 12,75 \right) \times \frac{(1,52)^2}{2}$$

$$\Sigma F = 38,96 \text{ lb.ft/lbm}$$

G. Menentukan daya pompa :

$$\left(\frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot gc} \right) + \left(\frac{\Delta Z}{gc} \right) + \left(\frac{\Delta P}{\rho} \right) + \Sigma F + W_s = 0 \quad (\text{Geankoplis, per 2.7-28 hal 97})$$

Direncanakan :

$$\Delta Z = 5 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta V = 1,52 \text{ ft/detik}$$

Sehingga diperoleh harga :

$$- W_s = \left(\frac{(1,52)^2}{2 \times 0,5 \times 32,2} \right) + \left(\frac{5 \times 9,8}{32,2} \right) + \left(\frac{0}{201,88} \right) + 38,96$$

$$- W_s = 40,52$$

$$\text{WHP} = \frac{(-W_s) \times Q \times \rho}{550}$$

$$\text{WHP} = \frac{(40,52) \times 0,05 \times 201,88}{550} = 0,75 \text{ Hp} \approx 1 \text{ Hp}$$

$$\text{Kapasitas} = \frac{(36691,60 \text{ lb/jam})(7,481 \text{ gal/ft}^3)}{(60 \text{ menit/jam})(62,9297 \text{ lb/ft}^3)} = 72,70 \text{ gpm}$$

Maka daya pompa = 60 % (Peter & Timmerhauss, fig 14-37 hal 520)

$$\text{BHP} = \frac{\text{WHP}}{\eta_{\text{pompa}}} = \frac{1}{0,60} = 1,67 \text{ Hp}$$

$\eta_{\text{motor}} = 84\%$ (Peter & Timmerhauss, fig 14-38 hal 521)

$$\text{Daya motor} = \frac{\text{BHP}}{\eta_{\text{motor}}} = \frac{1,67}{0,84} = 1,98 \text{ Hp} \approx 2 \text{ Hp}$$

Spesifikasi peralatan :

- Nama : Pompa
- Type : Rotary pump
- Daya pompa : 2 Hp

- Efisiensi pompa : 60%
- Efisiensi motor : 84%
- Bahan : Carbon Steel SA-240 grade M Type 316
- Jumlah : 1 buah

19. POMPA KE KRISTAL (L-127 C)

Fungsi : Untuk mempompa liquid dari evaporator ke kristalizer

Type : Rotary pump

Dasar perencanaan :

Rate liquid = 7530,40 kg/jam = 16601,52 lb/jam

ρ liquid = 201,88 lb/ft³

μ = 0,15450 lb/ft.detik

(Perry,s edisi 6, hal 3-252)

Perhitungan :

A. Menghitung rate volumetrik

$$Q = \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} = \frac{16601,52 \text{ lb/jam}}{201,88 \text{ lb/ft}^3} = 82,23 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,02 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

B. Menentukan dimensi pipa

$$\text{ID optimal} = 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peter and Timmerhauss pers.15 hal 496})$$

$$\text{ID optimal} = 3,9 \times (0,02)^{0,45} \times (201,88)^{0,13}$$

$$\text{ID optimal} = 1,42 \text{ in.}$$

$$\text{Standarisasi ID} = 1 \frac{1}{2} \text{ in sch 40}$$

(Geankoplis, App A.5 hal 892)

Sehingga diperoleh harga :

$$\text{OD} = 1,9 \text{ in} = 0,16 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 1,610 \text{ in} = 0,13 \text{ ft}$$

$$A = 0,01414 \text{ ft}^2$$

C. Menentukan laju aliran fluida

$$\text{Laju aliran fluida (V)} = \frac{Q}{A} = \frac{0,02 \text{ ft}^3/\text{detik}}{0,01414 \text{ ft}^2} = 1,62 \text{ ft/detik}$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \times V \times \rho}{\mu} = \frac{(0,13 \text{ ft})(1,62 \text{ ft/detik})(201,88 \text{ lb/ft}^3)}{0,1545 \text{ lb/ft.detik}}$$

$$N_{\text{Re}} = 283,21 \text{ (aliran laminar)}$$

D. Menentukan panjang pipa dan friction loss

Digunakan bahan pipa yang terbuat dari commercial steel (Geankoplis hal 88)

Sehingga diperoleh :

$$f = 0,045$$

(Geankoplis, fig 2.10-3 hal 88)

Direncanakan panjang pipa 30 ft

No.	Nama	Jumlah	Kf	ΣKf
1.	Elbow 90°	3	0,75	2,25
2.	Globe valve	1	1	6
3.	Gate Valve	1	4,5	4,5
Jumlah				12,75

$$K_{ex} = \left[1 - \frac{A_1}{A_2} \right]^2 = (1 - 0)^2 = 1 \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-15 hal 93})$$

$$K_c = 0,55 \left[1 - \frac{A_1}{A_2} \right]^2 = 0,55(1 - 0)^2 = 0,55 \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-16 hal 93})$$

$$\Sigma F = \left(4 \times f \times \frac{\Delta L}{D} + K_{ex} + K_c + K_f \right) \times \frac{V^2}{2} \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-19 hal 94})$$

$$\Sigma F = \left(4 \times 0,0450 \times \frac{30}{0,13} + 1 + 0,55 + 12,75 \right) \times \frac{(1,62)^2}{2}$$

$$\Sigma F = 71,18 \text{ lb.ft/lbm}$$

Menentukan daya pompa :

$$\left(\frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot gc} \right) + \left(\frac{\Delta Z}{gc} \right) + \left(\frac{\Delta P}{\rho} \right) + \Sigma F + W_s = 0 \quad (\text{Geankoplis, per 2.7-28 hal 97})$$

Direncanakan :

$$\Delta Z = 7 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta V = 1,62 \text{ ft/detik}$$

Sehingga diperoleh harga :

$$- W_s = \left(\frac{(1,62)^2}{2 \times 0,5 \times 32,2} \right) + \left(\frac{7 \times 9,8}{32,2} \right) + \left(\frac{0}{201,88} \right) + 71,18$$

$$- W_s = 73,35$$

$$\text{WHP} = \frac{(-W_s) \times Q \times \rho}{550}$$

$$\text{WHP} = \frac{73,35 \times 0,02 \times 201,88}{550} = 0,62 \text{ Hp} \approx 1 \text{ Hp}$$

$$\text{Kapasitas} = \frac{(16601,52 \text{ lb/jam})(7,481 \text{ gal/ft}^3)}{(60 \text{ menit/jam})(62,9297 \text{ lb/ft}^3)} = 32,89 \text{ gpm}$$

Maka daya pompa = 50 % (Peter & Timmerhauss, fig 14-37 hal 520)

$$\text{BHP} = \frac{\text{WHP}}{\eta_{\text{pompa}}} = \frac{1}{0,50} = 2 \text{ Hp}$$

η motor = 83% (Peter & Timmerhauss, fig 14-38 hal 521)

$$\text{Daya motor} = \frac{\text{BHP}}{\eta_{\text{motor}}} = \frac{2}{0,83} = 2,41 \text{ Hp} \approx 3 \text{ Hp}$$

Spesifikasi peralatan :

- Nama : Pompa
- Type : Rotary pump
- Daya pompa : 3 Hp
- Efisiensi pompa : 50%
- Efisiensi motor : 83%
- Bahan : Carbon Steel SA-240 grade M Type 316
- Jumlah : 1 buah

20. CYCLONE (H-136)

Fungsi : Untuk memisahkan debu atau partikel $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ yang terikut udara dari Rotary Dryer

Tipe : Duclone collector

Perhitungan :

$$\text{Rate udara} = 2743,05 \text{ kg/jam} = 6047,34 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_{\text{udara/gas}} = 0,049 \text{ lb/ft}^3$$

Kecepatan udara cyclone = 50 ft/detik (Perry's edisi 6 hal 20-28)

Menghitung dimensi cyclone :

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan volumetrik udara} &= \frac{\text{Rate udara}}{\rho_{\text{udara}}} \\ &= \frac{6047,34 \text{ lb/jam}}{0,049 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 123415,06 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$= 2056,92 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas aliran (Ac)} &= \frac{\text{Rate volumetrik udara}}{\text{kecepatan udara cyclone}} \\ &= \frac{2056,92 \text{ ft}^3/\text{detik}}{50 \text{ ft}/\text{detik}} \\ &= 41,14 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Dari Perry edisi 6 fig 20-106 hal 20-84 diketahui :

- $Ac = Bc \times Hc$
- $Bc = Jc = \frac{1}{4} Dc$
- $Hc = Dc/2$
- $Zc = Lc = 2 Dc$
- $De = Dc/2$
- $Sc = Dc/8$

$$\begin{aligned} \text{Maka :} \quad Ac &= Bc \times Hc \\ &= Bc \times Dc/2 \\ &= Bc \times (4 Bc/2) \\ &= 2 Bc^2 \\ 41,14 &= 2 Bc^2 \\ Bc &= 4,54 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$Dc = 4 Bc = 4 \times 4,54 = 18,14 \text{ ft}$$

$$Jc = Bc = 4,54 \text{ ft}$$

$$Hc = Dc/2 = 18,14/2 = 9,07 \text{ ft}$$

$$Zc = 2 Dc = 2 \times 18,14 = 36,28 \text{ ft}$$

$$Lc = Zc = 36,28 \text{ ft}$$

$$De = Dc/2 = 18,14/2 = 9,07 \text{ ft}$$

$$Sc = Dc/8 = 18,14/8 = 2,27 \text{ ft}$$

Diameter partikel minimum pada cyclone :

$$D_{p_{\min}} = \sqrt{\frac{9 \times \mu \times Bc}{2 \times \pi \times Ne \times Vc \times (\rho_s - \rho)}} \quad (\text{Perry's edisi 6 hal 20-28})$$

Dimana :

$D_{p_{\min}}$ = ukuran partikel minimum yang bisa lolos dari saringan

D_p = ukuran partikel yang diijinkan lolos dari saringan

- B_c = lebar inlet dust (ft)
 V_c = kecepatan gas masuk cyclone
 μ = viscositas gas (lb/ft.det)
 ρ = densitas gas (lb/ft³)
 ρ_s = densitas material (lb/ft³)
 D_c = diameter cyclone (ft)

Dari Perry's edisi 7 hal 17-30 :

- N_e = 3,5
 V_c = 50 ft/detik
 D_p = 0,0003 ft
 η = 98%

$$\begin{aligned}
 D_{p_{min}} &= \sqrt{\frac{9 \times \mu \times B_c}{2 \times \pi \times N_e \times V_c \times (\rho_s - \rho)}} \\
 &= \sqrt{\frac{9 \times 0,036 \times 4,54}{2 \times 3,14 \times 3,5 \times 50 \times (98,7208 - 0,049)}} \\
 &= 0,0026 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Karena $D_{p_{min}} < D_{p_{partikel}}$ = memenuhi

Spesifikasi alat :

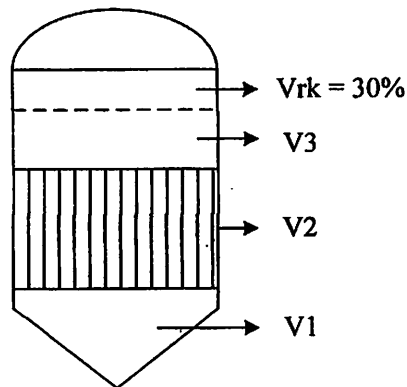
- Nama : Cyclone
- Fungsi : Untuk memisahkan debu atau partikel CuSO4 yang terikut udara dari Rotary Dryer
- Type : Duclone collector
- Bahan Konstruksi : Carbon Steel 240 grade M type 316
- Jumlah: 1 buah
- Dimensi: $D_c = 18,14$ ft
 - $D_e = 9,07$ ft
 - $H_c = 9,07$ ft
 - $L_c = 36,28$ ft
 - $S_c = 2,27$ ft
 - $Z_c = 36,28$ ft
 - $J_c = 4,54$ ft
 - $B_c = 4,54$ ft

21. EVAPORATOR DOUBLE EFFECT

Nama : Evaporator

Type: Short tube vertical (Calandria)

Menentukan dimensi evaporator



Dimana : V_1 = Volume tutup bawah

V_2 = Volume liguida dalam pipa

V_3 = Volume liguida diatas tube

L_c = tinggi silinder

D = Diameter calandria

V_{rk} = Volulme ruang kosong

Kapasitas larutan = 16643.20 kg/jam = 36691.60 lb/jam

Suhu bahan masuk = $100^{\circ} \text{C} = 212^{\circ} \text{F}$

ρ campuran = 201.880 lb/ft³

Dimensi silinder

Direncanakan lama pemisahannya 1 jam, sehingga:

$$\text{Volume liguid} = \left(\frac{36691,60 \text{ lb/jam}}{201,880 \text{ lb/ft}^3} \times 1 \text{ Jam} \right) = 181,75 \text{ ft}^3$$

Diasumsikan :

$$V_{rk} = 20\%$$

$$\text{Volume total} = \frac{100}{80} \times 181,75 \text{ ft}^3 = 227,19 \text{ ft}^3$$

$$\text{Volume total} = V \text{ conical} + V \text{ shell} + V \text{ dish}$$

$$227.19 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{24} \cdot \frac{d^3}{\text{tg } 1/2 \alpha} + \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot 1,5d + 0,0847d^3$$

$$227,19 \text{ ft}^3 = 0,07557 \text{ di}^3 + 1,17809 \text{ di}^3 + 0,0847 \text{ di}^3$$

$$227,19 \text{ ft}^3 = 1,33836 \text{ di}^3$$

$$\text{di} = 5,54 \text{ ft}$$

$$\text{di} = 66,44 \text{ in}$$

$$V_{\text{shell}} = 1,17809 \text{ di}^3 = 1,17809 (5,54)^3$$

$$= 199,98 \text{ ft}^3 = 345577,81 \text{ in}^3$$

$$V_{\text{shell}} = \frac{\pi}{24} \cdot d_1^2 \cdot L_{LS}$$

$$199,98 \text{ ft}^3 = 24,07 L_{LS}$$

$$L_{LS} = 8,31 \text{ ft} = 133,11 \text{ in}$$

Menentukan tebal silinder

Diketahui:

$$D_i = 5,54 \text{ ft} = 66,44 \text{ in}$$

$$f = 17000$$

$$E = 0,8$$

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

Mencari tekanan design (Di)

$$\begin{aligned} P_{\text{hidrostatik}} &= \rho (H - 1) \\ &= 201,880 \text{ lb/ft}^3 \times (8,31 \text{ ft} - 1) \\ &= 1475,66 \text{ lb/ft}^2 = 10,25 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$P_{\text{operasi}} = 15,33208 \text{ kPa} = 2,22 \text{ psia}$$

$$P_{\text{design}} = (10,25 + 2,22) \text{ psia} = 12,47 \text{ psia}$$

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{P_i \times d_i}{2(f \cdot E - 0,6 P_i)} + C \\ &= \frac{12,47 \times 66,44}{2(17000 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 12,47)} + \frac{1}{16} \\ &= 0,093 \text{ in} = \frac{1,49}{16} \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

Standarisasi di baru

$$d_o = d_i + 2 t_s$$

$$= 66,44 + 2 (3/16)$$

$$= 66,82 \text{ in}$$

Dari table 5.7 Brownel & Young hal 90 didapat :

$$D_o = 72 \text{ in}$$

$$d_o = d_i + 2 t_s$$

$$72 = d_i + 2 (3/16)$$

$$d_i = 71,63 \text{ in} = 5,59 \text{ ft}$$

Menentukan tinggi silinder

$$L_s = 1,5 d_i$$

$$= 1,5 \times 71,63 \text{ in}$$

$$= 107,44 \text{ in} = 8,95 \text{ ft}$$

Menentukan ruang uap (Lru)

$$L_{ru} = 2 \cdot \text{tinggi tube} = 2 \cdot 3 \text{ ft} = 6 \text{ ft}$$

Menentukan dimensi tutup atas dan tutup bawah

Dari table 5.7 hal 90, Brownel & Young dengan OD 72 in dan $t_s = 3/16$ in, didapat:

$$I_{cr} = 4 \frac{3}{8} \text{ in}$$

$$r = 72 \text{ in}$$

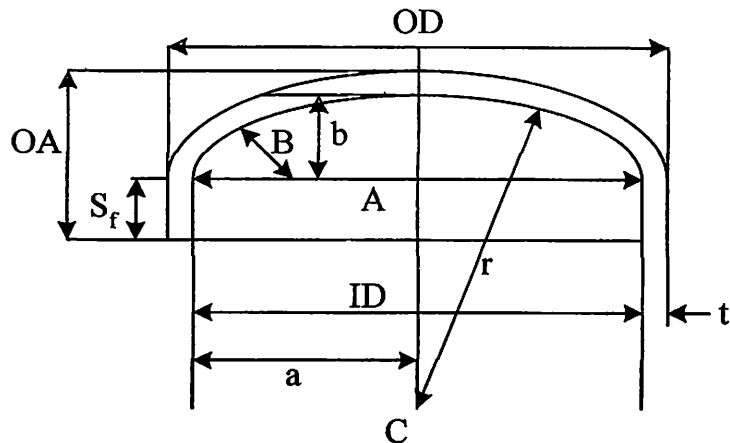
Dari table 5.6 hal 88 Brownel & Young, didapat :

$$S_f = 2$$

a) **Menentukan tebal tutup atas (tha)**

$$\begin{aligned} \text{tha} &= \frac{0,885 \times \text{Pi} \times r}{f \cdot E - 0,6 D_i} + C \\ &= \frac{0,885 \times 12,47 \times 72}{(17000 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 12,47)} + \frac{1}{16} \\ &= 0,121 \text{ in} \approx \frac{1,935}{16} \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

b) Menentukan tinggi tutup atas



$$\begin{aligned} AB &= 1/2 (di) - 1cr \\ &= 1/2 \cdot 71,63 - 4 \frac{3}{8} = 31 \frac{7}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= r - 1cr \\ &= 72 - 4 \frac{3}{8} = 67,63 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\ &= \sqrt{67,63^2 - 31 \frac{7}{16}^2} = 59,87 \text{ in} \end{aligned}$$

$$b = r - AC = (72 - 59,87) \text{ in} = 12,13 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} OA &= tha + b - sf \\ &= 0,212 \text{ in} + 12,13 \text{ in} - 2 \text{ in} \\ &= 10,25 \text{ in} = 0,85 \text{ ft} \end{aligned}$$

c) Menentukan tinggi tutup bawah (hb)

$$hb = 0,169 \times di = 0,169 \times 71,63 \text{ in} = 12,105 \text{ in}$$

d) Menentukan tebal tutup bawah (thb)

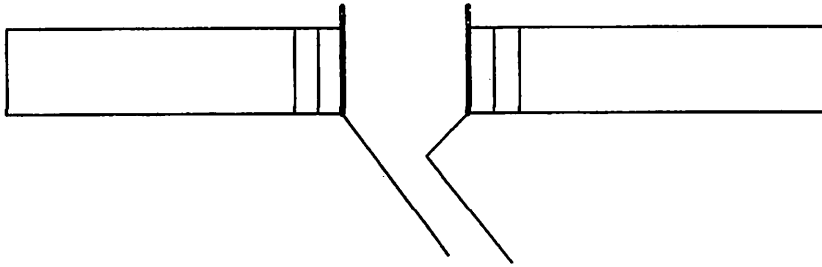
$$\begin{aligned} thb &= \frac{Pi \times di}{2(f.E - 0,6 \cdot Di) \cos 1/2 \alpha} + C \\ &= \frac{12,47 \times 71,63}{2(17000 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 12,47) \cos(60)} + \frac{1}{16} \\ &= 0,128 \text{ in} = \frac{32,051}{16} \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

e) Menentukan tinggi total evaporator

$$\begin{aligned} \text{Tinggi total (H)} &= Ls + OA + hb \\ &= 107,44 \text{ in} + 10,25 \text{ in} + 12,105 \text{ in} \end{aligned}$$

$$= 129,79 \text{ in} = 10,82 \text{ ft} = 3,30 \text{ m}$$

f) Perhitungan Down take



Direncanakan pan masakan calandria dengan pipa downtake di tengah

$$\begin{aligned} \text{Diameter down take} &= 0,25 \text{ diameter shell (Hugot hal 664)} \\ &= 0,25 \times \text{di shell} \\ &= 0,25 \times 71,63 \text{ in} = 17,91 \text{ in} \end{aligned}$$

Spesifikasi alat :

- Nama = Double Effect Evaporator
- Bahan = Stainless stell SA-240 grade M type 316
- Di (diameter dalam shell) = 71,63 in
- Do (diameter luar shell) = 72,00 in
- Pi (Tekanan design) = 12,47 psia
- Ls (tingi silinder) = 107,44 in
- Tha (tebal tutup atas) = 2/16
- Thb (tebal tutup bawah) = 3/16
- H (Tinggi total evap) = 129,79 in
- Di down take = 17,91 in

22. KRISTALIZER (X-126)

Fungsi : Untuk mengkristalkan CuSO_4

Type : Swenson Walker

Dasar Perencanaan :

Rate massa : 7530.40 kg/jam = 16601.78 lb/jam

ρ campuran : 93,5007 lb/ft³

waktu tinggal : 1 jam

Perhitungan :

Rate volumetric = rate massa / ρ campuran

$$= 16601.78 / 93,5007 = 177.56 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Menghitung ΔT_{LMTD}

$$\text{Suhu bahan masuk} = 100^\circ\text{C} = 212^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu bahan keluar} = 100^\circ\text{C} = 212^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu air masuk} = 30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu air keluar} = 40^\circ\text{C} = 104^\circ\text{F}$$

Sehingga :

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = 52,0533^\circ\text{F}$$

Menghitung luas perpindahan panas (A)

Beban Kristalizer = 47319,3235 kkal/jam = 187655,9536 Btu/jam

Dari Perry edisi 6 didapat nilai $U_D = 35 \text{ Btu/jam ft}^2^\circ\text{F}$

Sehingga A yang dibutuhkan :

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta T_{LMTD}} = \frac{187655,9536}{35 \times 52,0533} = 103,0020 \text{ ft}^2$$

Dari Badger and Banchemo hal 524, didapat :

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

$$\text{Panjang (P)} = 480 \text{ in} = 40 \text{ ft}$$

Menghitung panjang kristalizer berdasarkan perpindahan panas

$$A = \frac{1}{2} \pi D L$$

$$103,0020 = \frac{1}{2} \pi \cdot 2 \cdot L$$

$$L = 32,8032 \text{ ft}$$

Jumlah kristalizer yang dibutuhkan = $L/\text{Panjang} = 32,8032/40$

$$= 0,8201 \text{ buah} \approx 1 \text{ buah}$$

Menghitung panjang kristalizer berdasarkan volume liquid

Volume liquid = massa / ρ campuran

$$= 16601.78 / 93,5007 = 177.56 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Dimana :

$$\text{Volume} = \frac{1}{2} (\pi/4) D^2 L$$

$$177,56 = 1.5700 L$$

$$L = 113,10 \text{ ft}$$

Perhitungan luas perpindahan panas (A) didasarkan volume :

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{2} \pi D L \\ &= \frac{1}{2} \pi (2) (113,10) = 89,3372 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Karena harga A berdasarkan perpindahan panas > A berdasarkan volume liquid, maka ditetapkan jumlah kristalizer yang digunakan adalah 1 buah.

Spesifikasi alat:

- Nama : Kristalizer
- Fungsi : Untuk mengkristalkan CuSO_4
- Type : Swenson Walker
- Diameter (D) : 2 ft
- Panjang (L) : 32,8032 ft
- Jumlah Kristalizer : 1 buah



APPENDIKS D

PERHITUNGAN UTILITAS

Unit utilitas pada suatu pabrik adalah salah satu bagian yang sangat penting untuk menunjang jalannya proses produksi dalam suatu industri kimia, sehingga kapasitas produksi semaksimal mungkin dapat dicapai. Unit utilitas yang diperlukan pada Pra Rencana Pabrik Tembaga Sulfat 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 :

- Unit penyediaan steam
- Unit penyediaan air
- Unit penyediaan tenaga listrik
- Unit penyediaan bahan bakar

8.1. Unit Penyediaan Steam

Pada Pra Rencana Pabrik *Tembaga Sulfat* ini, kebutuhan air pengisi boiler atau air umpan boiler berdasarkan pada kebutuhan steam.

Adapun kebutuhan steam tersebut digunakan sebagai media pada peralatan sebagai berikut:

Tabel D.1.1. Total Kebutuhan Steam

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
Heater (E-118)	229,87
Heater (E-122)	354,12
Evaporator (V-120)	6943,86
Total	7527,85

Direncanakan banyaknya steam yang disupply adalah 20 % excess.

$$\text{Kebutuhan steam} = 1,2 \times 7527,85 \text{ kg/jam} = 9033,42 \text{ kg/jam}$$

Jadi jumlah steam yang harus dihasilkan oleh 1 buah boiler adalah:

$$\begin{aligned} \text{Massa steam (m}_s) &= 903342 \text{ kg/jam} \\ &= 19915,08 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Direncanakan steam yang digunakan adalah saturated steam dengan kondisi :

- Suhu (T) = 120°C = 248°F
- Tekanan(P) = 1 atm = 14,7 Psia = 101,325 kPa
- Air umpan boiler masuk pada suhu 30°C = 86°F

Dasar Perhitungan :

$$H_p = \frac{m_s \times (H_g - H_f)}{H_{fg} \times 34,5} \quad (\text{Savern, pers. 172, hal 140})$$

Dimana :

m_s = massa steam yang dihasilkan

H_g = enthalpi steam pada 248°F

H_f = enthalpi air masuk pada 86°F

H_{fg} = enthalpi uap air pada 86°F

34,5 = angka penyesuaian pada penguapan 34,5 Hp / lb air / jam pada 86°F menjadi uap kering.

Dari Kern, tabel 7 hal 816 didapatkan :

H_g pada 248°F = 1163,5 Btu / lb

H_f pada 86°F = 54,08 Btu / lb

H_{fg} pada 86°F = 1099,02 Btu / lb

Sehingga :

$$\begin{aligned} H_p &= \frac{(19915,08 \text{ lb/jam}) \times (1163,5 - 54,08) \text{ Btu/lb}}{(1099,02 \text{ Btu/lb}) \times 34,5} \\ &= 582,71 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Untuk kapasitas boiler (Q) :

$$Q = \frac{m_s \times (H_g - H_f)}{1000}$$

$$Q = \frac{(19915,08 \text{ lb/jam}) \times (1163,5 - 54,08) \text{ Btu/lb}}{1000}$$

$$= 22094,19 \text{ Btu / jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor evaporasi} &= \frac{H_g - H_f}{970,3} \\ &= \frac{(1163,5 - 54,08) \text{ Btu/jam}}{970,3 \text{ Btu/jam}} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor evaporasi} = 1,0094$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air yang dibutuhkan} &= \text{faktor evaporasi} \times \text{rate steam} \\ &= (1,0094) \times (19915,08 \text{ lb / jam}) \\ &= 20103,53 \text{ lb / jam} \\ &= 9118,903 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Bahan bakar yang digunakan fuel oil 33°API dengan Heating Value = 132000 Btu/lb *(Perry's ed. 7 fig. 27-3, hal 27-10)*

Diperkirakan efisiensi boiler 85%, maka kebutuhan bahan bakar boiler :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan bahan bakar} &= \frac{m_s \times (H_g - H_f)}{\text{effisiensi} \times H_v} \\ &= \\ &= \frac{(19915,08 \text{ lb/jam}) \times (1163,5 - 54,08) \text{ Btu/lb}}{0,85 \times (132000 \text{ Btu/lb})} \\ &= 196,92 \text{ lb/jam} = 89,32 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Jumlah perpindahan panas boiler dan jumlah tube dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Heating value surface} &= 10 \text{ ft}^2 / \text{Hp boiler} \\ \text{Direncanakan panjang pipa} &= 12 \text{ ft} \\ \text{Ukuran pipa yang digunakan} &= 2 \text{ in} \\ \text{Luas permukaan linear feed} &= 0,622 \text{ ft}^2 / \text{ft} \text{ (Kern, tabel 10} \\ &\text{hal. 844)} \\ \text{Heating surface boiler} &= \text{HV surface} \times \text{Hp boiler} \\ &= 10 \text{ ft}^2 / \text{Hp} \times 853 \text{ Hp} = 5830 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tube yang dibutuhkan :

$$N_t = \frac{A}{at \times L} = \frac{5830 \text{ ft}^2}{(0,622 \text{ ft}^2/\text{ft}) \times (12 \text{ ft})} = 781,08 \text{ tube} \approx 782 \text{ tube}$$

Spesifikasi boiler :

- Type : Fire tube boiler
- Kapasitas boiler : 22094,19 Btu/jam
- Rate steam : 19915,08 lb/jam (pada P=1atm = 14,7 Psia)
- Bahan bakar : fuel oil 33°API
- Efisiensi : 85%
- Heating surface : 5830 ft²
- Jumlah tube (N_t) : 782 buah
- Ukuran tube : 2 in
- Panjang tube (L) : 12 ft
- Jumlah boiler : 1 buah

8.2. Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air pada pabrik, maka direncanakan diambil dari air sungai. Pengambilan air sungai ditampung dalam bak penampung air sungai untuk mengalami pengolahan selanjutnya yang dipergunakan sebagai air sanitasi. Sedangkan untuk air proses, air pendingin dan air umpan boiler akan diolah lebih lanjut sesuai dengan kebutuhan masing-masing.

8.2.1. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, perkantoran, taman dan kebutuhan yang lain. Air sanitasi yang dipergunakan harus memenuhi syarat kualitas air sebagai berikut :

a. Syarat fisik

- Suhu : berada di bawah suhu kamar
- Warna : tidak berwarna / jernih
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau
- Kekeruhan : < 1 mg SiO₂ / liter
- pH : netral

b. Syarat kimia

- Tidak mengandung logam berat seperti Pb, As, Cr, Cd, Hg
- Tidak mengandung zat-zat kimia beracun

c. Syarat mikrobiologis

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

Kebutuhan air sanitasi pada Pra Rencana Pabrik *Tembaga Sulfat* ini adalah:

1. Untuk kebutuhan karyawan

Menurut standar WHO kebutuhan air untuk tiap orang = 120 kg/hari.

Jumlah karyawan pada pabrik = 221 orang

Jam kerja untuk tiap karyawan = 8 jam / hari

Pemakaian air sanitasi untuk 221 karyawan adalah :

$$= 120 \text{ kg} \times \frac{221}{3} = 8840 \text{ kg / hari} = 368,33 \text{ kg / jam}$$

2. Untuk laboratorium, taman dan keperluan lain

Direncanakan kebutuhan air untuk laboratorium, taman dan pemadam kebakaran adalah sebesar 50% dari kebutuhan karyawan.

Sehingga kebutuhan air untuk laboratorium dan taman :

$$= 50\% \times 8840 \text{ kg / hari} = 4420 \text{ kg / hari} = 184,17 \text{ kg / jam}$$

Jadi kebutuhan air untuk karyawan , laboratorium, taman adalah:

$$= (8840 + 4420) \text{ kg / hari}$$

$$= 13260 \text{ kg / hari}$$

$$= 552,5 \text{ kg / jam}$$

Untuk pemadam kebakaran dan cadangan air diperkirakan 40 % excess, sehingga total kebutuhan air sanitasi :

$$= 1,4 \times 552,5 \text{ kg / jam}$$

$$= 773,5 \text{ kg / jam}$$

8.2.2. Air Steam

Steam yang dibutuhkan digunakan pada lat-alat seperti pada table D.1.1. dengan jumlah steam yang dibutuhkan adalah 7527,85 kg/jam.

Direncanakan banyaknya steam yang disupply adalah 20% excess, sehingga:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan steam} &= 1,2 \times 7527,85 \text{ kg/jam} \\ &= 9033,42 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

8.2.3. Air Pendingin

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

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

Air pendingin yang dibutuhkan digunakan pada alat-alat sebagai berikut :

Tabel D.2.1 Total Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
Reaktor (R-110)	3189,55
Cooler	43527,99
Cooler	21660,64
Total	68378,18

Direncanakan banyaknya air pendingin yang disupply dengan excess 20%.

$$\text{Kebutuhan air pendingin} = 1,2 \times 68378,18 \text{ kg/jam} = 82053,82 \text{ kg/jam}$$

8.2.4. Air Proses

Air proses yang dibutuhkan digunakan pada alat-alat sebagai berikut :

Tabel D.2.2. Total Kebutuhan Air Proses

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
Tangki Pengencer H ₂ SO ₄ (M-116)	7454,34
Total	7454,34

Total Kebutuhan air yang perlu disupply pada Pra Rencana Pabrik *Tembaga Sulfat* ini adalah :

Tabel D.2.3. Total kebutuhan air yang perlu disupply

Keterangan	Kebutuhan (kg/jam)
Air sanitasi	773,5
Steam	9033,42
Air pendingin	82053,82
Air Proses	7454,34
Total	99196,08

Untuk memenuhi kebutuhan air, maka pada Pra Rencana Pabrik *Tembaga Sulfat* ini menggunakan air kawasan. Sebelum digunakan, air kawasan tersebut masih perlu diproses (water treatment) untuk memenuhi air sanitasi, air pemanas, air pendingin dan juga air proses.

Peralatan yang digunakan dalam pengolahan air sebagai berikut :

1. Bak Air Bersih (F-218)

Fungsi : Untuk menampung air kawasan

Bahan konstruksi : Beton bertulang

Dasar perhitungan :

Rate aliran = 99196,1 kg/jam

ρ air pada 30°C = 995,68 kg / m³

Rate volumetrik = $\frac{99196,1 \text{ kg/jam}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 99,63 \text{ m}^3 / \text{jam}$

Waktu tinggal = 12 jam

Volume air = Rate volumetrik x waktu pengendapan
 = (99,63 m³ / jam) x (12 jam) = 1195,52 m³

Direncanakan volume liquid = 80 % volume bak, sehingga :

Volume bak = $\frac{1195,52 \text{ m}^3}{0,8} = 1494,4 \text{ m}^3$

Bak berbentuk empat persegi panjang dengan ratio :

Panjang : lebar : tinggi = 5 : 3 : 2

Volume bak = (5 m) x (3 m) x (2 m) = 30 m³

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 30 \text{ x}^3 \\ 1394,4 \text{ m}^3 &= 30 \text{ x}^3 \\ \text{x} &= 3,68 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi ukuran bak air bersih :

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 5 \text{ x } (3,68 \text{ m}) &= 18,40 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 4 \text{ x } (3,68 \text{ m}) &= 11,04 \text{ m} \\ \text{Tinggi} &= 2 \text{ x } (3,68 \text{ m}) &= 7,36 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi bak air bersih:

- Bentuk : persegi panjang
- Panjang (P) : 18,40 m
- Lebar (L) : 11,04 m
- Tinggi (T): 7,36 m
- Bahan : Beton Bertulang
- Jumlah : 1 buah

2. Bak Air Lunak (F-221)

Fungsi : Untuk menampung air bersih untuk umpan boiler dan air pendingin

Bahan konstruksi : Beton bertulang

Waktu tinggal : 8 jam

Dasar perhitungan :

$$\text{Rate aliran} = 91087,2 \text{ kg/jam}$$

$$\rho \text{ air pada } 30^\circ\text{C} = 995,68 \text{ kg / m}^3$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{91087,2 \text{ kg/jam}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 91,48 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 8 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu pengendapan} \\ &= (91,48 \text{ m}^3 / \text{jam}) \times (8 \text{ jam}) = 731,86 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Direncanakan volume liquid = 80 % volume bak, sehingga :

$$\text{Volume bak} = \frac{731,86 \text{ m}^3}{0,8} = 914,82 \text{ m}^3$$

Bak berbentuk empat persegi panjang dengan ratio :

$$\text{Panjang} : \text{lebar} : \text{tinggi} = 5 : 3 : 2$$

$$\text{Volume bak} = (5 \text{ m}) \times (3 \text{ m}) \times (2 \text{ m}) = 30 \text{ m}^3$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 30 \text{ m}^3 \\ 914,82 \text{ m}^3 &= 30 \text{ m}^3 \\ x &= 3,12 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi ukuran bak air bersih :

$$\text{Panjang} = 5 \times (3,12 \text{ m}) = 15,62 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 4 \times (3,12 \text{ m}) = 9,37 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 2 \times (3,12 \text{ m}) = 6,25 \text{ m}$$

Spesifikasi bak air bersih:

- Bentuk : persegi panjang
- Panjang (P) : 15,62 m
- Lebar (L) : 9,37 m
- Tinggi (T) : 6,25 m
- Bahan : Beton Bertulang
- Jumlah : 1 buah

2. Deaerator (D-223)

Fungsi : Untuk menghilangkan gas impurities dalam air umpan boiler dengan injeksi steam

Bahan konstruksi : Carbon steel SA-240 Grade M type 316

Type : Silinder horisontal

Dasar perhitungan :

Rate aliran = 9033,42 kg/jam

ρ air pada 30°C = 995,68 kg / m³

$$\text{Rate volumetrik (Q}_f) = \frac{9033,42 \text{ kg/jam}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 9,07 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

Waktu pengendapan = 1 jam

Volume air = Rate volumetrik x waktu pengendapan
 = (9,07 m³ / jam) x (1 jam) = 9,07 m³

Direncanakan volume liquid = 80% volume tangki, sehingga :

$$\text{Volume tangki} = \frac{9,07 \text{ m}^3}{0,8} = 11,34 \text{ m}^3$$

Menentukan dimensi tangki

$$\text{Diasumsikan } L_s = 1,5 D_i$$

$$\text{Volume tangki} = \frac{1}{4} \pi \cdot D_i^2 \cdot L_s$$

$$11,34 \text{ m}^3 = \frac{1}{4} \pi \cdot (D_i)^2 \cdot 1,5 D_i$$

$$11,34 \text{ m}^3 = 1,179 D_i^3$$

$$D_i = 2,20 \text{ m}$$

$$\text{Jadi tinggi tangki } (L_s) = 1,5 \times 2,20 \text{ m} = 3,29 \text{ m}$$

Menentukan tinggi tutup atas dan bawah (h)

$$h = 0,0756 D_i^3$$

$$h = 0,0756 \times (2,20 \text{ m})^3 = 0,43 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi tinggi total tangki} &= L_s + h \\ &= 3,29 \text{ m} + 0,43 \text{ m} = 3,72 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi deaerator :

- Type : Silinder horisontal
- Tinggi (H) : 3,72 m
- Diameter (Di) : 2,20 m
- Tutup : standard dishead
- Jumlah : 1 buah

3. Bak Air Pendingin (F-226)

Fungsi : Sebagai tempat penampungan air pendingin

Bahan konstruksi : Beton bertulang

Dasar perhitungan :

Rate aliran = 82053,82 kg/jam

$$\rho \text{ air pada } 30^\circ\text{C} = 995,68 \text{ kg / m}^3$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{82053,82 \text{ kg/jam}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 82,41 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 12 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu pengendapan} \\ &= (82,41 \text{ m}^3 / \text{jam}) \times (12 \text{ jam}) = 988,918 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Direncanakan volume liquid = 80% volume bak, sehingga :

$$\text{Volume bak} = \frac{988,918 \text{ m}^3}{0,8} = 1236,15 \text{ m}^3$$

Bak berbentuk empat persegi panjang dengan ratio :

$$\text{Panjang} : \text{lebar} : \text{tinggi} = 5 : 3 : 2$$

$$\text{Volume bak} = (5 \text{ m}) \times (3 \text{ m}) \times (2 \text{ m}) = 30 \text{ m}^3$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 30 \text{ m}^3 \\ 1236,15 \text{ m}^3 &= 30 \text{ m}^3 \\ x &= 3,45 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi ukuran bak :

$$\begin{aligned} \text{Panjang (P)} &= 5 \times (3,45 \text{ m}) &= 17,27 \text{ m} \\ \text{Lebar (L)} &= 3 \times (3,45 \text{ m}) &= 10,36 \text{ m} \\ \text{Tinggi (T)} &= 2 \times (3,45 \text{ m}) &= 6,91 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi bak air pendingin :

- Bentuk : Persegi panjang
- Panjang (P) : 17,27 m
- Lebar (L) : 10,36 m
- Tinggi (T) : 6,91 m
- Bahan : Beton Bertulang
- Jumlah : 1 buah

5. Cooling Tower (P-240)

Fungsi : Untuk mendinginkan air yang akan digunakan sebagai air pendingin.

Dasar perhitungan :

$$\text{Rate aliran} = 82053,8 \text{ kg/jam}$$

$$\rho \text{ air pada } 30^\circ\text{C} = 995,68 \text{ kg / m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= \frac{82053,8 \text{ kg/jam}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 82,41 \text{ m}^3 / \text{jam} \\ &= 362,84 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\text{Suhu wet bulb udara} = 25^\circ\text{C} = 77 \text{ F}$$

$$\text{Suhu air masuk menara} = 45^\circ\text{C} = 113 \text{ F}$$

Suhu air pendingin = 30 °C = 86 F

Digunakan counter flow encluced draft tower, dari *Perry's fig 12-14 hal. 12-17* maka didapatkan konsentrasi air = 2,5 gpm / ft²

Sehingga luas yang dibutuhkan :

$$A = \frac{362,84 \text{ gpm}}{2,5 \text{ gpm/ft}^2} = 145,14 \text{ ft}^2$$

Menghitung diameter

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= (\pi/4) \cdot d^2 \\ 145,14 \text{ ft}^2 &= (\pi/4) \cdot d^2 \\ d &= 13,60 \text{ ft} \end{aligned}$$

Menghitung volume

Direncanakan tinggi tower (L) = 3 d

$$L = 3 \times 13,60 \text{ m} = 40,79 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= (\pi/4) \cdot d^2 \cdot L \\ &= (\pi/4) \times (13,60 \text{ m})^2 \times (40,79 \text{ m}) = 5920,29 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari *Perry's edisi 7, gambar 12-15 hal. 12-17*, didapatkan :

Standard power performance adalah 100 %, maka :

$$\text{Hp fan/luas tower area (ft}^2\text{)} = 0,041 \text{ Hp/ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Hp fan} &= 0,041 \text{ Hp/ft}^2 \times \text{luas tower (ft}^2\text{)} \\ &= (0,041 \text{ Hp/ft}^2) \times (145,14 \text{ ft}^2) \\ &= 5,95 \text{ Hp} \approx 6 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi cooling tower :

- Diameter (D) : 13,60 m
- Tinggi (L) : 40,79 m
- Type : Induced Draft
- Daya : 6 Hp
- Jumlah : 1 buah

6. Bak Klorinasi (F-230)

Fungsi : Untuk menampung air yang akan dinetralkan dengan reaksi klorinasi.

Bahan konstruksi : Beton bertulang

Dasar perhitungan :

Rate aliran= 773,5 kg/jam

ρ air pada 30°C = 995,68 kg / m³

Rate volumetrik = $\frac{773,5 \text{ kg/jam}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 0,78 \text{ m}^3 / \text{jam}$

Waktu tinggal = 12 jam

Volume air = Rate volumetrik x waktu pengendapan
 = (0,78 m³ / jam) x (12 jam) = 9,32 m³

Direncanakan volume liquid = 80% volume bak, sehingga :

Volume bak = $\frac{9,32 \text{ m}^3}{0,8} = 11,65 \text{ m}^3$

Bak berbentuk empat persegi panjang dengan ratio :

Panjang : lebar : tinggi = 5 : 3 : 2

Volume bak = (5 m) x (3 m) x (2 m) = 30 m³

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 30 \text{ m}^3 \\ 11,65 \text{ m}^3 &= 30 \text{ m}^3 \\ x &= 0,73 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi ukuran bak klorinasi :

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 5 \times (0,73 \text{ m}) &= 3,65 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 3 \times (0,73 \text{ m}) &= 2,19 \text{ m} \\ \text{Tinggi} &= 2 \times (0,73 \text{ m}) &= 1,46 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi bak klorinasi :

- Bentuk : persegi panjang
- Panjang (P) : 3,65 m
- Lebar (L) : 2,19 m
- Tinggi (T) : 1,46 m
- Bahan : Beton Bertulang
- Jumlah : 1 buah

7. Bak Air Sanitasi (F-231)

Fungsi : Sebagai tempat penampungan air sanitasi

Bahan konstruksi : Beton bertulang

Dasar perhitungan :

Rate aliran = 773,5 kg/jam

ρ air pada 30°C = 995,68 kg / m³

Rate volumetrik = $\frac{773,5 \text{ kg/jam}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 0,78 \text{ m}^3 / \text{jam}$

Waktu tinggal = 12 jam

Volume air = Rate volumetrik x waktu pengendapan
 = (0,78 m³ / jam) x (12 jam) = 9,32 m³

Direncanakan volume liquid = 80% volume bak, sehingga :

Volume bak = $\frac{9,32 \text{ m}^3}{0,8} = 11,65 \text{ m}^3$

Bak berbentuk empat persegi panjang dengan ratio :

Panjang : lebar : tinggi = 5 : 3 : 2

Volume bak = (5 m) x (3 m) x (2 m) = 30 m³

Sehingga :

Volume bak = 30 x³

11,65 m³ = 30 x³

x = 0,73 m

Jadi ukuran bak klorinasi :

Panjang = 5 x (0,73 m) = 3,65 m

Lebar = 3 x (0,73 m) = 2,19 m

Tinggi = 2 x (0,73 m) = 1,46 m

Spesifikasi bak klorinasi :

- Bentuk : persegi panjang
- Panjang (P) : 3,65 m
- Lebar (L): 2,19 m
- Tinggi (T): 1,46 m
- Bahan : Beton Bertulang

- Jumlah : 1 buah

7. Kation Exchanger (D-210A)

Fungsi : Untuk menghilangkan ion-ion positif yang dapat menyebabkan kesadahan air. Resin yang digunakan adalah Hidrogen exchanger (H_2Z). Dimana tiap 1 m^3 H_2Z dapat menghilangkan 6500 – 9000 gram hardness.

Direncanakan H_2Z yang digunakan sebanyak 8000 g/m^3 .

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-240 Grade M type 316

Dasar perhitungan :

Rate aliran = $91087,2\text{ kg/jam} = 55,78\text{ lb/s}$

Densitas air = $995,68\text{ kg/m}^3 = 62,16\text{ lb/ft}^3$

$$\begin{aligned}\text{Rate volumetrik } (Q_f) &= \frac{55,78\text{ lb/jam}}{62,16\text{ lb/ft}^3} \\ &= 0,90\text{ ft}^3/\text{s} \\ &= 402,80\text{ gpm}\end{aligned}$$

Direncanakan :

- Tangki berbentuk silinder
- Kecepatan air = $8\text{ gpm}/\text{ft}^2$
- Tinggi bad = 2 m
= $6,56\text{ ft}$

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang tangki} &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{\text{Kecepatan air}} \\ &= \frac{402,80\text{ gpm}}{8\text{ gpm/ft}^2} \\ &= 50,35\text{ ft}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume bad} &= \text{Luas} \times \text{tinggi} \\ &= 50,35\text{ ft}^2 \times 6,56\text{ ft} \\ &= 330,37\text{ ft}^3 \\ &= 9,36\text{ m}^3\end{aligned}$$

Mencari diameter bad :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \pi/4 \cdot d^2 \\ 50,35 \text{ ft}^2 &= (\pi/4) \times d^2 \\ D &= 8,008 \text{ ft} = 2,44 \text{ m} \end{aligned}$$

Direncanakan :

$$\begin{aligned} H/D &= 3 \\ H &= 3 \times D = 3 \times (8,008 \text{ ft}) \\ &= 24,03 \text{ ft} = 7,32 \text{ m} \end{aligned}$$

Volume tangki :

$$\begin{aligned} V &= H \times A \\ &= (7,32 \text{ ft}) \times (50,35 \text{ ft}^2) = 1209,7 \text{ ft}^3 = 34,26 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Diasumsikan : tiap galon air mengandung 10 grain hardness, maka :

$$\begin{aligned} \text{Kandungan kation} &= 402,80 \text{ gpm} \times 10 \text{ grain/gal} \\ &= 4028 \text{ grain / menit} \\ &= 241677 \text{ grain / jam} \end{aligned}$$

Dalam $9,36 \text{ m}^3$ H_2Z dapat menghilangkan hardness sebanyak :

$$\begin{aligned} &= 9,36 \times 8000 = 74844,5 \text{ gram} \\ &= 74844,5 \times (2,2046/1000 \text{ lb / gram}) \times 8000 \\ &= 1320017 \text{ grain} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Umur resin} &= \frac{1320017 \text{ grain}}{241677 \text{ grain/jam}} \\ &= 5,46 \text{ jam} \end{aligned}$$

Jadi setelah 5,46 jam resin harus segera diregenerasi dengan menambahkan asam sulfat atau asam klorida.

Spesifikasi kation exchanger :

- Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-240 Grade M type 316
- Diameter (D) : 2,44 m
- Tinggi (H) : 7,32 m

8. Anion Exchanger (D-210B)

Fungsi : Untuk menghilangkan ion-ion negatif yang dapat menyebabkan kesadahan air. Direncanakan anion exchanger yang digunakan sebanyak $1000 \text{ g} / \text{m}^3$.

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-240 Grade M type 316

Dasar perhitungan :

Rate aliran = $91087,2 \text{ kg/jam} = 55,78 \text{ lb/s}$

Densitas air = $995,68 \text{ kg/m}^3 = 62,16 \text{ lb/ft}^3$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{55,78 \text{ lb/jam}}{62,16 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 0,90 \text{ ft}^3 / \text{s} \\ &= 402,80 \text{ gpm} \end{aligned}$$

Direncanakan :

- Tangki berbentuk silinder
- Kecepatan air = $8 \text{ gpm} / \text{ft}^2$
- Tinggi bad = 2 m
= $6,56 \text{ ft}$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang tangki} &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{\text{Kecepatan air}} \\ &= \frac{402,80 \text{ gpm}}{8 \text{ gpm/ft}^2} \\ &= 50,35 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bad} &= \text{Luas} \times \text{tinggi} \\ &= 50,35 \text{ ft}^2 \times 6,56 \text{ ft} \\ &= 330,37 \text{ ft}^3 \\ &= 9,36 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Mencari diameter bad :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \pi/4 \cdot d^2 \\ 50,35 \text{ ft}^2 &= (\pi/4) \times d^2 \\ D &= 8,008 \text{ ft} = 2,44 \text{ m} \end{aligned}$$

Direncanakan :

$$H/D = 3$$

$$H = 3 \times D = 3 \times (8,008 \text{ ft}) \\ = 24,03 \text{ ft} = 7,32 \text{ m}$$

Volume tangki :

$$V = H \times A \\ = (7,32 \text{ ft}) \times (50,35 \text{ ft}^2) = 1209,7 \text{ ft}^3 = 34,26 \text{ m}^3$$

Diasumsikan : tiap galon air mengandung 20 grain hardness, maka :

$$\text{Kandungan kation} = 402,80 \text{ gpm} \times 20 \text{ grain/gal} \\ = 8055,91 \text{ grain / menit} \\ = 483355 \text{ grain / jam}$$

Dalam $9,36 \text{ m}^3$ H₂Z dapat menghilangkan hardness sebanyak :

$$= 9,36 \times 1000 = 9355,56 \text{ gram} \\ = 9355,56 \times (2,2046/1000 \text{ lb / gram}) \times 1000 \\ = 165002 \text{ grain}$$

$$\text{Umur resin} = \frac{165002 \text{ grain}}{483355 \text{ grain/jam}} \\ = 0,34 \text{ jam}$$

Jadi setelah 0,34 jam resin harus segera diregenerasi dengan menambahkan asam sulfat atau asam klorida.

Spesifikasi kation exchanger :

Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA-240 Grade M type 316
Diameter (D)	: 2,44 m
Tinggi (H)	: 7,32 m

9. Pompa Air Proses (L-241)

Fungsi	: Untuk memompa air bersih ke peralatan
Type	: Centrifugal pump
Bahan konstruksi	: Cast Iron

Dasar Perhitungan :

$$\text{Rate aliran} = 7454,34 \text{ kg/jam} = 16433,84 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas air} = 62,16 \text{ lb/ft}^3$$

Viskositas (μ) air = 0,000605 lb/ft·dt

$$\text{Rate volumetrik } (Q_f) = \frac{16433,84 \text{ lb/jam}}{62,16 \text{ lb/ft}^3} = 264,38 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,07 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

Diasumsikan aliran fluida turbulen, maka diperoleh :

$$ID_{\text{opt}} = 3,9 (Q_f)^{(0,45)} \times (\rho)^{0,13} \quad (\text{Peter \& Timmerhaus, pers. 15, hlm 892})$$

$$ID_{\text{opt}} = 3,9 (0,07)^{(0,45)} \times (62,16)^{0,13}$$

$$= 2,06 \text{ in}$$

Standarisasi ID = 2,5 in Sch. 40 (Geankoplis App. 5 hlm 892)

Diperoleh : - OD = 2,88 in

- ID = 2,47 in

- A = 0,033322 ft²

Laju aliran fluida (V)

$$V = \frac{\text{rate volumetrik } (Q_f)}{\text{luas area } (A)} = \frac{0,07 \text{ ft}^3/\text{dt}}{0,033322 \text{ ft}^2} = 2,21 \text{ ft/dt}$$

Cek jenis aliran fluida

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = \frac{(2,47/12) \text{ ft} \times (2,21) \text{ ft/dt} \times (62,16) \text{ lb/ft}^3}{0,000605 \text{ lb/ft} \cdot \text{dt}}$$

$$N_{\text{Re}} = 46732,75 > 2100$$

Karena $N_{\text{Re}} > 2100$, maka jenis aliran fluida adalah turbulen. (Mc. Cabe jilid II, hal. 47)

Ditentukan bahan pipa cast iron $\epsilon = (2,6 \times 10^{-4}) \text{ m}$ (Geankoplis 6th, hal 88)

Sehingga :

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{(2,6 \cdot 10^{-4}) \text{ m} \times 3,2808 \text{ ft/m}}{(2,47/12) \text{ ft}} = 0,00414$$

Dari Geankoplis 6th, gb. 2.10.3 hlm 88, didapat f (Fanning friction factor)

$$f = 0,01$$

Menentukan panjang pipa :

- Pipa lurus = 80 ft

- Elbow, 90° = 2 buah

$$K_f = 2 \times 0,75 = 1,5 \quad (\text{Geankoplis } 6^{\text{th}} \text{ tabel 2.10.1, hal 93})$$

- Gate valve = 1 buah (half open)

$$K_f = 1 \times 4,5 = 4,5 \quad (\text{Geankoplis } 6^{\text{th}} \text{ tabel 2.10.1, hal 93})$$

- Globe valve = 1 buah (wide open)

$$K_f = 1 \times 6 = 6 \quad (\text{Geankoplis } 6^{\text{th}} \text{ tabel 2.10.1, hal 93})$$

$$K_c = 0,55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \quad (\text{Geankoplis } 6^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.16 hal 93})$$

$$= 0,55 \left(1 - \frac{0}{0,006} \right) = 0,55$$

$$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \quad (\text{Geankoplis } 6^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.15 hal 93})$$

$$= \left(1 - \frac{0,006}{0} \right)^2 = 1$$

$$\sum F = \left[4f \frac{\Delta L}{D} + K_x + K_c + K_f \right] \frac{v^2}{2} \quad (\text{Geankoplis } 6^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.18 hal 94})$$

$$\sum F = \left[4(0,01) \frac{(80)}{(2,47/12)} + 1 + 0,55 + 1,5 + 4,5 + 6 \right] \frac{(2,21)^2}{2}$$

$$\sum F = 71,11 \text{ lb}_f \text{ ft/lb}_m$$

Menentukan tenaga penggerak pompa.

Berdasarkan pers. Bernoulli (pers. 2.7.28, Geankoplis 6th hlm 64) :

$$\frac{1}{2\alpha} (v_{2av}^2 - v_{1av}^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} + \frac{\Delta z \cdot g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

Direncanakan :

- $\Delta z = 10 \text{ ft}$
- $\Delta P = 0$
- $\Delta v = 2,21 \text{ ft/dt}$
- $\alpha = 1$

Maka :

$$-W_s = \left[\frac{(2,21)^2}{(2) \times (1) \times (32,2)} \right] + \left[\frac{(10) \times (9,8)}{32,2} \right] + \left[\frac{0}{62,16} \right] + 71,11$$

$$W_s = 74,23$$

Tenaga penggerak

$$\begin{aligned} \text{WHP} &= \frac{W_s \cdot Q_f \cdot \rho}{550} \\ &= \frac{(74,23) \times (0,07) \times (62,16)}{550} = 0,62 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Kapasitas = 32,56 gallon/menit

η (effisiensi) pompa = 45 % (Peter & Timmerhaus, fig. 14.37 hal 520)

$$\text{BHP} = \frac{\text{WHP}}{\eta}$$

$$\text{BHP} = \frac{0,62 \text{ Hp}}{0,45} = 0,37 \text{ Hp}$$

η (effisiensi) motor = 78 % (Peter & Timmerhaus, fig. 14.37 hal 520)

$$\text{Daya motor} = \frac{\text{BHP}}{\eta} = \frac{0,37 \text{ Hp}}{0,78} = 1,76 \text{ Hp} \approx 2 \text{ Hp}$$

Spesifikasi pompa :

- Tipe : Centrifugal pump
- Daya pompa : 2 Hp
- Bahan konstruksi : Cast iron
- Jumlah : 1 buah

10. Pompa ke Bak Air Sanitasi (L-229)

Fungsi : Untuk memompa air dari bak klorinasi ke bak air sanitasi

Type : Centrifugal pump

Bahan konstruksi : Cast Iron

Dasar perhitungan :

Rate aliran = 773,5 kg/jam = 1705,26 lb/jam

Densitas air = 62,16 lb/ft³

Viskositas (μ) air = 0,000605 lb/ft.dt

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik } (Q_f) &= \frac{1705,26 \text{ lb/jam}}{62,16 \text{ lb/ft}^3} = 27,43 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,01 \text{ ft}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Diasumsikan aliran fluida turbulen, maka diperoleh :

$$ID_{\text{opt}} = 3,9 (Q_f)^{(0,45)} \times (\rho)^{0,13} \quad (\text{Peter \& Timmerhaus, pers. 15, hlm 892})$$

$$\begin{aligned} ID_{\text{opt}} &= 3,9 (0,01)^{(0,45)} \times (62,16)^{0,13} \\ &= 0,69 \text{ in} \end{aligned}$$

Standarisasi ID = 1 in Sch. 40 *(Geankoplis, App.A-5 hal. 892)*

Diperoleh	:	-	OD	=	1,32 in
			- ID	=	1,05 in
			- A	=	0,006 ft ²

Laju aliran fluida (V)

$$V = \frac{\text{rate volumetrik } (Q_f)}{\text{luas area } (A)} = \frac{0,01 \text{ ft}^3/\text{dt}}{0,006 \text{ ft}^2} = 1,07 \text{ ft/dt}$$

Cek jenis aliran fluida

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = \frac{(1,05/12) \text{ ft} \times (1,07) \text{ ft/dt} \times (62,16) \text{ lb/ft}^3}{0,000605 \text{ lb/ft} \cdot \text{dt}}$$

$$N_{\text{Re}} = 9652,16 > 2100$$

Karena $N_{\text{Re}} > 2100$, maka jenis aliran fluida adalah turbulen. *(Mc. Cabe jilid II, hal. 47)*

Ditentukan bahan pipa cast iron $\varepsilon = (2,6 \times 10^{-4}) \text{ m}$ *(Geankoplis 6th, hal 88)*

Sehingga :

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{(2,6 \cdot 10^{-4}) \text{ m} \times 3,2808 \text{ ft/m}}{(1,05/12) \text{ ft}} = 0,0098$$

Dari *Geankoplis 6th, gb. 2.10.3 hlm 88*, didapat f (Fanning friction factor)

$$f = 0,014$$

Menentukan panjang pipa :

- Pipa lurus = 25 ft

- Elbow, 90° = 2 buah

$$K_f = 2 \times 0,75 = 1,5 \quad (\text{Geankoplis 6th tabel 2.10.1, hal 93})$$

- Gate valve = 1 buah (half open)
 - $K_f = 1 \times 4,5 = 4,5$ (Geankoplis 6th tabel 2.10.1, hal 93)
 - Globe valve = 1 buah (wide open)
 - $K_f = 1 \times 6 = 6$ (Geankoplis 6th tabel 2.10.1, hal 93)
- $$K_c = 0,55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \quad (\text{Geankoplis 6}^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.16 hal 93})$$
- $$= 0,55 \left(1 - \frac{0}{0,3474} \right) = 0,55$$
- $$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \quad (\text{Geankoplis 6}^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.15}$$

hal 93)

$$= \left(1 - \frac{0,3474}{0} \right)^2 = 1$$

$$\sum F = \left[4f \frac{\Delta L}{D} + K_x + K_c + K_f \right] \frac{v^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 6}^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.18 hal 94})$$

$$\sum F = \left[4(0,014) \frac{(25)}{(1,05/12)} + 1 + 0,55 + 1,5 + 4,5 + 6 \right] \frac{(1,07)^2}{2}$$

$$\sum F = 17,07 \text{ lb}_f \text{ ft/lb}_m$$

Menentukan tenaga penggerak pompa.

Berdasarkan pers. Bernoulli (pers. 2.7.28, Geankoplis 6th hlm 64) :

$$\frac{1}{2\alpha} (v_{2av}^2 - v_{1av}^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} + \frac{\Delta z \cdot g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

Direncanakan :

- $\Delta z = 10 \text{ ft}$
- $\Delta P = 0$
- $\Delta v = 1,07 \text{ ft/dt}$
- $\alpha = 1$

Maka :

$$-W_s = \left[\frac{(1,07)^2}{(2) \times (1) \times (32,2)} \right] + \left[\frac{(10) \times (9,8)}{32,2} \right] + \left[\frac{0}{62,16} \right] + [17,07]$$

$$W_s = 20,13$$

Tenaga penggerak

$$\begin{aligned} \text{WHP} &= \frac{W_s \cdot Q_f \cdot \rho}{550} \\ &= \frac{(20,13) \times (0,01) \times (62,16)}{550} = 0,01 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Kapasitas = 2,86 gallon/menit

η (effisiensi) pompa = 45% (*Peter & Timmerhaus, fig. 14.37 hal 520*)

$$\text{BHP} = \frac{\text{WHP}}{\eta}$$

$$\text{BHP} = \frac{0,01 \text{ Hp}}{0,45} = 0,03 \text{ Hp}$$

η (effisiensi) motor = 78 % (*Peter & Timmerhaus, fig. 14.37 hal 520*)

$$\text{Daya motor} = \frac{\text{BHP}}{\eta} = \frac{0,03 \text{ Hp}}{0,78} = 0,04 \text{ Hp} \approx 0,1 \text{ Hp}$$

Spesifikasi pompa :

- Type : Centrifugal pump
- Daya pompa : 1 Hp
- Bahan konstruksi : Cast iron
- Jumlah : 1 buah

11. Pompa ke Peralatan (L-227)

Fungsi : Untuk memompa air dari bak air pendingin ke peralatan proses

Type : Centrifugal pump

Bahan : Cast Iron

Dasar perhitungan :

Rate aliran = 82053 kg/jam = 180895,84 lb/jam

Densitas air = 62,16 lb/ft³

Viskositas (μ) air = 0,000605 lb/ft·dt

$$\text{Rate volumetrik } (Q_f) = \frac{180895,84 \text{ lb/jam}}{62,16 \text{ lb/ft}^3} = 2910,16 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

$$= 0,81 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

Diasumsikan aliran fluida turbulen, maka diperoleh :

$$ID_{\text{opt}} = 3,9 (Q_f)^{(0,45)} \times (\rho)^{0,13} \quad (\text{Peter \& Timmerhaus, pers. 15, hlm 892})$$

$$ID_{\text{opt}} = 3,9 (0,81)^{(0,45)} \times (62,16)^{0,13}$$

$$= 6,06 \text{ in}$$

Standarisasi ID = 8 in Sch. 40 *(Geankoplis, App.A-5 hal. 892)*

Diperoleh	:	-	OD	=	8,63 in
		-	ID	=	7,98 in
		-	A	=	0,3474 ft ²

Laju aliran fluida (V)

$$V = \frac{\text{rate volumetrik } (Q_f)}{\text{luas area } (A)} = \frac{0,81 \text{ ft}^3/\text{dt}}{0,3474 \text{ ft}^2} = 2,33 \text{ ft/dt}$$

Cek jenis aliran fluida

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = \frac{(7,98/12) \text{ ft} \times (2,33) \text{ ft/dt} \times (62,16) \text{ lb/ft}^3}{0,000605 \text{ lb/ft} \cdot \text{dt}}$$

$$N_{\text{Re}} = 159007,26 > 2100$$

Karena $N_{\text{Re}} > 2100$, maka jenis aliran fluida adalah turbulen. *(Mc. Cabe jilid II, hal. 47)*

Ditentukan bahan pipa cast iron $\epsilon = (2,6 \times 10^{-4}) \text{ m}$ *(Geankoplis 6th, hal 88)*

Sehingga :

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{(2,6 \cdot 10^{-4}) \text{ m} \times 3,2808 \text{ ft/m}}{(7,98/12) \text{ ft}} = 0,0013$$

Dari *Geankoplis 6th, gb. 2.10.3 hlm 88*, didapat f (Fanning friction factor)

$$f = 0,006$$

Menentukan panjang pipa :

- Pipa lurus = 80 ft
- Elbow, 90° = 3 buah
- $K_f = 3 \times 0,75 = 2,25$ *(Geankoplis 6th tabel 2.10.1, hal 93)*

- Gate valve = 1 buah (half open)
 - $K_f = 1 \times 4,5 = 4,5$ (Geankoplis 6th tabel 2.10.1, hal 93)
 - Globe valve = 1 buah (wide open)
 - $K_f = 1 \times 6 = 6$ (Geankoplis 6th tabel 2.10.1, hal 93)
- $$K_c = 0,55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \quad (\text{Geankoplis 6}^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.16 hal 93})$$
- $$= 0,55 \left(1 - \frac{0}{0,3474} \right) = 0,55$$
- $$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \quad (\text{Geankoplis 6}^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.15}$$

hal 93)

$$= \left(1 - \frac{0,3474}{0} \right)^2 = 1$$

$$\sum F = \left[4f \frac{\Delta L}{D} + K_x + K_c + K_f \right] \frac{v^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 6}^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.18 hal 94})$$

$$\sum F = \left[4(0,006) \frac{(80)}{(7,98/12)} + 1 + 0,55 + 2,25 + 4,5 + 6 \right] \frac{(2,33)^2}{2}$$

$$\sum F = 44,50 \text{ lb}_f \text{ ft/lb}_m$$

Menentukan tenaga penggerak pompa.

Berdasarkan pers. Bernoulli (pers. 2.7.28, Geankoplis 6th hlm 64) :

$$\frac{1}{2\alpha} (v_{2av}^2 - v_{1av}^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} + \frac{\Delta z \cdot g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

Direncanakan :

- $\Delta z = 12 \text{ ft}$
- $\Delta P = 0$
- $\Delta v = 2,33 \text{ ft/dt}$
- $\alpha = 1$

Maka :

$$-W_s = \left[\frac{(2,33)^2}{(2) \times (1) \times (32,2)} \right] + \left[\frac{(12) \times (9,8)}{32,2} \right] + \left[\frac{0}{62,16} \right] + [44,50]$$

$$-W_s = 48,24$$

Tenaga penggerak

$$\begin{aligned} \text{WHP} &= \frac{-W_s \cdot Q_f \cdot \rho}{550} \\ &= \frac{(48,24) \times (0,81) \times (62,16)}{550} = 4,41 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Kapasitas = 358,41 gallon/menit

η (effisiensi) pompa = 80% (Peter & Timmerhaus, fig. 14.37 hal 520)

$$\text{BHP} = \frac{\text{WHP}}{\eta}$$

$$\text{BHP} = \frac{4,41 \text{ Hp}}{0,8} = 5,51 \text{ Hp}$$

η (effisiensi) motor = 85 % (Peter & Timmerhaus, fig. 14.37 hal 520)

$$\text{Daya motor} = \frac{\text{BHP}}{\eta} = \frac{5,51 \text{ Hp}}{0,85} = 6,48 \text{ Hp} \approx 7 \text{ Hp}$$

Spesifikasi pompa :

- Type : Centrifugal pump
- Daya pompa : 7 Hp
- Bahan konstruksi : Cast iron
- Jumlah : 1 buah

12. Pompa ke Deaerator (L-222)

Fungsi : Untuk memompa air dari bak air lunak ke deaerator
 Type : Centrifugal pump
 Bahan : Cast iron

Dasar perhitungan :

Rate aliran = 9033,42 kg/jam = 19915,08 lb/jam
 Densitas air = 62,16 lb/ft³
 Viskositas (μ) air = 0,000605 lb/ft.dt

$$\text{Rate volumetrik } (Q_f) = \frac{19915,08 \text{ lb/jam}}{62,16 \text{ lb/ft}^3} = 320,38 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,09 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

Diasumsikan aliran fluida turbulen, maka diperoleh :

$$ID_{\text{opt}} = 3,9 (Q_f)^{(0,45)} \times (\rho)^{0,13} \quad (\text{Peter \& Timmerhaus, pers. 15, hlm 892})$$

$$ID_{\text{opt}} = 3,9 (0,09)^{(0,45)} \times (62,16)^{0,13}$$

$$= 2,25 \text{ in}$$

Standarisasi ID = 2,5 in Sch. 40 *(Geankoplis, App.A-5 hal. 892)*

Diperoleh	:	-	OD	=	2,875 in
			ID	=	2,469 in
			A	=	0,03322 ft ²

Laju aliran fluida (V)

$$V = \frac{\text{rate volumetrik } (Q_f)}{\text{luas area } (A)} = \frac{0,09 \text{ ft}^3/\text{dt}}{0,03322 \text{ ft}^2} = 2,68 \text{ ft/dt}$$

Cek jenis aliran fluida

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = \frac{(2,469/12) \text{ ft} \times (2,68) \text{ ft/dt} \times (62,16) \text{ lb/ft}^3}{0,000605 \text{ lb/ft} \cdot \text{dt}}$$

$$N_{\text{Re}} = 56632,32 > 2100$$

Karena $N_{\text{Re}} > 2100$, maka jenis aliran fluida adalah turbulen. *(Mc. Cabe jilid II, hal. 47)*

Ditentukan bahan pipa cast iron $\varepsilon = (2,6 \times 10^{-4}) \text{ m}$ *(Geankoplis 6th, hal 88)*

Sehingga :

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{(2,6 \cdot 10^{-4}) \text{ m} \times 3,2808 \text{ ft/m}}{(2,47/12) \text{ ft}} = 0,004$$

Dari *Geankoplis 6th, gb. 2.10.3 hlm 88*, didapat f (Fanning friction factor)

$$f = 0,0095$$

Menentukan panjang pipa :

- Pipa lurus = 30 ft
- Elbow, 90° = 2 buah
- $K_f = 2 \times 0,75 = 1,5$ *(Geankoplis 6th tabel 2.10.1, hal 93)*
- Gate valve = 1 buah (half open)

$$K_f = 1 \times 4,5 = 4,5 \quad (\text{Geankoplis } 6^{\text{th}} \text{ tabel 2.10.1, hal 93})$$

- Globe valve = 1 buah (wide open)

$$K_f = 1 \times 6 = 6 \quad (\text{Geankoplis } 6^{\text{th}} \text{ tabel 2.10.1, hal 93})$$

$$K_c = 0,55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \quad (\text{Geankoplis } 6^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.16}$$

hal 93)

$$= 0,55 \left(1 - \frac{0}{0,3474} \right) = 0,55$$

$$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \quad (\text{Geankoplis } 6^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.15}$$

hal 93)

$$= \left(1 - \frac{0,3474}{0} \right)^2 = 1$$

$$\sum F = \left[4f \frac{\Delta L}{D} + K_x + K_c + K_f \right] \frac{v^2}{2} \quad (\text{Geankoplis } 6^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.18 hal 94})$$

$$\sum F = \left[4(0,0095) \frac{(30)}{(7,98/12)} + 1 + 0,55 + 1,5 + 4,5 + 6 \right] \frac{2,68^2}{2}$$

$$\sum F = 68,51 \text{ lb}_f \text{ ft/lb}_m$$

Menentukan tenaga penggerak pompa.

Berdasarkan pers. Bernoulli (pers. 2.7.28, Geankoplis 6th hlm 64) :

$$\frac{1}{2\alpha} (v_{2av}^2 - v_{1av}^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} + \frac{\Delta z \cdot g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

Direncanakan :

- Δz = 10 ft
- ΔP = 0
- Δv = 2,68 ft/dt
- α = 1

Maka :

$$-W_s = \left[\frac{(2,68)^2}{(2) \times (1) \times (32,2)} \right] + \left[\frac{(10) \times (9,8)}{32,2} \right] + \left[\frac{0}{62,16} \right] + [68,51]$$

$$-W_s = 71,66$$

Tenaga penggerak

$$\begin{aligned} \text{WHP} &= \frac{-W_s \cdot Q_f \cdot \rho}{550} \\ &= \frac{(71,66) \times (0,09) \times (62,16)}{550} = 0,72 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Kapasitas = 39,46 gallon/menit

η (effisiensi) pompa = 55% (Peter & Timmerhaus, fig. 14.37 hal 520)

$$\text{BHP} = \frac{\text{WHP}}{\eta}$$

$$\text{BHP} = \frac{0,72 \text{ Hp}}{0,8} = 1,31 \text{ Hp}$$

η (effisiensi) motor = 80 % (Peter & Timmerhaus, fig. 14.37 hal 520)

$$\text{Daya motor} = \frac{\text{BHP}}{\eta} = \frac{1,31 \text{ Hp}}{0,80} = 1,64 \text{ Hp} \approx 2 \text{ Hp}$$

Spesifikasi pompa :

- Type : Centrifugal pump
- Daya pompa : 2 Hp
- Bahan konstruksi : Cast iron
- Jumlah : 1 buah

13. Pompa Air Bersih (L-219)

Fungsi : untuk memompa air dari bak air bersih ke anion dan kation exchanger

Type : Centrifugal pump

Bahan : Cast iron

Dasar Perhitungan :

Dasar perhitungan :

$$\text{Rate aliran} = 91087 \text{ kg/jam} = 200810,93 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas air} = 62,16 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Viskositas } (\mu) \text{ air} = 0,000605 \text{ lb/ft}\cdot\text{dt}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik } (Q_f) &= \frac{200810,93 \text{ lb/jam}}{62,16 \text{ lb/ft}^3} = 3230,55 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,90 \text{ ft}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Diasumsikan aliran fluida turbulen, maka diperoleh :

$$ID_{\text{opt}} = 3,9 (Q_f)^{(0,45)} \times (\rho)^{0,13} \quad (\text{Peter \& Timmerhaus, pers. 15, hlm 892})$$

$$\begin{aligned} ID_{\text{opt}} &= 3,9 (0,90)^{(0,45)} \times (62,16)^{0,13} \\ &= 6,35 \text{ in} \end{aligned}$$

Standarisasi ID = 8 in Sch. 40 *(Geankoplis, App.A-5 hal. 892)*

$$\begin{aligned} \text{Diperoleh} \quad : \quad & - \quad OD = 8,63 \text{ in} \\ & - \quad ID = 7,98 \text{ in} \\ & - \quad A = 0,3474 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Laju aliran fluida (V)

$$V = \frac{\text{rate volumetrik } (Q_f)}{\text{luas area } (A)} = \frac{0,98 \text{ ft}^3/\text{dt}}{0,3474 \text{ ft}^2} = 2,81 \text{ ft/dt}$$

Cek jenis aliran fluida

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = \frac{(7,98/12) \text{ ft} \times (2,81) \text{ ft/dt} \times (62,16) \text{ lb/ft}^3}{0,000605 \text{ lb/ft} \cdot \text{dt}}$$

$$N_{\text{Re}} = 192226,24 > 2100$$

Karena $N_{\text{Re}} > 2100$, maka jenis aliran fluida adalah turbulen. *(Mc. Cabe jilid II, hal. 47)*

Ditentukan bahan pipa cast iron $\varepsilon = (2,6 \times 10^{-4}) \text{ m}$ *(Geankoplis 6th, hal 88)*

Sehingga :

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{(2,6 \cdot 10^{-4}) \text{ m} \times 3,2808 \text{ ft/m}}{(7,98/12) \text{ ft}} = 0,0012$$

Dari *Geankoplis 6th, gb. 2.10.3 hlm 88*, didapat f (Fanning friction factor)

$$f = 0,0095$$

Menentukan panjang pipa :

- Pipa lurus = 30 ft
- Elbow, 90° = 2 buah

- $K_f = 2 \times 0,75 = 1,5$ (Geankoplis 6th tabel 2.10.1, hal 93)
 - Gate valve = 1 buah (half open)
 $K_f = 1 \times 4,5 = 4,5$ (Geankoplis 6th tabel 2.10.1, hal 93)
 - Globe valve = 1 buah (wide open)
 $K_f = 1 \times 6 = 6$ (Geankoplis 6th tabel 2.10.1, hal 93)

$$K_c = 0,55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \quad (\text{Geankoplis 6}^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.16})$$

hal 93)

$$= 0,55 \left(1 - \frac{0}{0,3474} \right) = 0,55$$

$$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \quad (\text{Geankoplis 6}^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.15})$$

hal 93)

$$= \left(1 - \frac{0,3474}{0} \right)^2 = 1$$

$$\sum F = \left[4f \frac{\Delta L}{D} + K_x + K_c + K_f \right] \frac{v^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 6}^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.18 hal 94})$$

$$\sum F = \left[4(0,0095) \frac{(30)}{(7,98/12)} + 1 + 0,55 + 1,5 + 4,5 + 6 \right] \frac{2,81^2}{2}$$

$$\sum F = 60,04 \text{ lb}_f \text{ ft/lb}_m$$

Menentukan tenaga penggerak pompa.

Berdasarkan pers. Bernoulli (pers. 2.7.28, Geankoplis 6th hlm 64) :

$$\frac{1}{2\alpha} (v_{2av}^2 - v_{1av}^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} + \frac{\Delta z \cdot g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

Direncanakan :

- $\Delta z = 10 \text{ ft}$
 - $\Delta P = 0$
 - $\Delta v = 2,81 \text{ ft/dt}$

$$- \alpha = 1$$

Maka :

$$-W_s = \left[\frac{(2,81)^2}{(2) \times (1) \times (32,2)} \right] + \left[\frac{(10) \times (9,8)}{32,2} \right] + \left[\frac{0}{62,16} \right] + [60,04]$$

$$-W_s = 63,20$$

Tenaga penggerak

$$\begin{aligned} \text{WHP} &= \frac{-W_s \cdot Q_f \cdot \rho}{550} \\ &= \frac{(63,25) \times (0,98) \times (62,16)}{550} = 6,98 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Kapasitas = 433,29 gallon/menit

η (effisiensi) pompa = 80% (Peter & Timmerhaus, fig. 14.37 hal 520)

$$\text{BHP} = \frac{\text{WHP}}{\eta}$$

$$\text{BHP} = \frac{6,98 \text{ Hp}}{0,8} = 8,73 \text{ Hp}$$

η (effisiensi) motor = 85% (Peter & Timmerhaus, fig. 14.37 hal 520)

$$\text{Daya motor} = \frac{\text{BHP}}{\eta} = \frac{8,73 \text{ Hp}}{0,85} = 10,27 \text{ Hp} \approx 11 \text{ Hp}$$

Spesifikasi pompa :

- Type : Centrifugal pump
- Daya pompa : 11 Hp
- Bahan konstruksi : Cast iron
- Jumlah : 1 buah

14. Pompa ke Boiler (L-224)

Fungsi : Untuk memompa air dari deaerator ke boiler

Type : Centrifugal pump

Dasar perhitungan :

Rate aliran = 9033,42 kg/jam = 19915,08 lb/jam

Densitas air = 62,16 lb/ft³

Viskositas (μ) air = 0,000605 lb/ft.dt

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik } (Q_f) &= \frac{19915,08 \text{ lb/jam}}{62,16 \text{ lb/ft}^3} = 320,38 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,09 \text{ ft}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Diasumsikan aliran fluida turbulen, maka diperoleh :

$$\begin{aligned} ID_{\text{opt}} &= 3,9 (Q_f)^{(0,45)} \times (\rho)^{0,13} \quad (\text{Peter \& Timmerhaus, pers. 15, hlm 892}) \\ ID_{\text{opt}} &= 3,9 (0,09)^{(0,45)} \times (62,16)^{0,13} \\ &= 2,25 \text{ in} \end{aligned}$$

Standarisasi ID = 2,5 in Sch. 40 *(Geankoplis, App.A-5 hal. 892)*

$$\begin{aligned} \text{Diperoleh} \quad : \quad & - \text{ OD} = 2,875 \text{ in} \\ & - \text{ ID} = 2,469 \text{ in} \\ & - \text{ A} = 0,03322 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Laju aliran fluida (V)

$$V = \frac{\text{rate volumetrik } (Q_f)}{\text{luas area } (A)} = \frac{0,09 \text{ ft}^3/\text{dt}}{0,03322 \text{ ft}^2} = 2,68 \text{ ft/dt}$$

Cek jenis aliran fluida

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = \frac{(2,469/12) \text{ ft} \times (2,68) \text{ ft/dt} \times (62,16) \text{ lb/ft}^3}{0,000605 \text{ lb/ft} \cdot \text{dt}}$$

$$N_{\text{Re}} = 56632,32 > 2100$$

Karena $N_{\text{Re}} > 2100$, maka jenis aliran fluida adalah turbulen. *(Mc. Cabe jilid II, hal. 47)*

Ditentukan bahan pipa cast iron $\varepsilon = (2,6 \times 10^{-4}) \text{ m}$ *(Geankoplis 6th, hal 88)*

Sehingga :

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{(2,6 \cdot 10^{-4}) \text{ m} \times 3,2808 \text{ ft/m}}{(2,47/12) \text{ ft}} = 0,004$$

Dari *Geankoplis 6th, gb. 2.10.3 hlm 88*, didapat f (Fanning friction factor)

$$f = 0,0095$$

Menentukan panjang pipa :

- Pipa lurus = 30 ft
- Elbow, 90° = 2 buah
- $K_f = 2 \times 0,75 = 1,5$ *(Geankoplis 6th tabel 2.10.1, hal 93)*
- Gate valve = 1 buah (half open)

$$K_f = 1 \times 4,5 = 4,5 \quad (\text{Geankoplis } 6^{\text{th}} \text{ tabel 2.10.1, hal 93})$$

- Globe valve = 1 buah (wide open)

$$K_f = 1 \times 6 = 6 \quad (\text{Geankoplis } 6^{\text{th}} \text{ tabel 2.10.1, hal 93})$$

$$K_c = 0,55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \quad (\text{Geankoplis } 6^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.16}$$

hal 93)

$$= 0,55 \left(1 - \frac{0}{0,3474} \right) = 0,55$$

$$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \quad (\text{Geankoplis } 6^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.15}$$

hal 93)

$$= \left(1 - \frac{0,3474}{0} \right)^2 = 1$$

$$\sum F = \left[4f \frac{\Delta L}{D} + K_x + K_c + K_f \right] \frac{v^2}{2} \quad (\text{Geankoplis } 6^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.18 hal 94})$$

$$\sum F = \left[4(0,0095) \frac{(30)}{(7,98/12)} + 1 + 0,55 + 1,5 + 4,5 + 6 \right] \frac{2,68^2}{2}$$

$$\sum F = 68,51 \text{ lb}_f \text{ ft/lb}_m$$

Menentukan tenaga penggerak pompa.

Berdasarkan pers. Bernoulli (pers. 2.7.28, Geankoplis 6th hlm 64) :

$$\frac{1}{2\alpha} (v_{2av}^2 - v_{1av}^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} + \frac{\Delta z \cdot g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

Direncanakan :

- $\Delta z = 10 \text{ ft}$
- $\Delta P = 0$
- $\Delta v = 2,68 \text{ ft/dt}$
- $\alpha = 1$

Maka :

$$-W_s = \left[\frac{(2,68)^2}{(2) \times (1) \times (32,2)} \right] + \left[\frac{(10) \times (9,8)}{32,2} \right] + \left[\frac{0}{62,16} \right] + [68,51]$$

$$-W_s = 71,66$$

Tenaga penggerak

$$\begin{aligned} \text{WHP} &= \frac{-W_s \cdot Q_f \cdot \rho}{550} \\ &= \frac{(71,66) \times (0,09) \times (62,16)}{550} = 0,72 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Kapasitas = 39,46 gallon/menit

η (effisiensi) pompa = 55%% (Peter & Timmerhaus, fig. 14.37 hal 520)

$$\text{BHP} = \frac{\text{WHP}}{\eta}$$

$$\text{BHP} = \frac{0,72 \text{ Hp}}{0,8} = 1,31 \text{ Hp}$$

η (effisiensi) motor = 80 % (Peter & Timmerhaus, fig. 14.37 hal 520)

$$\text{Daya motor} = \frac{\text{BHP}}{\eta} = \frac{1,31 \text{ Hp}}{0,80} = 1,64 \text{ Hp} \approx 2 \text{ Hp}$$

Spesifikasi pompa :

- Type : Centrifugal pump
- Daya pompa : 2 Hp
- Bahan konstruksi : Cast iron
- Jumlah : 1 buah

15. Pompa ke Bak Air Pendingin (L-225)

Fungsi : Untuk memompa dari bak air lunak ke bak air pendingin

Type : Centrifugal pump

Bahan konstruksi : Cast Iron

Dasar Perhitungan :

Dasar perhitungan :

Rate aliran = 82053,82 kg/jam = 180895,85 lb/jam

Densitas air = 62,16 lb/ft³

$$\text{Viskositas } (\mu) \text{ air} = 0,000605 \text{ lb/ft}\cdot\text{dt}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik } (Q_f) &= \frac{180895,85 \text{ lb/jam}}{62,16 \text{ lb/ft}^3} = 2910,16 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,81 \text{ ft}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Diasumsikan aliran fluida turbulen, maka diperoleh :

$$ID_{\text{opt}} = 3,9 (Q_f)^{(0,45)} \times (\rho)^{0,13} \quad (\text{Peter \& Timmerhaus, pers. 15, hlm 892})$$

$$\begin{aligned} ID_{\text{opt}} &= 3,9 (0,81)^{(0,45)} \times (62,16)^{0,13} \\ &= 6,06 \text{ in} \end{aligned}$$

Standarisasi ID = 8 in Sch. 40 *(Geankoplis, App.A-5 hal. 892)*

$$\begin{aligned} \text{Diperoleh} \quad : \quad & - \quad OD = 8,63 \text{ in} \\ & - \quad ID = 7,98 \text{ in} \\ & - \quad A = 0,3474 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Laju aliran fluida (V)

$$V = \frac{\text{rate volumetrik } (Q_f)}{\text{luas area } (A)} = \frac{0,98 \text{ ft}^3/\text{dt}}{0,3474 \text{ ft}^2} = 2,81 \text{ ft/dt}$$

Cek jenis aliran fluida

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = \frac{(7,98/12) \text{ ft} \times (0,81) \text{ ft/dt} \times (62,16) \text{ lb/ft}^3}{0,000605 \text{ lb/ft} \cdot \text{dt}}$$

$$N_{\text{Re}} = 192226,24 > 2100$$

Karena $N_{\text{Re}} > 2100$, maka jenis aliran fluida adalah turbulen. *(Mc. Cabe jilid II, hal. 47)*

Ditentukan bahan pipa cast iron $\varepsilon = (2,6 \times 10^{-4}) \text{ m}$ *(Geankoplis 6th, hal 88)*

Sehingga :

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{(2,6 \cdot 10^{-4}) \text{ m} \times 3,2808 \text{ ft/m}}{(7,98/12) \text{ ft}} = 0,0012$$

Dari *Geankoplis 6th, gb. 2.10.3 hlm 88*, didapat f (Fanning friction factor)

$$f = 0,0095$$

Menentukan panjang pipa :

$$\begin{aligned} - \text{ Pipa lurus} &= 30 \text{ ft} \\ - \text{ Elbow, } 90^\circ &= 2 \text{ buah} \\ K_f &= 2 \times 0,75 = 1,5 \quad (\text{Geankoplis 6th tabel 2.10.1, hal 93}) \end{aligned}$$

- Gate valve = 1 buah (half open)
 $K_f = 1 \times 4,5 = 4,5$ (Geankoplis 6th tabel 2.10.1, hal 93)

- Globe valve = 1 buah (wide open)
 $K_f = 1 \times 6 = 6$ (Geankoplis 6th tabel 2.10.1, hal 93)

$$K_c = 0,55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \quad (\text{Geankoplis 6}^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.16})$$

hal 93)

$$= 0,55 \left(1 - \frac{0}{0,3474} \right) = 0,55$$

$$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \quad (\text{Geankoplis 6}^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.15})$$

hal 93)

$$= \left(1 - \frac{0,3474}{0} \right)^2 = 1$$

$$\sum F = \left[4f \frac{\Delta L}{D} + K_x + K_c + K_f \right] \frac{v^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 6}^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.18 hal 94})$$

$$\sum F = \left[4(0,0095) \frac{(30)}{(7,98/12)} + 1 + 0,55 + 1,5 + 4,5 + 6 \right] \frac{2,81^2}{2}$$

$$\sum F = 60,04 \text{ lb}_f \text{ ft/lb}_m$$

Menentukan tenaga penggerak pompa.

Berdasarkan pers. Bernoulli (pers. 2.7.28, Geankoplis 6th hlm 64) :

$$\frac{1}{2\alpha} (v_{2av}^2 - v_{1av}^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} + \frac{\Delta z \cdot g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

Direncanakan :

- $\Delta z = 10 \text{ ft}$
 - $\Delta P = 0$
 - $\Delta v = 2,81 \text{ ft/dt}$
 - $\alpha = 1$

Maka :

$$-W_s = \left[\frac{(2,81)^2}{(2) \times (1) \times (32,2)} \right] + \left[\frac{(10) \times (9,8)}{32,2} \right] + \left[\frac{0}{62,16} \right] + [60,04]$$

$$-W_s = 63,20$$

Tenaga penggerak

$$\begin{aligned} \text{WHP} &= \frac{-W_s \cdot Q_f \cdot \rho}{550} \\ &= \frac{(63,25) \times (0,98) \times (62,16)}{550} = 6,98 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Kapasitas = 433,29 gallon/menit

η (effisiensi) pompa = 80% (Peter & Timmerhaus, fig. 14.37 hal 520)

$$\text{BHP} = \frac{\text{WHP}}{\eta}$$

$$\text{BHP} = \frac{6,98 \text{ Hp}}{0,8} = 8,73 \text{ Hp}$$

η (effisiensi) motor = 85 % (Peter & Timmerhaus, fig. 14.37 hal 520)

$$\text{Daya motor} = \frac{\text{BHP}}{\eta} = \frac{8,73 \text{ Hp}}{0,85} = 10,27 \text{ Hp} \approx 11 \text{ Hp}$$

Spesifikasi pompa :

- Type : Centrifugal pump
- Daya pompa : 11 Hp
- Bahan konstruksi : Cast iron
- Jumlah : 1 buah

16. Pompa ke Bak Klorinasi (L-228)

Fungsi : Untuk memompa air dari bak air bersih ke bak klorinasi

Type : Centrifugal pump

Bahan konstruksi : Cast Iron

Dasar perhitungan :

Rate aliran = 773,5 kg/jam = 1705,26 lb/jam

Densitas air = 62,16 lb/ft³

$$\text{Viskositas } (\mu) \text{ air} = 0,000605 \text{ lb/ft}\cdot\text{dt}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik } (Q_f) &= \frac{1705,26 \text{ lb/jam}}{62,16 \text{ lb/ft}^3} = 27,43 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,01 \text{ ft}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Diasumsikan aliran fluida turbulen, maka diperoleh :

$$ID_{\text{opt}} = 3,9 (Q_f)^{(0,45)} \times (\rho)^{0,13} \quad (\text{Peter \& Timmerhaus, pers. 15, hlm 892})$$

$$\begin{aligned} ID_{\text{opt}} &= 3,9 (0,01)^{(0,45)} \times (62,16)^{0,13} \\ &= 0,69 \text{ in} \end{aligned}$$

Standarisasi ID = 1 in Sch. 40 *(Geankoplis, App.A-5 hal. 892)*

Diperoleh	:	-	OD	=	1,32 in
		-	ID	=	1,05 in
		-	A	=	0,006 ft ²

Laju aliran fluida (V)

$$V = \frac{\text{rate volumetrik } (Q_f)}{\text{luas area } (A)} = \frac{0,01 \text{ ft}^3/\text{dt}}{0,006 \text{ ft}^2} = 1,07 \text{ ft/dt}$$

Cek jenis aliran fluida

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = \frac{(1,05/12) \text{ ft} \times (1,07) \text{ ft/dt} \times (62,16) \text{ lb/ft}^3}{0,000605 \text{ lb/ft} \cdot \text{dt}}$$

$$N_{\text{Re}} = 9652,16 > 2100$$

Karena $N_{\text{Re}} > 2100$, maka jenis aliran fluida adalah turbulen. *(Mc. Cabe jilid II, hal. 47)*

Ditentukan bahan pipa cast iron $\varepsilon = (2,6 \times 10^{-4}) \text{ m}$ *(Geankoplis 6th, hal 88)*

Sehingga :

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{(2,6 \cdot 10^{-4}) \text{ m} \times 3,2808 \text{ ft/m}}{(1,05/12) \text{ ft}} = 0,0098$$

Dari *Geankoplis 6th, gb. 2.10.3 hlm 88*, didapat f (Fanning friction factor)

$$f = 0,014$$

Menentukan panjang pipa :

- Pipa lurus = 25 ft

- Elbow, 90° = 2 buah

$$K_f = 2 \times 0,75 = 1,5 \quad (\text{Geankoplis 6th tabel 2.10.1, hal 93})$$

- Gate valve = 1 buah (half open)
 - $K_f = 1 \times 4,5 = 4,5$ (Geankoplis 6th tabel 2.10.1, hal 93)
 - Globe valve = 1 buah (wide open)
 - $K_f = 1 \times 6 = 6$ (Geankoplis 6th tabel 2.10.1, hal 93)
- $$K_c = 0,55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \quad (\text{Geankoplis 6}^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.16 hal 93})$$
- $$= 0,55 \left(1 - \frac{0}{0,3474} \right) = 0,55$$
- $$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \quad (\text{Geankoplis 6}^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.15}$$

hal 93)

$$= \left(1 - \frac{0,3474}{0} \right)^2 = 1$$

$$\sum F = \left[4f \frac{\Delta L}{D} + K_x + K_c + K_f \right] \frac{v^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 6}^{\text{th}} \text{ pers. 2.10.18 hal 94})$$

$$\sum F = \left[4(0,014) \frac{(25)}{(1,05/12)} + 1 + 0,55 + 1,5 + 4,5 + 6 \right] \frac{(1,07)^2}{2}$$

$$\sum F = 17,07 \text{ lb}_f \text{ ft/lb}_m$$

Menentukan tenaga penggerak pompa.

Berdasarkan pers. Bernoulli (pers. 2.7.28, Geankoplis 6th hlm 64) :

$$\frac{1}{2\alpha} (v_{2av}^2 - v_{1av}^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} + \frac{\Delta z \cdot g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

Direncanakan :

- $\Delta z = 10 \text{ ft}$
- $\Delta P = 0$
- $\Delta v = 1,07 \text{ ft/dt}$
- $\alpha = 1$

Maka :

$$-W_s = \left[\frac{(1,07)^2}{(2) \times (1) \times (32,2)} \right] + \left[\frac{(10) \times (9,8)}{32,2} \right] + \left[\frac{0}{62,16} \right] + [17,07]$$

$$W_s = 20,13$$

Tenaga penggerak

$$\begin{aligned} \text{WHP} &= \frac{W_s \cdot Q_f \cdot \rho}{550} \\ &= \frac{(20,13) \times (0,01) \times (62,16)}{550} = 0,01 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Kapasitas = 2,86 gallon/menit

η (effisiensi) pompa = 45% (*Peter & Timmerhaus, fig. 14.37 hal 520*)

$$\text{BHP} = \frac{\text{WHP}}{\eta}$$

$$\text{BHP} = \frac{0,01 \text{ Hp}}{0,45} = 0,03 \text{ Hp}$$

η (effisiensi) motor = 78 % (*Peter & Timmerhaus, fig. 14.37 hal 520*)

$$\text{Daya motor} = \frac{\text{BHP}}{\eta} = \frac{0,03 \text{ Hp}}{0,78} = 0,04 \text{ Hp} \approx 0,1 \text{ Hp}$$

Spesifikasi pompa :

- Type : Centrifugal pump
- Daya pompa : 1 Hp
- Bahan konstruksi : Cast iron
- Jumlah : 1 buah

8.3. Unit Penyediaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik pada Pra Rencana Pabrik *Tembaga Sulfat* ini direncanakan dan disediakan oleh PLN dan generator set. Tenaga listrik yang disediakan digunakan untuk menggerakkan motor, penerangan, instrumentasi dan lainnya.

Kebutuhan listrik terbagi menjadi :

- a. Peralatan proses produksi
- b. Penerangan pabrik
- c. Listrik untuk penerangan

8.3.1. Peralatan proses produksi

Pemakaian listrik untuk peralatan proses produksi dapat dilihat dalam tabel D.3.1. yaitu :

Tabel D.3.1 Kebutuhan listrik pada proses produksi

No	Kode	Nama alat	Daya (Hp)	Jumlah	Total Daya (Hp)
1	R-110	Reaktor	3	1	3
2	J-112	Belt Conveyor	2	1	2
3	L-116	Pompa	3	15	45
4	M-116	Tangki Pengencer	3	5	15
5	L-117	Pompa 30%	4	1	4
6	H-121	RVF	1	1	1
7	H-126	Centrifuge	7	1	7
8	L-127 A	Pompa	4	1	4
9	L-127 B	Pompa	2	1	2
10	L-127 C	Pompa	2	1	2
11	L-127 D	pompa	3	1	3
12	B-130	Rotary Dryer	66	1	66
13	J-131	Belt Conveyor	2	1	2
14	G-133	Blower	4	1	4
15	J-135	Bucket Elevator	1	1	1
TOTAL					161

8.3.2. Daerah pengolahan air (Unit Utilitas)

Pemakaian listrik untuk daerah pengolahan air (water treatment) dapat dilihat pada tabel D.3.2. :

Tabel D.3.2. Pemakaian listrik pada daerah pengolahan air

No	Kode	Nama alat	Daya (Hp)	Jumlah	Total Daya (Hp)
1.	L-219	Pompa Air Bersih	11	1	11
2.	L-222	Pompa Ke Deaerator	2	1	2
3.	L-224	Pompa Ke Boiler	2	1	2
4.	L-225	Pompa Ke Bak Air	11	1	11

		Pendingin			
5.	L-227	Pompa Ke Peralatan	7	1	7
6.	Q-220	Boiler	1	1	1
7.	P-240	Cooling Tower	6	1	6
8.	L-228	Pompa Ke Bak Klorinasi	1	1	1
9.	L-229	Pompa Ke Bak Air Sanitasi	1	1	1
10.	L-241	Pompa Air Proses	2	1	2
TOTAL					44

Kebutuhan total untuk motor penggerak:

$$= (161 + 44) \text{ Hp} = 205 \text{ Hp}$$

$$= 205 \text{ Hp} \times 0,7457 \text{ kW/ Hp} = 165,95 \text{ kW} \sim 166 \text{ kW}$$

8.3.3. Listrik untuk penerangan

Pemakaian listrik untuk penerangan dapat diperoleh dengan mengetahui luas bangunan dan areal lahan yang dipergunakan, dengan menggunakan rumus

$$L = \frac{A \cdot F}{U \cdot D}$$

Dimana :

- L = lumen outlet
- A = luas daerah
- F = foot candle
- U = koefisien utilitas = 0,8
- D = efisiensi penerangan rata-rata = 0,75

Tabel 8.3.1. Pemakaian listrik untuk penerangan

No	Bangunan	Luas		Candle (ft)	Lumen
		m ²	ft ²		
1	Pos keamanan	12	129.16	10.00	1291.64
2	Taman	200	2152.73	5.00	10763.65
3	Tempat Parkir	400	4305.46	5.00	21527.30
4	Kantor Umum	450	4843.64	10.00	48436.42
5	Kantor bagian Proses	200	2152.73	5.00	10763.65
6	Musholla	50	538.18	5.00	2690.91

7	Poliklinik	40	430.55	5.00	2152.73
8	Kantin	64	688.87	5.00	3444.37
9	Toilet	30	322.91	5.00	1614.55
10	Sarana Olahraga	200	2152.73	10.00	21527.30
11	Unit PMK	24	258.33	10.00	2583.28
12	Bengkel	150	1614.55	10.00	16145.47
13	Gudang	150	1614.55	10.00	16145.47
14	Ruang kontrol	80	861.09	10.00	8610.92
15	Laboratorium	120	1291.64	10.00	12916.38
16	Daerah proses	2100	22603.66	20.00	452073.24
17	Daerah Utilitas	300	3229.09	10.00	32290.95
18	Unit pengolahan air	700	7534.55	10.00	75345.54
19	Unit Pengolahan limbah	300	3229.09	10.00	32290.95
20	Area Penyimpanan bahan baku	450	4843.64	5.00	24218.21
21	Daerah perluasan pabrik	1000	10763.65	5.00	53818.24
22	Jalan	2674	28782.00	5.00	143909.98
23.	Area penyimpanan produk	200	2152.73	10.00	21527.30
	J u m l a h	9894	106495.5	190.00	1016088.43

Penerangan seluruh area kecuali taman, menggunakan *fluorescent lamp type day light* 40 watt, yang mempunyai lumen output sebesar 1960 lumen:

$$\begin{aligned} \text{Lumen output} &= \frac{1960}{40} \\ &= 49 \text{ lumen/watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lumen total} &= 1016088,43 - 10763,65 \\ &= 1005324,78 \text{ lumen} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tenaga listrik yang dibutuhkan} &= \frac{1005324,78 \text{ lumen}}{49 \text{ lumen/watt}} \\ &= 20516,83 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lampu yang dibutuhkan} &= \frac{20516,83 \text{ watt}}{40 \text{ watt}} \\ &= 512,93 \text{ buah} \sim 513 \text{ buah} \end{aligned}$$

Untuk penerangan taman menggunakan mercury vapour light 100 watt dengan lumen output sebesar 3000 lumen

$$\begin{aligned} \text{Lumen output} &= \frac{3000}{100} \\ &= 30 \text{ lumen/watt} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah lumen total} = 10763,65$$

$$\begin{aligned} \text{Tenaga listrik yang dibutuhkan} &= \frac{10763,65 \text{ lumen}}{30 \text{ lumen/watt}} \\ &= 358,79 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lampu yang dibutuhkan} &= \frac{358,79 \text{ watt}}{100 \text{ watt}} \\ &= 3,59 \text{ buah} \sim 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan listrik untuk penerangan} &= (513 \times 40) + (4 \times 100) \\ &= 20920 \text{ watt} \\ &= 20,92 \text{ kW} \sim 21 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan listrik} &= \text{listrik untuk proses} + \text{listrik untuk penerangan} \\ &= 166 + 21 \\ &= 187 \text{ kW} \end{aligned}$$

Untuk menjamin proses produksi, maka kebutuhan listrik juga disuplay oleh diesel (generator)

$$\text{Kapasitas generator} = 187 \text{ kW}$$

$$\text{Effisiensi} = 80\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas total generator} &= \frac{187}{0,8} \\ &= 233,75 \text{ kW} \end{aligned}$$

Spesifikasi Generator :

- Type : AC generator 3 phase
- Kapasitas : 184 kW, 380/220 Volt
- Frekwensi : 50/60 Hz

- Jumlah : 2 buah (1 cadangan)

8.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Kebutuhan bahan bakar untuk generator:

$$\begin{aligned} \text{Tenaga generator} &= 233,75 \text{ kW} \\ &= 233750 \text{ watt} \\ 1 \text{ watt} &= 3,4121 \text{ btu/jam} \\ &= 81,89 \text{ btu/hari} \\ \text{Tenaga generator} &= 233750 \times 81,89 \\ &= 19142184,46 \text{ btu/hari} \end{aligned}$$

Bahan bakar yang digunakan adalah diesel oil:

- Heating value = 19000 btu/hari
- Densitas = 55 lb/ft³
- H = 0,805

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan bahan bakar} &= \frac{19142184,46}{19000 \times 0,805} \\ &= 1251,53 \text{ lb/hari} \\ \text{Volume bahan bakar} &= \frac{1251,53}{55} \\ &= 22,76 \text{ ft}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Tangki Bahan Bakar

Fungsi : Untuk menyimpan bahan bakar yang akan digunakan.

Type : Fixed roof

Bahan : High Alloy Steel SA 240 Grade A

Kondisi : P = 14,7 psia
T = 30°C

Dasar Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Waktu penyimpanan} &= 30 \text{ hari} \\ \text{Massa bahan bakar} &= 30 \text{ hari} \times 1251,53 \text{ lb / hari} \\ &= 37545,96 \text{ lb} \\ \text{Volume bahan bakar} &= 22,75 \text{ ft}^3/\text{hari} \times 30 \text{ hari} = 682,65 \text{ ft}^3 \\ \text{Volume bahan bakar dianggap menempati 80\% volume tangki} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= \frac{682,65 \text{ ft}^3}{0,8} \\ &= 853,32 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

Meghitung diameter tangki:

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H \\ H &= 0,5 D, \text{ sehingga:} \\ 853,32 &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times 0,5 D \\ 853,32 &= 0,3929 D^3 \\ D^3 &= 2171,84 \text{ ft}^3 \\ D &= 12,95 \text{ ft} \\ &= 155,40 \text{ in}\end{aligned}$$

Menghitung tinggi tangki

$$\begin{aligned}H &= 0,5D \\ &= 0,5 \times 12,95 \text{ ft} \\ &= 6,47 \text{ ft} \\ &= 77,71 \text{ in}\end{aligned}$$

Menghitung tebal tangki

$$T_s = \frac{\pi \cdot d_i}{2(f \cdot E - 0,6 \cdot \pi)} + C$$

dimana:

$$f = 15600$$

$$E = 0,8$$

$$C = 1/16$$

$$t_s = \frac{(14,7)(155,40)}{2((15600)(0,8) - (0,6) \cdot (14,7))} + \frac{1}{16}$$

$$t_s = 0,14 \times \frac{16}{16}$$

$$t_s = \frac{2,37}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Menentukan tebal tutup tangki

$$\text{th} = \frac{\text{pi. di}}{2(\text{f.E} - 0,6, \text{pi}) \cos 30^\circ} + C$$

$$\text{th} = \frac{(14,7)(155,40)}{2((15600)(0,8) - (0,6)(14,7)) \cos 1/2\alpha^\circ} + \frac{1}{16}$$

$$\text{th} = 0,0704 \times \frac{16}{16}$$

$$\text{th} = \frac{1,13}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

APPENDIKS E

PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

A. Metode Penafsiran Harga

Penafsiran harga peralatan setiap tahun mengalami perubahan sesuai dengan kondisi perekonomian yang ada. Untuk penafsiran harga peralatan, diperlukan indeks yang dapat dipergunakan untuk mengkonveksi harga peralatan pada masa lalu sehingga diperoleh harga saat ini maka digunakan persamaan :

$$C_x = C_k \times \frac{I_x}{I_k} \quad (\text{Peters and Timmerhaus, hal. 169})$$

Dimana :

C_x = Tafsiran harga saat ini

C_k = Tafsiran harga alat pada tahun k

I_x = Indeks harga saat ini

I_k = Indeks harga tahun k

Sedangkan untuk menaksir harga alat yang sama dengan kapasitas yang berbeda digunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_A = V_B \left(\frac{C_A}{C_B} \right)^n$$

Dimana :

V_A = Harga alat A

V_B = Harga alat B

C_A = Kapasitas alat A

C_B = Kapasitas alat B

n = Eksponen harga alat (Peter and Timmerhaus, hal. 169)

Harga alat dalam pra rencana pabrik Tembaga sulfat didasarkan pada harga alat yang terdapat pada Chemical Engineering Magazine 2013

Tabel E.1 Indeks Harga Alat Pada Tahun Sebelum Evaluasi

No.	Tahun (Y)	Indeks Harga (X)	X^2	X.Y
1	2005	468.2	219211,24	938741
2	2006	499,6	249600,16	1002197,6

3	2007	525,4	276045,16	1054477,8
4	2008	575,4	331085,16	1155403,2
5	2009	521,9	272379,61	1048497,1
6	2010	550,8	303380,64	1107108
7	2011	585,7	343044,49	1177842,7
8	2012	584,6	341757,16	1176215,2
Jumlah	16068	4311,6	2336503,62	8660482,6

$$a = \frac{((\sum Y \cdot \sum X^2) - (\sum X \cdot \sum XY))}{((n \cdot \sum X^2) - (\sum X)^2)}$$

$$= 1981,74$$

$$b = \frac{((n \cdot \sum XY) - (\sum X \cdot \sum Y))}{((n \cdot \sum X^2) - (\sum X)^2)}$$

$$= 0,0497$$

Kenaikan harga tiap tahun merupakan fungsi linier tahun dan indeks harga tahun k merupakan persamaan garis lurus, sehingga:

$$y = a + bx$$

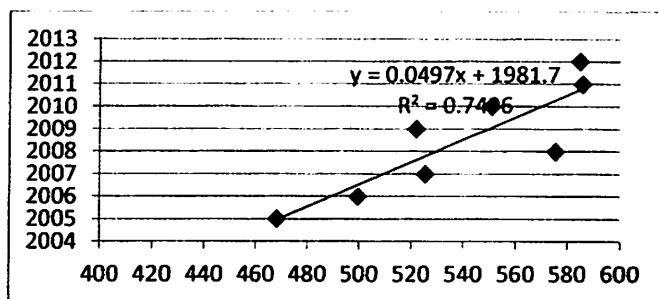
Dimana:

a = konstanta

b = gradien

y = tahun

x = indeks harga



Jadi persamaan indek harga adalah:

$$Y = 1781,74 + 0,0497x$$

Indeks harga pada tahun 2016 adalah:

$$2016 = 1981,74 + 0,0497x$$

$$x = 689,98$$

Indeks harga pada tahun 2011 adalah:

$$2011 = 1981,74 + 0,0497x$$

$$x = 589,29$$

B. Harga peralatan

Dengan menggunakan rumus-rumus pada metode penafsiran harga didapatkan harga peralatan proses seperti tabel E.2 dan harga peralatan utilitas pada tabel E.3.

Contoh perhitungan peralatan:

Nama alat : Bin Copper Oxides (F-114)

Kapasitas : 42,84 ft³

Harga alat tahun 2011 : \$ 38.500

Sehingga harga bin copper oxides tahun 2016

$$= \frac{\text{indeks tahun 2016}}{\text{indeks tahun 2011}} \times \text{harga tahun 2011}$$

$$= \frac{689,98}{589,29} \times \$38.500$$

$$= \$45077,98$$

$$= \$45077,98 \times 10.000$$

$$= \text{Rp } 450.779.835,89$$

Asumsi : 1\$ = Rp 10.000

Tabel E.2 Harga Peralatan Proses

No	Nama Alat	Kode	Harga/Unit (\$)	Jumlah	Harga Total Rp)
1	Reaktor	R-110	480051.25	1	4.800.512.538,03
2	Gudang Copper Oxides	F-111A	45077.98	1	450.779.835,89
3	Belt Conveyor	J-112A	20489.99	1	204.899.925,40
4	Bin Copper Oxides	F-113	9132.68	1	91.326.823,89
5	Storage H2SO4 60%	F-114A	14050.28	15	2.107.542.089,87
6	Pompa Centrifugal	L-115	4161.22	1	41.612.247,71
7	Tangki Pengencer H2SO4	M-116	18716.14	1	187.161.446,15
8	Pompa Centrifugal	L-117	4161.22	1	41.612.247,71
9	Heater	E-118	36085.80	1	360.858.040,05
10	Evaporator	V-120	293416.69	1	2.934.166.931,78
11	Pompa rotary	L-128A	10839.79	1	108.397.914,82

12	Filter press	H-121	79224.85	1	792.248.488,72
13	Pompa rotary	L-128B	10839.79	1	108.397.914,82
14	Heater	E-122	36085.80	1	360.858.040,05
15	Pompa rotary	L-128D	10839.79	1	108.397.914,82
16	Dekanter	H-123	6439.71	1	64.397.119,41
17	Cooler	E-124	14635.71	1	146.357.089,57
18	Pompa rotary	L-128C	10839.79	1	108.397.914,82
19	Barometrik Kondensor	E-125	11333.89	1	113.338.930,17
20	Kristaliser	X-126	201855.70	1	2.018.556.979,41
21	Centrifuge	H-127	55966.95	1	559.669.510,53
22	Rotary Dryer	B-130	278898.07	1	2.788.980.698,92
23	Belt Conveyor	J-131	20489.99	1	204.899.925,40
24	Filter Udara	H-132	4449.26	1	44.492.555,23
25	Blower	G-133	3044.23	1	30.442.274,63
26	Heater	E-134	36085.80	1	360.858.040,05
27	Cooler	E-135	14635.71	1	146.357.089,57
28	Bucket Elevator	J-136	3807.63	1	38.076.260,42
29	Cyclone	H-137	2927.14	1	29.271.417,91
30	Bin Produk	F-138	16977.42	1	169.774.223,91
31	Mesin Pengemas	J-139	14635.71	1	146.357.089,57
32	Gudang Produk	F-111B	28978.70	1	289.787.037,36
33	Tangki penampung	F-111C	18716.14	1	187.161.446,15
34	Tangki penampung	F-114B	18616.62	1	186.166.217,94
35	Tangki penampung	F-114C	18710.29	1	187.102.903,31
Total					20.519.217.124,02

Tabel E.3 Harga Peralatan Utilitas

No.	Nama Alat	Kode	Harga/Unit (\$)	Jumlah	Harga Total Rp)
1	Bak air bersih	F-211	29505.59	1	295.055.892,58
2	Bak air lunak	F-221	5151.77	1	51.517.695,53
3	Deaerator	D-223	10060.00	1	100.600.009,09

4	Bak air pendingin	F-226	10034.24	1	100.342.420.61
5	Cooling Tower	P-240	30565.21	1	305.652.145.87
6	Bak klorinasi	F-230	1100.61	1	11.006.053.14
7	Bak air sanitasi	F-231	1100.61	1	11.006.053.14
8	Kation Exchanger	D-210A	24679.32	1	246.793.178.72
9	Anion Exchanger	D-210B	24679.32	1	246.793.178.72
10	Pompa air proses	L-241	4457.45	1	44.574.515.20
11	Pompa ke bak air sanitasi	L-229	4161.22	1	41.612.247.71
12	Pompa ke peralatan	L-227	4188.15	1	41.881.544.75
13	Pompa ke Deaerator	L-222	4457.45	1	44.574.515.20
14	Pompa air bersih	L-212	4449.26	1	44.492.555.23
15	Pompa ke boiler	L-224	4457.45	1	44.574.515.20
16	Boiler	Q-220	18716.14	1	187.161.446.15
17	Pompa ke bak air pendingin	L-225	4362.61	1	43.626.121.26
18	Pompa ke bak klorinasi	L-228	4161.22	1	41.612.247.71
	Total				1.902,876.335.81

$$\begin{aligned}
 \text{Harga peralatan total} &= \text{Harga peralatan proses} + \text{Harga peralatan utilitas} \\
 &= 20.519.217.124,02 + 1.902.876.335,81 \\
 &= \text{Rp } 22.422.093.459,83
 \end{aligned}$$

Dengan faktor keamanan (safety factor) sebesar 20%, maka :

$$\begin{aligned}
 \text{Harga peralatan total} &= 1,2 \times \text{Rp } 22.422.093.459,83 \\
 &= \text{Rp } 26.906.512.151,80
 \end{aligned}$$

C. Biaya Bahan Baku

➤ Copper Oxides

$$\text{Kebutuhan bahan} = 6211.95 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Harga/kg} = \text{Rp } 4800$$

Biaya pembelian Copper Oxides tahun :

$$= 6211.95 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 4800/\text{kg} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/jam}$$

$$= \text{Rp } 236.153.476.418.62$$

➤ H₂SO₄

$$\text{Kebutuhan bahan} = 3727.17 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Harga/kg} = \text{Rp } 500$$

Biaya pembelian H₂SO₄ per tahun :

$$= 3727.17 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 500/\text{kg} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/jam}$$

$$= \text{Rp } 14.759.592.276.16$$

$$\text{Total biaya bahan baku} = \text{Rp } 236.153.476.418.62 + \text{Rp } 14.759.592.276.16$$

$$= \text{Rp } 250.913.068.694.79$$

D. Perhitungan Biaya Utilitas

➤ Resin

$$\text{Kebutuhan resin/jam} = 6.1251 \text{ kg}$$

$$\text{Harga resin/kg} = \text{Rp } 5000$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya kebutuhan resin} &= 6.1251 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 5000 \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/th} \\ &= \text{Rp } 242.553.049.20 \end{aligned}$$

➤ Listrik

$$\text{Kebutuhan listrik/hari} = 187 \text{ KWH}$$

$$\text{Harga listrik/KWH} = \text{Rp } 450$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya kebutuhan listrik} &= 187 \text{ KWH/hari} \times \text{Rp } 450 \times 330 \text{ hari/th} \\ &= \text{Rp } 27.769.500.00 \end{aligned}$$

➤ Bahan Bakar (diesel oil)

Bahan bakar yang digunakan adalah fuel oil (solar) yang digunakan untuk bahan bakar boiler dan generator.

$$\text{Kebutuhan bahan bakar/hari} = 2711.361 \text{ L}$$

$$\text{Harga bahan bakar/L} = \text{Rp } 8950$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya kebutuhan bahan bakar} &= 2711.361 \text{ L/hari} \times \text{Rp } 8950 \times 330 \text{ hr/th} \\ &= \text{Rp } 8.008.006.168.69 \end{aligned}$$

➤ Air

$$\text{Kebutuhan air sungai} = 99196.08 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Harga air/KWH} = 500$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya pemakaian air sungai} &= 99196.08 \text{ kg/jam} \times 500 \times 24 \text{ jam/hr} \times 330 \text{ hr/th} \\ &= \text{Rp } 790.517.347.958.34 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya utilitas} &= \text{Rp } 242.553.049.20 + \text{Rp } 27.769.500.00 + \\ &\text{Rp } 8.008.006.168.69 + \text{Rp } 790.517.347.958.34 = 790.517.347.958.34 \end{aligned}$$

E. Harga Tanah dan Bangunan

$$\text{Luas tanah} = 20.000 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas bangunan pabrik} = 9894 \text{ m}^2$$

$$\text{Harga tanah per m}^2 = \text{Rp } 100.000.00$$

$$\text{Harga bangunan per m}^2 = 550.000.00$$

Harga tanah dan bangunan total = (Rp 100.000.00/m² x 20.000 m²) + (550.000.00 x 9894 m²)

= Rp 7.441.700.000.00

F. Gaji Pegawai

Perhitungan gaji pegawai pra rencana parik tembaga sulfat dapat dilihat pada tabel E.4

No	Jabatan (Tugas)	Jumlah	Gaji/bulan	Total Gaji per tahun
1	Direktur Utama	1	12.000.000.00	12.000.000.00
2	Direktur Produksi dan Teknik	1	10.000.000.00	10.000.000.00
3	Direktur Administrasi dan Keuangan	1	8.000.000.00	8.000.000.00
4	Kepala LITBANG	1	4.000.000.00	4.000.000.00
5	Staff LITBANG	3	2.000.000.00	6.000.000.00
		2	2.000.000.00	4.000.000.00
		1	2.500.000.00	2.500.000.00
6	Sekretaris	2	2.500.000.00	5.000.000.00
7	Kabag Teknik	1	4.000.000.00	4.000.000.00
8	kabag Produksi	1	4.000.000.00	4.000.000.00
9	Kabag Pemasaran	1	4.000.000.00	4.000.000.00
10	Kabag Keuangan dan Akuntansi	1	4.000.000.00	4.000.000.00
11	Kabag Umum	1	4.000.000.00	4.000.000.00
12	Kabag sumber daya manusia SDM	1	4.000.000.00	4.000.000.00
13	Kabag QC	1	4.000.000.00	4.000.000.00
14	Kasie Utilitas	1	3.500.000.00	3.500.000.00
15	Karyawan Utilitas	5	2.000.000.00	10.000.000.00
		3	2.500.000.00	7.500.000.00
16	Kasie Bengkel dan Perawatan	1	3.500.000.00	3.500.000.00

17	Karyawan Bengkel dan Perawatan	4	2.000.000.00	8.000.000.00
18	Kasie Pengendalian Proses	1	3.500.000.00	3.500.000.00
19	Karyawan Pengendalian Proses	3	2.000.000.00	6.000.000.00
20	Kasie Produksi	1	3.500.000.00	3.500.000.00
21	Karyawan Produksi	9	2.500.000.00	22.500.000.00
		96	2.000.000.00	192.000.000.00
22	Kasie Bahan Baku	1	3.500.000.00	3.500.000.00
23	Karyawan Bahan Baku	7	2.000.000.00	14.000.000.00
		2	2.500.000.00	5.000.000.00
24	Kasie Kesehatan	1	3.500.000.00	3.500.000.00
25	Karyawan Kesehatan	3	2.000.000.00	6.000.000.00
26	Kasie Ketenagakerjaan	1	3.500.000.00	3.500.000.00
27	Karyawan Ketenagakerjaan	3	2.000.000.00	6.000.000.00
28	Kasie Pembelian	1	3.500.000.00	3.500.000.00
29	Karyawan Pembelian	2	2.000.000.00	4.000.000.00
30	Kasie Penjualan	1	3.500.000.00	3.500.000.00
31	Karyawan Penjualan	3	2.000.000.00	6.000.000.00
32	Kasie Promosi dan Periklanan	1	3.500.000.00	3.500.000.00
33	Karyawan Promosi dan Periklanan	3	2.000.000.00	6.000.000.00
34	Kasie Research Marketing	1	3.500.000.00	3.500.000.00
35	Karyawan Research Marketing	3	2.000.000.00	6.000.000.00
36	Kasie Akuntansi	1	3.500.000.00	3.500.000.00
37	Karyawan Akuntansi	3	2.000.000.00	6.000.000.00
38	Kasie Administrasi	1		

			3.500.000.00	3.500.000.00
39	Karyawan Administrasi	3	2.000.000.00	6.000.000.00
40	Kasie Keuangan	1	3.500.000.00	3.500.000.00
41	Karyawan Keuangan	3	2,000,000.00	6,000,000.00
42	Kasie Personalia	1	3,500,000.00	3,500,000.00
43	Karyawan Personalia	3	2,000,000.00	6,000,000.00
44	Kasie Humas	1	3,500,000.00	3,500,000.00
45	Karyawan Humas	3	2,000,000.00	6,000,000.00
46	Kasie Transportasi	1	3.500.000.00	3.500.000.00
47	Karyawan Transportasi	2	1.740.000.00	3.480.000.00
48	Kasie Keamanan dan Keselamatan	1	2.000.000.00	2.000.000.00
49	Karyawan Keamanan dan Keselamatan	7	1.740.000.00	12.180.000.00
50	Kasie Kebersihan	1	2.000.000.00	2.000.000.00
51	Karyawan Kebersihan	6	1.740.000.00	10.440.000.00
Total				498.100.000.00

Total gaji pegawai per bulan = 498.100.000.00

Total gaji pegawai per tahun = 498.100.000.00 x 12
= Rp 5.977.200.000.00

G. Pengemasan

Kapasitas = 5050.51 kg/jam = 40.000,00 kg/tahun

Pengemasan dilakukan tiap 50 kg dengan menggunakan karung plastik

Biaya pengemasan per kantong = RP 1000/kantong

Jumlah kemasan = $\frac{40,000,000 \text{ kg/tahun}}{50 \text{ kg}}$

= 800.000.00 kantong/tahun

Biaya pengemasan per tahun = 800.000.00 x RP 1000
= 800.000.000.00

H. Penjualan Produk

Produk utama = CuSO₄

Kapasitas = 5050.51 kg/jam = 40.000,000 kg/tahun

Harga per kg = Rp 44000

Total penjualan = 40.000.000 kg/tahun x Rp 44000/kg
= R1.760.000.000.000.00

I. Penentuan Total Capital Investment (TCI)**a. Biaya Langsung (DC)**

Harga Peralatan	E (dalam %)	
Biaya isolasi	0,09	2.421.586.093,66
Pemasangan peralatan	0,45	12.107.930.468,31
Instrumentasi dan kontrol	0,3	8.071.953.645,54
Perpipaan	0,6	16.143.907.291,08
Listrik	0,2	5.381.302.430,36
Bangunan	0,5	13.453.256.075,90
Halaman pabrik dan parkir	0,1	2.690.651.215,18
Angkutan	0,3	8.071.953.645,54
Tanah	0,06	1.614.390.729,11
Total direct Cost (DC)		69.956.931.594,67

b. Biaya Tak Langsung (IC)

Engineering	0,15	4.035.976.822,77
Biaya konstruksi	0,2	5.381.302.430,36
Total Indirect Cost (IC)		9.417.279.253,13

c. Fix Capital Investment (FCI)

Biaya langsung (DC) + (Biaya tak langsung (IC))		79.374.210.847,80
Biaya kontraktor	0,35	27.780.973.796,73
Biaya tak terduga	0,45	35.718.394.881,51
		63.499.368.678,24

d. Modal Kerja (WC)

Work Capital Investment (WCI) = 15% . TCI

Total Capital Investment (TCI) = WCI + FCI

TCI = 0.15 TCI + 63.499.368.678,24

0.85 TCI = Rp 63.499.368.678,24

TCI = Rp 74.705.139.621,46

WCI = 0.15 x Rp 74.705.139.621,46

WCI = Rp 11.205.770.943,22

J. Penentuan Total Product Cost (TPC)

Biaya produksi total = biaya produksi langsung + biaya tetap + biaya operasi + biaya umum

a. Biaya Produksi Langsung (Direct Production Cost/DPC)

Bahan baku untuk 1 tahun		250.913.068.694,79
Gaji karyawan untuk 1 tahun		5.977.200.000,00
Utilitas untuk 1 tahun		790.517.347.958,34
Pemeliharaan	10%.FCI	6.349.936.867,82
Laboratorium	20%.Gaji	1.195.440.000,00
Patent & Royalti	3%.TCP	0,03 TPC
Supervisi	20%.Gaji	1.195.440.000,00
Total DPC		926.775.213.465,63 + 0,03 TPC

b. Biaya Tetap (Fixed Production Cost/FPC)

Depresiasi	10%.FCI	6.349.936.867,82
Pajak kekayaan	4%.FCI	2.539.974.747,13
Asuransi	0.8%.FCI	507.994.949,43
Bunga pinjaman	8%.FCI	5.079.949.494,26
Total FPC		14.477.856.058,64

c. Biaya Overhead

Biaya Overhead = 60% (gaji karyawan + supervisi + pemeliharaan)
= 8.113.546.120.69

d. Biaya Umum (General Expenses)

Administrasi	5%.TCP	0,05 TCP
Distribusi	15%.TCP	0,15 TCP
LITBANG (R & D)	15%.TCP	0,15 TCP

Financing (Bunga)	5%.TCI	3735256981,07
Total GE		0,35 TCP + 2.108.248.064,40

$$\text{TPC} = \text{DPC} + \text{FPC} + \text{Biaya Overhead} + \text{GE}$$

$$= 926.775.213.465,63 + 0,03 \text{ TPC} + 14.477.856.058,64 + 8.113.546.120,69 + 0,35 \text{ TCP} + 2108248064,40$$

$$= 1.082.475.092.681,36 + 0,38 \text{ TPC}$$

$$0,62 \text{ TPC} = 1.082.475.092.681,36$$

$$\text{TPC} = 1.745.927.568.840,90$$

$$\text{GE} = 0,35 \text{ TCP} + 2.108.248.064,40$$

$$= 0,35 \times 1.745.927.568.840,90 + 2.108.248.064,40$$

$$= 614.809.906.075,39$$

II. Analisa Profitabilitas

Asumsi yang diambil :

a. Modal yang digunakan terdiri dari :

- 60% modal sendiri
- 40% pinjaman

b. Bunga kredit = 20% per tahun

c. Masa konstruksi :

- Tahun I = 60% modal sendiri + 40% modal pinjaman
- Tahun II = 60% modal sendiri + 40% modal pinjaman

d. Pengembalian pinjaman dalam waktu 10 tahun

e. Umur pabrik 10 tahun

f. Kapasitas produksi :

- Tahun I = 80% dari produksi total
- Tahun II = 100% dari produksi total

g. Pajak penghasilan : 30% per tahun

Menghitung Total Investasi :

▪ Masa konstruksi tahun I :

$$\text{Modal sendiri 60\%} = 60\% \text{ TCI} = \text{Rp } 44.823.083.772,88$$

$$\text{Modal pinjaman 40\%} = 40\% \text{ TCI} = \text{Rp } 29.882.055.848,59$$

▪ Masa konstruksi tahun II :

Modal sendiri(tahun I) 60% = Rp 26.893.850.263,73

Modal pinjaman (tahun I) 40% = Rp 11.952.822.339,43

Menghitung Biaya Variabel (VC) :

- Bahan baku = 250.913.068.694,79
 - Pengemasan = 800.000.000,00
 - Utilitas = 790.517.347.958,34
 - Angkutan = 8.071.953.645,54
- Total VC** = 1.050.302.370.298,67

Menghitung Biaya Semi Variabel (SVC) :

- Upah karyawan = 5.977.200.000,00
 - Biaya Overhead = 8.113.546.120,69
 - Pemeliharaan dan perbaikan = 6.349.936.867,82
 - Laboratorium = 1.195.440.000,00
 - Biaya Umum = 614.809.906.075,39
- Total SVC** = 636.446.029.063,91

Laba untuk kapasitas pabrik 100% :

Pajak = 30%

Laba kotor = total penjualan – biaya produksi total
 =Rp 1.760.000.000.000,00 - 1.745.927.568.840,90
 = 14.072.431.159,10

Laba bersih = laba kotor – pajak
 = 14.072.431.159,10 – (0.3 x 14.072.431.159,10)
 = 9.850.701.811,37

Nilai penerimaan *Cash Flow* setelah pajak (C_A) :

C_A = Laba bersih + Depresiasi alat
 = 9.850.701.811,37 + 6.349.936.867,82
 = Rp 16.200.638.679,19

Menghitung penilaian investasi

1. POT

FCI = Rp 63.499.368.678,24

TCI = Rp 74.705.139.621,46

C_A = Rp 16.200.638.679,19

$$\begin{aligned} \text{POT} &= \frac{\text{FCI} + (20\% \times \text{TCI})}{\text{Cash flow}} \times 1 \text{ tahun} \\ &= \frac{\text{Rp } 63.499.368.678,24 + (0,2 \times \text{Rp } 74.705.139.621,46)}{\text{Rp } 16.200.638.679,19} \times 1 \text{ tahun} = 4,84 \text{ tahun} \end{aligned}$$

2. ROI

$$\begin{aligned} \text{Pajak} &= 30\% \\ \text{Laba kotor} &= 14.072.431.159,10 \\ \text{Laba bersih} &= 9.850.701.811,37 \\ \text{FCI} &= 63.499.368.678,24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ROI}_{\text{BT}} &= \frac{\text{Laba kotor}}{\text{FCI}} \times 100\% \\ &= \frac{14.072.431.159,10}{63.499.368.678,24} \times 100\% \\ &= 22,16\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ROI}_{\text{AT}} &= \frac{\text{Laba bersih}}{\text{FCI}} \times 100\% \\ &= \frac{9.850.701.811,37}{63.499.368.678,24} \times 100\% \\ &= 15,51\% \end{aligned}$$

3. BEP

$$\begin{aligned} \text{FPC} &= 14.477.856.058,64 \\ \text{SVC} &= 636.446.029.063,91 \\ \text{VC} &= 1.050.302.370.298,67 \\ \text{S} &= \text{harga jual} = 1.760.000.000.000,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BEP} &= \frac{\text{FPC} + 0,3\text{SVC}}{\text{S} - (0,7\text{SVC} - \text{VC})} \times 100\% \\ &= \frac{14.477.856.058,64 + 0,3(636.446.029.063,91)}{1.760.000.000.000,00 - (0,7(636.446.029.063,91) - 1.050.302.370.298,67)} \times 100\% \\ &= 33,96\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik BEP terjadi pada kapasitas produksi} &= 33,96\% \times 40.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 13585,65 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Nilai BEP untuk pabrik tembaga sulfat berada diantara nilai 30 – 60%, maka nilai BEP memadai.

Untuk produksi tahun I kapasitas pabrik 80% dari kapasitas sesungguhnya, sehingga keuntungannya adalah :

$$\frac{PB_i}{PB} = \frac{(100 - BEP) - (100 - \% \text{kapasitas})}{(100 - BEP)}$$

Dimana : PB_i = keuntungan pada %kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

PB = keuntungan pada kapasitas 100%

$\%Kap$ = % kapasitas yang tercapai

$$\frac{PB_i}{9.850.701.811,37} = \frac{(100 - 33,96) - (100 - 80)}{(100 - 33,96)}$$

$$PB_i = 6,055.401.556,56$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun I adalah :

$$\begin{aligned} C_A &= \text{laba bersih tahun pertama} + \text{depresiasi} \\ &= 6.055.401.556,56 + 6.349.936.867,82 \\ &= 12.405.338.424,38 \end{aligned}$$

4. Shut Down Point (SDP)

SDP adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik yang masih boleh beroperasi.

$$\begin{aligned} SDP &= \frac{0,3SVC}{S - 0,7SVC - VC} \times 100\% \\ &= \frac{0,3 \times 636.446.029.063,91}{1.760.000.000.000,00 - (0,7 \times 636.446.029.063,91) - 1.050.302.370.298,67} \times 100\% \\ &= 9,20 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik shut down point terjadi pada kapasitas} &= 9.20 \% \times 40.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 3680,49 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

5. Net Present Value (NPV)

Metode ini digunakan untuk menghitung selisih dari nilai penerimaan kas bersih dengan nilai investasi sekarang.

Langkah – langkah menghitung NPV :

a. Menghitung C_{A_0} (tahun ke-0) untuk masa konstruksi 2 tahun

$$\begin{aligned} C_{A-2} &= 40\% \times FCI \times (1 + i)^2 \\ &= 40\% \times \text{Rp } 63.499.368.678,24 \times (1 + 0,2)^2 \\ &= 36,575,636,358,67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{A-1} &= 60\% \times \text{FCI} \times (1+i)^1 \\
 &= 60\% \times \text{Rp } 63.499.368.678,24 \times (1+0,2)^1 \\
 &= 54.863.454.538,00 \\
 C_{A-0} &= -(C_{A-2} + C_{A-1}) \\
 &= -(36.575.636.358,67 + 54.863.454.538,00) \\
 &= -91.439.090.896,67
 \end{aligned}$$

Menghitung NPV tiap tahun

$$\text{NPV} = C_A \times F_d$$

Dimana : $F_d = \text{faktor diskon} = 1/(1+i)^n$

$i = \text{tingkat bunga}$

$C_A = \text{cash flow setelah pajak}$

$n = \text{tahun ke-n}$

Tabel E.5 Cash flow untuk NPV selama 10 tahun dengan nilai sisa = 0

Tahun ke-n	Cash Flow	Fd (i=0,2)	NPV
0	-91439090896,67	1,000	91439090896,67
1	54863454538,00	0,833	45719545448,34
2	36575636358,67	0,694	25399747471,30
3	36575636358,67	0,579	21166456226,08
4	36575636358,67	0,482	17638713521,73
5	36575636358,67	0,402	14698927934,78
6	36575636358,67	0,335	12249106612,32
7	36575636358,67	0,279	10207588843,60
8	36575636358,67	0,233	8506324036,33
9	36575636358,67	0,194	7088603363,61
10	36575636358,67	0,162	5907169469,67
Sisa	0,00	0,162	-
WCI	11205770943,22	0,162	1809794568
Jumlah			78952886598,99

Karena harga NPV = (+) maka pabrik tembaga sulfat layak untuk didirikan.

6. IRR (Internal Rate of Return)

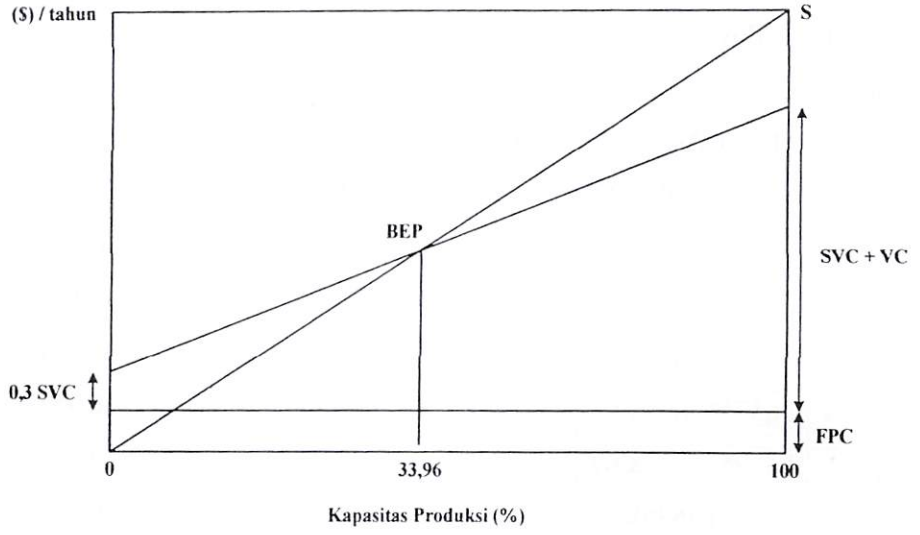
Tabel E.6 Cash flow untuk IRR

Tahun ke-n	Cash Flow/CA(Rp)	Fd (i=0,25)	NPV1	Fd(i=0,22)	NPV2
0	11205770943.22	1.000	11205770943.22	1.000	11205770943.22
1	36575636358.67	0.800	29260509086.93	0.820	23984023841.75
2	36575636358.67	0.640	23408407269.55	0.672	15727228748.69
3	36575636358.67	0.512	18726725815.64	0.551	10312936884.39
4	36575636358.67	0.410	14981380652.51	0.451	6762581563.53
5	36575636358.67	0.328	11985104522.01	0.370	4434479713.79
6	36575636358.67	0.262	9588083617.61	0.303	2907855550.03
7	36575636358.67	0.210	7670466894.09	0.249	1906790524.61
8	36575636358.67	0.168	6136373515.27	0.204	1250354442.37
9	36575636358.67	0.134	4909098812.21	0.167	819904552.37
10	36575636358.67	0.107	3927279049.77	0.137	537642329.42
Sisa	0.00	0.1074	-	0.137	-
WCI	6349936867.82	0.1074	681819279.47	0.137	93340682.19
Jumlah			142.481.019.458.28		79.942.909.776,35

$$\begin{aligned}
 \text{IRR} &= i_1 + \frac{\text{NPV}_1}{\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2} \times (i_2 - i_1) \\
 &= 20 + \frac{142.481.019.458,28}{142.481.019.458,28 - (-79.982.909.776,35)} \times (22 - 20) \\
 &= 24,56 \%
 \end{aligned}$$

Karena IRR lebih besar dari bunga bank (20%) maka pabrik tembaga sulfat layak untuk didirikan.

Kurva BEP :





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jalan Bendungan Sigura-gura No. 2
MALANG

PERBAIKAN SKRIPSI

Berdasarkan Ujian Skripsi Jurusan Teknik Kimia Jenjang Strata Satu (S-1) Yang di adakan pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 1/08/2013

Perlu adanya perbaikan pada Skripsi Berikut :

Nama : Laela Ratnawati

Nim : 09 14031

Perbaikan tersebut meliputi :

Flow sheet → diperbaiki.
→ cek alat yg digunakan
foto alat.

Ace Budar diperbaiki.

Malang, 1 Agustus 2013

Dosen Penguji

(Bambang S.H.)

(Bambang S.H.)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jalan Bendungan Sigura-gura No. 2
MALANG

PERBAIKAN SKRIPSI

berdasarkan Ujian Skripsi Jurusan Teknik Kimia Jenjang Strata Satu (S-1) Yang di adakan pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 1-8-2013

perlu adanya perbaikan pada Skripsi Berikut :

Nama : Laela R

Nim : 0914031

perbaikan tersebut meliputi :

Cela dg H₂O & ammonia

Perhitungan Neraca panas → Cp tds beku !!

Cela povera evap, perlu?

Malang, 1-8-2013

Dosen Penguji

acc ds & perbaikan

22/8/2013