
BAB V

SPEKIFIKASI ALAT

5.1 Tangki Penyimpanan *Pickling Liquor*

Kode	: F-111
Fungsi	: Menampung <i>pickling liquor</i> selama 7 hari
Tipe	: Silinder vertikal, tutup atas datar dan bawah <i>conis</i>
Kapasitas	: 144,10 m ³
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 303,15 K
Diameter	: 5,68 m
Tinggi	: 5,68 m
Tebal <i>shell</i>	: $\frac{1}{4}$ in
Tebal tutup atas	: $\frac{3}{4}$ in
Tebal tutup bawah	: $\frac{3}{4}$ in
Tinggi <i>conical</i>	: 2,36 ft
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel (SA-167) Type 304</i>

5.2 Tangki Penyimpanan H₂SO₄

Kode	: F-122
Fungsi	: Menampung H ₂ SO ₄ selama 7 hari
Tipe	: Silinder vertikal, tutup atas datar dan bawah <i>conis</i>
Kapasitas	: 142,30 m ³
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 303,15 K
Diameter	: 5,659 m
Tinggi	: 5,659 m
Tebal <i>shell</i>	: $\frac{1}{4}$ in
Tebal tutup atas	: $\frac{3}{4}$ in

Tebal tutup bawah	: $\frac{3}{4}$ in
Tinggi <i>conical</i>	: 2,3541 ft
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel (SA-167) Type 304</i>

5.3 Mixer

Kode	: M-120
Fungsi	: Untuk mengencerkan H ₂ SO ₄
Operasi	: Kontinyu
Bahan	: <i>Stainless steel (SA-167) Type 304</i>
Jumlah	: 1 buah
Suhu	: 303 K
Tekanan	: 1 atm
Jenis	: Silinder <i>vertical</i> dengan <i>head</i> dan <i>bottom</i> berbentuk <i>torispherical</i> .

Dimensi tangki

Diameter (D)	: 1,987 m
Tinggi (H)	: 1,987 m
Tebal <i>shell</i> (ts)	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal <i>head</i> (th)	: $\frac{3}{16}$ in
Volume mixer	: 6,1870 m ³
Volume <i>shell</i>	: 6,1600 m ³
Volume <i>head</i>	: 0,0270 m ³
Jenis pengaduk	: turbin dengan 6 <i>blade disk</i> standar
Jumlah pengaduk	: 2 buah
Rpm	: 124,1227 rpm
Power	: 3 HP

5.4 Reaktor

Kode	: R-210
------	---------

Fungsi	: Untuk mereaksikan FeCl_2 dengan H_2SO_4 membentuk FeSO_4
Tipe	: Reaktor tangki berpengaduk (RTB)
Jumlah	: 7 buah
Volume	: 555,4036 cuft
Waktu tinggal	: 122,4 menit
Bahan	: <i>Stainless steel (SA-167) Type 304</i>
Kondisi operasi	
Suhu	: 358,15 K
Tekanan	: 1 atm
Dimensi reaktor	
Diameter (D)	: 8,91 ft
Tinggi (H)	: 8,91 ft
Tebal <i>shell</i> (ts)	: 0,1842 in
Dimensi <i>head</i>	
Bentuk	: Silinder vertikal bentuk tutup atas dan tutup bawah yang berbentuk <i>torispherical</i>
Tebal <i>head</i> (th)	: 0,1837 in
Tinggi <i>dished head</i>	: 35,83 in
Pengaduk Reaktor	
Tipe	: turbin dengan 3 <i>blade</i> dengan 2 <i>baffle</i> (3 <i>blade plate</i> <i>turbine impeller with 3 baffle</i>)
Jumlah	: 2 buah
Tipe pengaduk	: <i>Three blade propeller</i>
Panjang <i>blade</i>	: 0,74 ft
Lebar <i>blade</i>	: 0,59 ft
Power	: 20 HP
Kecepatan	: 400 rpm
Desain jaket pemanas	
Diameter dalam	: 2,169 m
Diameter luar	: 2,423 m

Tinggi jaket	: 3,26 m
Tebal jaket	: 0,19 in

5.5 Evaporator

Kode	: V-310
Fungsi	: Untuk menguapkan H ₂ O dan HCl
Jenis	: <i>Standard Vertical Tube Evaporator</i>
Dasar pemilihan	: Sesuai untuk proses pemekatan larutan
Kondisi operasi	
Suhu	: 373,15 K
Tekanan	: 1 atm
Bagian <i>Shell</i>	
Diameter	: 4,4119 m
Tinggi <i>shell</i>	: 8,823 m
Tebal <i>shell</i> (ts)	: 0,158 in
Tebal tutup	: 0,125 in
<i>Tube Calandria</i>	
Ukuran	: 4 in sch. 40 <i>standard IPS</i>
OD	: 0,1143 m
ID	: 0,102 m
Panjang <i>Tube</i>	: 0,1016 m
Jumlah <i>Tube</i>	: 1848 buah
Jumlah	: 1 buah
Fase	: Cair
Bahan	: <i>Stainlees steel (SA-167) Type 304</i>

5.6 Kondesor

Kode	: E-312
Fungsi	: Menangkap gas/uap dari evaporator merubah menjadi bentuk cairan dengan proses kondensasi.
Jenis	: <i>Heat exchanger double pipe</i>

Letak	: Setelah evaporator
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Beban pendingin	: 2564,356 kJ/jam
Laju Pendingan	: 580,14 gpm
Tinggi barometrik	: 103,6 m

5.7 Cooler

Kode	: E-322
Fungsi	: Mendinginkan cairan keluar evaporator hingga 30°C
Jenis	: <i>Heat exchanger tipe shell and tube 1-2 pas</i>
Letak	: Setelah evaporator
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Beban pendingin	: -529036,2857 kJ/jam
<i>Tube side</i>	
Suhu	: 30°C
Tekanan	: 1 atm
Jumlah <i>tube</i> , Nt	: 26
OD	: 0,75 in
<i>Shell side</i>	
Suhu	: 61°C
Tekanan	: 1 atm
ID	: 8 in

5.8 Kristalizer

Kode	: H-35
Fungsi	: Mengkristalisasi FeSO ₄ menjadi FeSO ₄ 7H ₂ O
Type	: <i>Swenson-Walker Crystallizer (cooling crystallizer)</i>
Kapasitas	: 6,27 m ³

Diameter	: 1,0282 m
Panjang	: 4,27 m
Luas <i>Cooling Area</i>	: 242,046 ft ² /ft ³
Bahan	: <i>Stainlees steel (SA-167) Type 304</i>
Power	: 5 HP
Jumlah	: 1 buah (1 buah <i>standby running</i>)

5.9 Heater Udara

Kode	: E-412
Fungsi	: Memanaskan aliran udara yang dibutuhkan dari suhu awal 30 °C ke suhu udara yang dibutuhkan pada suhu 120 °C.
Cara Kerja	: <i>Heater</i> udara merupakan salah satu alat yang meningkatkan efisiensi <i>rotary dryer</i> . Udara yang telah mengalami proses pemanasan di <i>preheater</i> udara selanjutnya dialirkan melewati <i>heater</i> udara untuk dipanaskan kembali. Proses transfer panas yang terjadi di <i>heater</i> adalah secara konveksi. Temperatur udara setelah dipanaskan di <i>heater</i> udara diharapkan 120 °C agar memudahkan proses pemanasan <i>rotary dryer</i> .
Tipe	: 1 – 2 <i>Shell and Tube Heat Exchanger (Fixed Tube)</i>
Media pemanas	: Udara
<i>Tube</i>	
OD	: ¾ in = 0,0191 m ; 16 BWG
Panjang	: 4,8768 m
<i>Pitch</i>	: 1 in <i>square</i>
Jumlah <i>Tube</i> , Nt	: 46 buah
<i>Passes</i>	: 2
<i>Shell</i>	

ID	: 0,3048 m
<i>Passes</i>	: 1
HE Area , A	: 1,1148 m ²
Jumlah <i>exchanger</i>	: 1

5.10 Rotary Dryer

Kode	: B-410
Fungsi	: Mengeringkan produk FeSO ₄ .7H ₂ O hingga 99%
Operasi	: Kontinyu
Jumlah	: 1 buah
Tekanan	: 1 atm
Temperatur bahan	: *masuk = 30 °C *keluar = 69 °C
Media pengering	: Udara
Temperatur udara	: *masuk = 120 °C *keluar = 100 °C
Bahan konstruksi	: <i>Stainlees steel (SA-167) Type 304</i>
Kapasitas	: 4708,5217 kg/jam
Diameter	: 0,3828 m
Panjang	: 7,6219 m
Tebal isolasi	: 4 in = 0,1016 m
Tebal <i>shell</i>	: $\frac{3}{16}$ in = 0,0048 m
Tinggi bahan	: 0,0574 m
<i>Time of passes</i>	: 112,7727 detik
Jumlah <i>flight</i>	: 4 buah
Power	: 20 HP
Jumlah	: 1

5.11 Blower

Kode	: B-416
Fungsi	: Memindahkan udara dari udara bebas ke <i>rotary</i>

	<i>dryer</i>
Tipe	: <i>Centrifugal Blower</i>
Bahan	: <i>Commercial Steel</i>
<i>Rate volumetric</i>	: 776,5350 cuft/menit
Effisiensi motor	: 80%
Power	: 1 HP
Jumlah	: 1 buah

5.12 Cyclone

Kode	: H-313
Fungsi	: Memisahkan padatan yang terikut udara
Suhu operasi	: 30 °C
Tekanan <i>design</i>	: 1 atm
Tipe	: <i>Van Tongeren Cyclone</i>
Material	: <i>Carbon Steel</i>
Kapasitas	: 3976,94 m ³ /jam
Diameter	: 0,58 ft
Tinggi	: 3,48 m
Diameter partikel min	: 0,000297 ft
Tebal <i>shell</i>	: 0,1875 in
Tebal tutup atas	: 0,1875 in
Tebal tutup bawah	: 0,1875 in
Jumlah	: 1 buah

5.13 Cooling Conveyor

Kode	: E-420
Fungsi	: Untuk mendinginkan produk menjadi suhu 30 °C sebelum masuk ke silo
Tipe	: <i>plain spouts or chutes</i>
Kapasitas	: 1,8869 m ³ /jam
Panjang	: 10,6680 m

Diameter	: 0,5080 m
Kecepatan Putaran	: 60 rpm
Bahan	: <i>Stainlees steel (SA-167) Type 304</i>
Power	: 1,5 HP
Jumlah	: 1 buah

5.14 *Bucket Elevator*

Kode	: J-431
Fungsi	: Memindahkan kristal $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ menuju silo
Tipe	: <i>Continuous Discharge Bucket Elevator</i>
Dasar pemilihan	: Untuk memindahkan bahan dengan ketinggian tertentu
Kapasitas maks.	: 14.000 kg/jam
Ukuran	: 6 in x 4 in x $4\frac{1}{4}$ in = (0,1524 x 0,1016 x 0,1080) m
<i>Bucket spacing</i>	: 0,3048 m
Tinggi elevator	: 8,846 m
Ukuran <i>feed</i> maks.	: 0,019 m
<i>Bucket speed</i>	: 0,29 m/s
Putaran <i>head shaft</i>	: 10,95 rpm
Lebar <i>belt</i>	: 0,1778 m
Pusat elevator	: 7,62 m
HP pada head	: 1 HP
HP tambahan per ft	: 0,9756 HP
Power	: 2 HP
Jumlah	: 1 buah

5.15 Silo Produk

Kode	: F-420
Fungsi	: Menampung ferrosulfat heptahidrat selama 7 hari
Tipe	: Silinder tegak dengan tutup atas datar dan bawah <i>conis</i>

Kapasitas	: 379,24 m ³
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 303,15 K
Diameter	: 7,847 m
Tinggi	: 7,847 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,2360 in
Tebal tutup atas	: 0,843 in
Tebal tutup bawah	: 0,843 in
Tinggi conical	: 1,0106 m
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel (SA-167) Type 304</i>

5.16 Heater-1

Kode	: E-221
Fungsi	: Memanaskan H ₂ SO ₄ dari mixer dari suhu 30 °C menjadi 60 °C
Tipe	: <i>Heat exchanger type shell and tube</i>
<i>Tube side</i>	
OD	: $\frac{3}{4}$ in = 0,019 m
Panjang	: 1,0068 m
<i>Pitch</i>	: 1 in <i>square pitch</i>
Jumlah tube, Nt	: 26 buah
<i>Passes</i>	: 4
<i>Shell side</i>	
ID	: 0,0135 m
<i>Passes</i>	: 2
Jumlah	: 1

5.17 Heater-2

Kode	: E-222
Fungsi	: Memanaskan H ₂ SO ₄ dari mixer dari suhu 60 °C

	menjadi 85 °C
Tipe	: <i>Heat exchanger type shell and tube</i>
<i>Tube side</i>	
OD	: $\frac{3}{4}$ in = 0,019 m
Panjang	: 1,0068 m
<i>Pitch</i>	: 1 in <i>square pitch</i>
Jumlah tube, Nt	: 37 buah
<i>Passes</i>	: 8
<i>Shell side</i>	
ID	: 0,0135 m
<i>Passes</i>	: 4
Jumlah	: 1

5.18 Heater-3

Kode	: E-212
Fungsi	: Memanaskan FeCl ₂ dari suhu 30 °C menjadi 85 °C
Tipe	: <i>Heat exchanger type shell and tube</i>
<i>Tube side</i>	
OD	: 1 in = 0,0254 m
Panjang	: 1,0068 m
<i>Pitch</i>	: $1\frac{1}{4}$ in <i>square pitch</i>
Jumlah tube, Nt	: 16 buah
<i>Passes</i>	: 4
<i>Shell side</i>	
ID	: 0,0135 m
<i>Passes</i>	: 2
Jumlah	: 1

5.19 Heater-4

Kode	: E-223
------	---------

Fungsi	: Memanaskan air proses untuk jaket pemanas reaktor dari suhu 30 °C menjadi 110 °C
Tipe	: <i>Heat exchanger type shell and tube</i>
<i>Tube side</i>	
OD	: 0,0318 m
Panjang	: 1,0068 m
<i>Pitch</i>	: $1\frac{1}{4}$ in <i>square pitch</i>
Jumlah tube, Nt	: 10 buah
<i>Passes</i>	: 8
<i>Shell side</i>	
ID	: 0,0133 m
<i>Passes</i>	: 4
Jumlah	: 1

5.20 Screw Conveyor

Kode	: J-331
Fungsi	: Memindahkan bahan keluar kristalizer menuju <i>Rotary dryer</i>
Tipe	: <i>Plain spouts or chutes</i>
Kapasitas	: 1871,7089 m ³ /jam
Panjang	: 5 m
Diameter	: 0,0635 m
Kecepatan putaran	: 55 rpm
Power	: 1,5 HP
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: <i>Carbon steel</i>

5.21 Pompa-1

Kode	: L-112
Fungsi	: Memompa larutan bahan baku <i>pickling liquor</i> dari truk ke tangki penyimpanan

Jenis	: <i>Centrifugal single stage</i>
Jenis <i>Impeller</i>	: <i>Radial Flow Impellers</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel 304</i>
Total <i>head</i>	: 8,3 m
BHP <i>actual</i>	: 0,26 HP
Kapasitas pompa	: 6,05 gpm
<i>Specific speed</i>	: 722,224 rpm
Power motor	: 1 HP
Jumlah	: 1

5.22 Pompa-2

Kode	: L-112
Fungsi	: Memompa larutan bahan baku H ₂ SO ₄ dari truk ke tangki penyimpanan
Jenis	: <i>Centrifugal single stage</i>
Jenis <i>Impeller</i>	: <i>Radial Flow Impellers</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel 304</i>
Total <i>head</i>	: 8,3 m
BHP <i>actual</i>	: 0,16 HP
Kapasitas pompa	: 5,96 gpm
<i>Specific speed</i>	: 718,39 rpm
Power motor	: 1 HP
Jumlah	: 1

5.23 Pompa-3

Kode	: L-122
Fungsi	: Memompa larutan H ₂ SO ₄ dari tangki penyimpanan menuju mixer
Jenis	: <i>Centrifugal single stage</i>
Jenis <i>Impeller</i>	: <i>Radial Flow Impellers</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel 304</i>

Total head	: 8,3 m
BHP actual	: 0,16 HP
Kapasitas pompa	: 5,96 gpm
Specific speed	: 718,39 rpm
Power motor	: 1 HP
Jumlah	: 1

5.24 Pompa-4

Kode	: L-222
Fungsi	: Memompa larutan H ₂ SO ₄ dari mixer menuju heater-221
Jenis	: <i>Centrifugal single stage</i>
Jenis Impeller	: <i>Radial Flow Impellers</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel 304</i>
Total head	: 8,3 m
BHP actual	: 0,43 HP
Kapasitas pompa	: 5,96 gpm
Specific speed	: 718,39 rpm
Power motor	: 1 HP
Jumlah	: 1

5.25 Pompa-5

Kode	: L-112
Fungsi	: Memompa larutan bahan baku <i>pickling liquor</i> dari tangki penyimpanan menuju heater-212
Jenis	: <i>Centrifugal single stage</i>
Jenis Impeller	: <i>Radial Flow Impellers</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel 304</i>
Total head	: 8,3 m
BHP actual	: 0,26 HP
Kapasitas pompa	: 6,05 gpm

<i>Specific speed</i>	: 722,24 rpm
Power motor	: 1 HP
Jumlah	: 1

5.26 Pompa-6

Kode	: L-311
Fungsi	: Memompa produk hasil reaktor menuju evaporator
Jenis	: <i>Centrifugal single stage</i>
Jenis <i>Impeller</i>	: <i>Mixed Flow Impellers</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel 304</i>
Total <i>head</i>	: 8,3 m
BHP <i>actual</i>	: 0,692 HP
Kapasitas pompa	: 24,3 gpm
<i>Specific speed</i>	: 1449,18 rpm
Power motor	: 1 HP
Jumlah	: 1

5.27 Pompa-7

Kode	: L-321
Fungsi	: Memompa produk hasil evaporator menuju kristalizer
Jenis	: <i>Centrifugal single stage</i>
Jenis <i>Impeller</i>	: <i>Mixed Flow Impellers</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel 304</i>
Total <i>head</i>	: 8,3 m
BHP <i>actual</i>	: 0,52 HP
Kapasitas pompa	: 15,33 gpm
<i>Specific speed</i>	: 1151,283 rpm
Power motor	: 1 HP
Jumlah	: 1

BAB VI

UNIT PENDUKUNG PROSES (UTILITAS)

6.1 Unit Pendukung Proses (Utilitas)

Unit pendukung proses merupakan bagian yang paling penting sebagai penunjang berlangsungnya suatu proses dalam pabrik. Unit pendukung proses yang ada dalam pabrik ferrosulfat heptahidrat ini antara lain :

1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Untuk keperluan domestik, air proses, air konsumsi, air sanitasi, air umpan boiler dan air pendingin memerlukan unit ini sebagai penyedia air.

2. Unit Pengadaan *Steam*

Unit ini bertugas menyediakan kebutuhan *steam* sebagai media pemanas pada *heat exchanger*.

3. Unit Pengadaan Tenaga Listrik

Berfungsi sebagai tenaga penggerak untuk peralatan proses, maupun untuk penerangan. Listrik disuplai dari PLN dan dari generator sebagai cadangan bila listrik dari PLN mengalami gangguan.

4. Unit Pengadaan Bahan Bakar

Berfungsi untuk menyediakan bahan bakar untuk boiler dan generator.

5. Unit Laboratorium

Unit ini bertugas untuk memperoleh data-data yang diperlukan untuk evaluasi unit-unit yang ada dan untuk pengendalian mutu.

6. Unit Pengadaan Udara Tekan

Unit ini bertugas menyediakan udara tekan untuk kebutuhan instrumen *pneumatic*, penyedia udara tekan di bengkel, dan untuk kebutuhan lainnya.

7. Unit Pengolahan Air Limbah

Unit ini mengolah limbah yang terbuang dari proses, sanitasi, ataupun laboratorium, sehingga limbah yang terbuang bisa diterima dilingkungan

6.1.1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Unit ini bertugas menyediakan dan mengolah air untuk memenuhi kebutuhan air dalam menjalankan proses. Dalam memenuhi kebutuhan air industri, pada umumnya menggunakan air dari PT Krakatau Tirta Industri.

Dalam perancangan pabrik ini, sumber air yang digunakan adalah berasal dari PT Krakatau Tirta Industri. Pertimbangan menggunakan air dari PT Krakatau Tirta Industri ini adalah tidak perlu mengolah air dari sungai dan terjamin bersih.

Air yang digunakan dalam unit utilitas harus memenuhi syarat air proses industri kimia. Air yang dibutuhkan dalam lingkungan pabrik adalah untuk :

a. Air Proses

Air proses ini digunakan sebagai pelarut pada *mixer*. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam air proses adalah :

1. Kesadahan (*hardness*) yang dapat menimbulkan kerak.
2. Besi yang dapat menyebabkan korosi.
3. Minyak yang menyebabkan terbentuknya lapisan film mengakibatkan terganggunya koefisien transfer panas serta menimbulkan endapan.

Air yang akan digunakan untuk air proses harus dihilangkan mineral-mineral yang terkandung didalam air tersebut, seperti : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^{4-} , Cl^- , dan lain-lain dengan menggunakan resin didalam unit *demineralizer*.

Tabel 6.1 Kebutuhan air proses

No	Penggunaan	Kebutuhan (Kg/Jam)
1	<i>Mixer</i>	4061,443
3	Jaket pemanas	47,8979
2	<i>Make up</i> 10%	410,93406

b. Air Pendingin

Pada umumnya, ada beberapa faktor yang menyebabkan air digunakan sebagai media pendingin, yaitu:

1. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah yang besar dengan biaya yang murah.
2. Mudah dalam pengaturan dan pengolahannya
3. Dapat menyerap sejumlah panas per satuan volume yang tinggi dan tidak terdekomposisi.

Tabel 6.2 Kebutuhan air pendingin

No	Penggunaan	Kebutuhan (kg/jam)
1	Cooler	253,0576
2	Kristalizer	679,5455
3	Cooling conveyer	253,6816
4	Kondensor	232,010
<i>Over design</i>		20%
Total		1418,2954

Make up 10% = 170,195 kg/jam

Densitas air pada = 997 kg/m³

c. Air Sanitasi

Air yang akan digunakan harus memenuhi syarat-syarat kesehatan. Dapat dilakukan dengan menambahkan kaporit untuk menghilangkan bibit penyakit dan mengurangi kekeruhan.

Syarat fisik:

- Suhu di bawah suhu udara luar.
- Warna jernih.
- Tidak mempunyai rasa.
- Tidak berbau.

Syarat kimia:

- Tidak mengandung zat organik maupun zat anorganik.
- Tidak beracun.

Syarat bakteriologis:

- Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteripatogen.

Tabel 6.3 Kebutuhan air sanitasi

No	Penggunaan	Kebutuhan (kg/jam)
1	Karyawan	450
2	Laboratorium, poliklinik, dan bengkel	150
3	Pemadam kebakaran	400
4	Kantin dan mushola	150
5	Pembersihan, pemeliharaan, dan taman	150
Total		1300

d. Air Umpan Boiler

Sumber air yang digunakan untuk kebutuhan umpan *boiler* berasal dari air PT.Krakatau Tirta Industri. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* adalah sebagai berikut:

1. Kandungan yang dapat menyebabkan korosi
Disebabkan karena air mengandung larutan asam dan gas-gas terlarut.
2. Kandungan yang dapat menyebabkan kerak
Disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silikat.
3. Kandungan yang dapat menyebabkan pembusaan (*foaming*)
Air yang diambil dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler dan alat penukar panas karena adanya zat-zat organik, anorganik, dan zat-zat yang tidak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terjadi pada alkalinitas tinggi.

Tabel 6.4 Kebutuhan air untuk steam

No	Penggunaan	Kebutuhan (kg/jam)
1	<i>Heat Exchanger 1</i>	81,5007
2	<i>Heat Exchanger 2</i>	63,547
3	<i>Heat Exchanger 3</i>	27,42985

No	Penggunaan	Kebutuhan (kg/jam)
4	<i>Heat Exchanger 4</i>	2,1186
5	Evaporator	197,0185
6	Heater udara	247,371
	<i>Over design</i>	20%
	Total	618,985

Make up 10% = 7,4278 kg/jam

Tabel 6.5 Kebutuhan air make up

No	Komponen	Kebutuhan (kg/jam)
1	Air sanitasi	1430
2	Air proses	410,9340
3	<i>Make up</i> air pendingin	170,1954
4	<i>Make up</i> air umpan boiler	7,4278
	Total	2018,6

Tahapan-tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut:

6.1.2. Unit Sanitasi

1. Bak Penampung Sementara (BU-01)

Air dari PT Krakatau Tirta Industri dialirkan ke tangki penampung yang siap distibusikan sebagai air sanitasi, air pendingin dan sebagai air proses.

2. Tangka Karbon Aktif (TU-01)

Air yang sudah melalui bak penampung kemudian dialirkan ke tangki karbon aktif. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan bau dan rasa yang kurang sedap yang terkandung dalam air.

3. Tangki air Bersih (TU-02)

Tangki air bersih berfungsi untuk menampung air bersih yang telah diproses. Dimana air bersih ini digunakan untuk keperluan air minum dan perkantoran.

Air yang keluar dari tangki karbon aktif harus ditambahkan kaporit (CaOCl_2) untuk membunuh kuman dan mikroorganisme seperti amuba, ganggang dan lain-lain yang terkandung dalam air sehingga aman untuk dikonsumsi. Kaporit digunakan sebagai penjernih karena harganya murah dan masih mempunyai daya desinfeksi sampai beberapa jam setelah pembubuhannya.

6.1.3. Unit Pengadaan Steam

Untuk menghasilkan uap air yang digunakan dalam proses, alat yang digunakan adalah boiler atau ketel uap. Dalam hal ini yang digunakan adalah boiler pipa api (*firetube boiler*), karena memiliki kelebihan sebagai berikut:

- Air umpan tidak perlu terlalu bersih karena berada di luar pipa.
- Tidak memerlukan flate tebal untuk shell, sehingga harganya lebih murah.
- Tidak memerlukan tembok dan batu tahan api.
- Pemasangannya murah.

1. Unit Demineralisasi Air

Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} dan lain-lain dengan menggunakan resin. Air yang diperoleh adalah air bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi air umpan boiler (*Boiler Feed Water*).

Demineralisasi air diperlukan karena air umpan boiler harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- Jika *steam* digunakan sebagai pemanas diharapkan tidak menimbulkan kerak pada kondisi steam yang dikehendaki maupun pada *tube heat exchanger*, karena hal tersebut dapat mengakibatkan turunnya efisiensi operasi, bahkan dapat mengakibatkan tidak dapat beroperasi sama sekali.

- Bebas dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi terutama gas O₂ dan CO₂.

Air diumpankan ke *kation exchanger* untuk menghilangkan kation-kation mineralnya. Kemungkinan jenis kation yang ada adalah Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, dan Al³⁺. Air yang keluar dari *kation exchanger* diumpankan ke *anion exchanger* untuk menghilangkan anion-anion mineralnya. Kemungkinan jenis anion yang ditemui adalah HCO³⁻, CO₃²⁻, Cl⁻, NO⁻ dan SiO₃²⁻. Air yang keluar selanjutnya dikirim ke unit *demineralized water storage* sebagai penyimpanan sementara sebelum diproses lebih lanjut sebagai BFW.

2. Unit Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Air yang sudah mengalami demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut terutama oksigen. Gas tersebut dapat menyebabkan korosi, sehingga gas tersebut harus dihilangkan terlebih dahulu dalam suatu deaerator. Pada deaerator diinjeksikan bahan-bahan kimia berikut:

- a. Steam yang berfungsi untuk mengikat O₂ yang terkandung dalam air tidak sepenuhnya dapat menghilangkan kandungan O₂, sehingga perlu ditambahkan Hidrazin.
- b. Hidrazin berfungsi mengikat sisa oksigen berdasarkan reaksi berikut: $2\text{N}_2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Nitrogen sebagai hasil reaksi bersama gas-gas lain dihilangkan melalui *stripping* dengan uap bertekanan rendah.

6.2 Unit Pengadaan Listrik

Unit pengadaan listrik bertugas untuk menyediakan listrik guna memenuhi kebutuhan pabrik dan kantor. Kebutuhan listrik tersebut dipenuhi dari Perusahaan Listrik Negara (PLN), untuk menghindari gangguan-gangguan yang mungkin terjadi digunakan *generator set* sebagai cadangan.

Kebutuhan listrik di pabrik meliputi:

1. Listrik untuk keperluan proses

Besarnya listrik untuk keperluan proses sebagai berikut :

Tabel 6.6 Konsumsi listrik untuk keperluan proses

Nama alat dan proses	Power, HP	Jumlah	Σ Power, HP
Mixer	3	1	3
Reaktor	20	1	20
pompa – 01	1	1	1
pompa – 02	1	1	1
pompa – 03	1	1	1
pompa – 04	1	1	1
pompa – 05	1	1	1
pompa – 06	1	1	1
pompa – 07	1	1	1
Blower	1	1	1
Rotary Dryer	15	1	15
Screw Conveyor 1	1,5	1	1,5
Kristalizer	5	1	5
Bucket Elevator	2	1	2
Cooling Conveyor	1,5	1	1,5
Total			57

Diketahui 1 HP = 0,7457 kW

Power yang dibutuhkan = 42,5049 kW

2. Listrik Untuk Utilitas

Besarnya listrik untuk unit pendukung proses (utilitas) sebagai berikut :

Tabel 6.7 Konsumsi listrik untuk keperluan utilitas

Nama alat dan proses	Power, HP	Jumlah	Σ Power, HP
Tangki N ₂ H ₂	0,5	1	0,5
Tangki HCl	0,5	1	0,5
Tangki NaOH	0,5	1	0,5
Cooling tower	1	1	1
Pompa-01	1	1	1
Pompa-02	1	1	1
Pompa-03	1	1	1

Nama alat dan proses	Power, HP	Jumlah	Σ Power, HP
Pompa-04	1	1	1
Pompa-05	1	1	1
Pompa-06	1	1	1
Pompa-07	1	1	1
Pompa-08	1	1	1
Pompa-09	1	1	1
Pompa-10	1	1	1
Pompa-11	1	1	1
Pompa-12	1	1	1
Pompa-13	1	1	1
Pompa-14	1	1	1
Pompa-15	1	1	1
Pompa-16	1	1	1
Total			19

Diketahui 1 HP = 0,7457 kW

Power yang dibutuhkan = 14,1683 kW

3. Listrik untuk penerangan dan AC

Listrik untuk AC diperkirakan sebesar 5000 W = 5 kW

Listrik untuk penerangan diperkirakan sebesar = 100 kW

4. Listrik untuk laboratorium dan bengkel

Listrik yang digunakan diperkirakan = 40 kW

5. Listrik untuk instrumentasi

Listrik yang digunakan diperkirakan sebesar = 5 kW

Jumlah kebutuhan listrik = 206,6732 kW

Emergency generator yang digunakan mempunyai efisiensi 80%, maka

Input generator = 258,3415 kW

Ditetapkan *input generator* 400 kW

Untuk keperluan dan cadangan = 141,6585 kW x 80% = 113,3268 kW

Spesifikasi Generator

a. Tipe = AC generator

b. Kapasitas = 400 kW

c. Tegangan = 220/360 volt

d. Efisiensi = 80 %

- e. Frekuensi = 50 Hz
f. Bahan bakar = Solar (*fuel oil*)

6.3 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit ini bertugas menyediakan atau menyimpan bahan bakar yang digunakan dalam operasi pabrik. Kebutuhan bahan bakar untuk *generator set*

- a. Jenis bahan bakar : solar
b. Heating value : 18315 Btu/lb
c. Efisiensi bahan bakar : 80%
d. Sg solar : 0,81
e. ρ solar : 53 lb/ft³
f. Kapasitas input generator : 1364964,8 Btu/jam
g. Kebutuhan solar : 0,0497 m³/jam

6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan digunakan untuk menjalankan sistem instrumentasi. Pengolahan udara ini adalah pengolahan udara yang bebas dari air, bersifat kering, bebas minyak dan tidak mengandung pertikel-partikel lainnya.

Udara tekan diperlukan untuk alat kontrol *pneumatic*. Kebutuhan setiap alat kontrol *pneumatic* sekitar 25,2 L/menit (Considine, 1970). Kebutuhan udara tekan diperkirakan 50 m³/jam. Alat untuk penyediaan udara tekan berupa kompressor.

6.5 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dalam pabrik ini adalah limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Pengolahan bahan buangan meliputi :

- 1) Buangan air sanitasi
- 2) *Back wash filter*, air berminyak dari pelumas pompa
- 3) Sisa regenerasi
- 4) *Mother liquor* hasil pemisahan *centrifuge*
- 5) Limbah padat

6) *Blow down cooling water*

Air buangan sanitasi dari toilet di sekitar pabrik dan perkantoran dikumpulkan dan diolah dalam unit *stabilisasi* dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi dan injeksi klorin. Klorin ini berfungsi untuk disinfektan, yaitu membunuh mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit.

Air sisa regenerasi dari unit demineralisasi yang mengandung NaOH dinetralkan dengan menambahkan H_2SO_4 . Hal ini dilakukan jika pH air buangan lebih dari tujuh. Jika pH air buangan kurang dari tujuh ditambahkan NaOH.

Air yang berminyak, yang berasal dari buangan pelumas pompa diolah atau dipisahkan dari air dengan cara perbedaan berat jenisnya. Minyak dibagian atas dan oli bekas dialirkan ke penampungan terakhir, kemudian dikirim ke badan yang berwenang

Limbah padat diurug didalam tanah yang dindingnya dilapisi dengan *clay* (tanah liat) agar bila limbah yang dipendam termasuk berbahaya tidak menyebar ke lingkungan sekitarnya

6.6 Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produk. Sedangkan peran yang lain adalah mengendalikan pencemaran lingkungan, baik limbah gas, cair maupun padat. Limbah cair berupa air limbah hasil proses.

Laboratorium kimia adalah sarana untuk mengadakan penelitian bahan baku, proses maupun produksi. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan dan menjaga kualitas atau mutu produk dari perusahaan. Analisa yang dilakukan dalam rangka pengendalian mutu meliputi analisa bahan baku dan proses serta produk.

Tugas laboratorium antara lain :

1. Memeriksa bahan baku yang akan digunakan

2. Menganalisa dan meneliti produk yang akan dipasarkan
3. Menganalisa kadar zat-zat yang dapat menyebabkan pencemaran pada buangan pabrik.
4. Melakukan percobaan yang ada kaitannya dengan proses produksi.

Dalam upaya pengendalian mutu produk, Adapun analisa pada proses pembuatan sodium nitrat ini adalah sebagai berikut:

- Bahan baku yang berupa sodium hidroksida dan asam nitrat yang dianalisa meliputi warna, densitas, viskositas, *specific gravity*, titik didih dan kemurnian masing-masing bahan baku.
- Produk, yang dianalisa meliputi berat jenis sodium nitrat, dan kadar pengotor.

Analisa untuk unit utilitas meliputi:

- a) Air proses penjernihan, yang dianalisa pH, SiO₂, Ca sebagai CaCO₃, sulfur sebagai SO₄⁻, clor sebagai Cl₂ dan zat padat terlarut
- b) Air bebas mineral, analisa sama dengan penukar ion
- c) Air minum yang dianalisa pH, bau, kekeruhan

Untuk mempermudah pelaksanaan program kerja laboratorium, maka laboratorium di pabrik dibagi menjadi tiga (3) bagian :

1. Laboratorium pengamatan

Kerja dan tugas laboratorium ini adalah melakukan analisa secara fisika terhadap semua aliran yang berasal dari proses produksi maupun tangki serta mengeluarkan '*certificate of quality*' untuk menjelaskan spesifikasi hasil pengamatan. Jadi pemeriksaan dan pengamatan dilakukan terhadap bahan baku dan produk akhir.

2. Laboratorium analitik

Kerja dan tugas laboratorium ini adalah melakukan analisa terhadap sifat-sifat dan kandungan kimiawi bahan baku dan produk akhir.

3. Laboratorium penelitian dan pengembangan

Kerja dan tugas laboratorium ini adalah melakukan penelitian dan pengembangan terhadap permasalahan yang berhubungan dengan kualitas material dalam proses dalam meningkatkan hasil akhir.

6.7 Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja merupakan hal penting bagi perlindungan tenaga kerja yang berkaitan dengan alat kerja, mesin, bahan dan proses pengolahan, tempat kerja, lingkungannya serta cara pengerjaannya.

Tujuan keselamatan kerja :

1. Melindungi tenaga kerja dalam melakukan pekerjaan untuk kesejahteraan hidup dan meningkatkan produksi
2. Menjamin keselamatan orang lain yang berada di lingkungan kerja
3. Memelihara sumber produksi dan dipergunakan secara aman di lingkungan kerja

Untuk pelaksanaan program keselamatan kerja, disediakan perlengkapan pakaian seragam kerja untuk tiap-tiap karyawan. Selain itu perusahaan juga menyediakan alat-alat pelindung diri yang disesuaikan dengan kondisi dan jenis pekerjaan. Peralatan *safety* (*Safety Equipment*) harus dipakai oleh setiap karyawan yang berada di *plant* atau daerah proses.

Perlengkapan *safety* yang harus dipakai :

1. Sepatu *safety*
2. *Safety Goggle* (kacamata *safety*)
3. *Ear muff* / *Ear plug*, yaitu penutup telinga yang dipakai untuk mengurangi suara bising dari mesin
4. *Safety Helmet*, yaitu alat pelindung kepala
5. Masker, yaitu penutup hidung dan mulut untuk menyaring udara yang dihisap
6. *Breathing apparatus*, yaitu alat bantu pernafasan dimana dipakai jika udara sekeliling kotor sekali atau beracun.

Adapun tindakan pencegahan yang dilakukan oleh perusahaan antara lain:

1. Penyediaan alat pencegah kebakaran dan kebocoran.
2. Pemberian penerangan, latihan, dan pembinaan agar setiap pekerja yang ada di tempat dapat mengetahui cara melakukan pencegahan jika

terjadi kecelakaan, kebakaran, peledakan, dan kebocoran pipa yang berisi zat berbahaya.

3. Pemberian penerangan mengenai pertolongan pertama pada kecelakaan.

6.8 Alat-Alat Utilitas

Alat yang digunakan di unit utilitas ini berguna untuk mengolah air sanitasi, air boiler, dan air pendingin.

6.8.1. Bak Penampung Sementara

Kode	: BU-01
Fungsi	: Menampung air yang berasal dari PT. Krakatau Tirta
Bahan	: Beton
Jenis	: <i>Silinder vertikal</i>
Bentuk	: Balok
Volume	: 11,497 m ³
Panjang	: 2,25689 m
Lebar	: 1,1284 m
Tinggi	: 4,5139 m

6.8.2. Kation Exchanger

Kode	: TU-03
Fungsi	: Menurunkan kesadahan air umpan boiler.
Jenis	: <i>Down flow cation exchanger</i>
Resin	: <i>Natural greensand zeolite</i>
Volume	: 742,7831 kg/jam
Diameter	: 0,394 m
Tinggi	: 1,49 m
Bahan	: <i>Stainless stell SA-167 type 304</i>

6.8.3. Anion Exchanger

Kode	: TU-04
Fungsi	: Menghilangkan anion dari air

	keluaran <i>kation exchanger</i> .
Jenis	: <i>Down flow anion exchanger</i>
Resin	: <i>Synthetic resin anion exchanger</i>
Volume	: 742,7832 kg/jam
Diameter	: 0,3053 m
Tinggi	: 1,1989 m
Bahan	: <i>Stainless stell SA-167 type 304</i>
6.8.4. Tangki Dimineralisasi	
Kode	: TU-05
Tugas	: Menampung sementara air <i>make up</i> boiler dan air keperluan <i>ion exchanger</i>
Bahan	: <i>Carbon steel SA-283</i>
Kecepatan Volumetrik	: 0,8940 m ³ /jam
Volume bak	: 6,70516 m ³
Diameter	: 1,7857 m
Tinggi	: 2,678 m
6.8.5. Deaerator	
Kode	: De
Fungsi	: Melepaskan gas – gas terlarut air seperti O ₂ dan CO ₂
Jenis	: Silinder tegak dengan bahan isian
Diameter	: 0,33 m
Tinggi	: 0,5 m
6.8.6. Boiler	
Kode	: BL
Fungsi	: Menyediakan <i>steam</i> jenuh
Jenis	: <i>Water tube boiler</i>
Kapasitas	: 742,783 kg/jam
6.8.7. Tangki Penyimpanan N ₂ H ₂	
Tugas	: Membuat larutan N ₂ H ₂ 30 ppm

Volume tangki	: 12,82 m ³
Bentuk tangki	: Silinder tegak
Diameter	: 2,537 m
Tinggi	: 2,537 m
Bahan	: <i>Stainless steel SA-167 type 304</i>
Pengaduk	: 0,5 HP
Putaran pengaduk	: 20 rpm
Jenis pengaduk	: <i>Marine propeler 3 blade</i>
6.8.8. Tangki Air Bersih	
Kode	: TU-02
Tugas	: Menampung air bersih untuk perkantoran sehari-hari
Bentuk	: Silinder vertikal
Volume	: 207,648 m ³
Diameter	: 10,19 m
Tinggi	: 5,095 m
Bahan	: Fiber
Jumlah	: 1
6.8.9. Tangki Larutan HCl	
Tugas	: Membuat HCl 5% untuk regenerasi <i>kation exchanger</i>
Volume	: 0,1051 m ³
Diameter	: 0,5116 m
Tinggi	: 0,5116 m
Jenis	: Silinder tegak
Tenaga pengaduk	: 0,5 HP
Jenis pengaduk	: <i>Marine propeler 3 blade</i>
Bahan	: <i>Stainless steel SA 167 type 304</i>
6.8.10. Tangki Larutan NaOH	
Tugas	: Membuat NaOH 5% untuk

	regenerasi <i>anion exchanger</i>
Volume	: 0,35 m ³
Diameter	: 0,7675 m
Tinggi	: 0,7675 m
Jenis	: Silinder tegak
Tenaga pengaduk	: 0,5 HP
Jenis pengaduk	: <i>Marine propeler 3 blade</i>
Bahan	: <i>Stainless steel SA 167 type 304</i>
6.8.11. Tangki Air Pendingin 1	
Kode	: TU-06
Tugas	: Menampung air <i>make up</i> dari air pendingin <i>refrigerant</i>
Volume	: 1,0259 m ³
Diameter	: 1,0933 m
Tinggi	: 1,0933 m
Bahan	: <i>Carbon steel SA-283</i>
6.8.12. Tangki Air Pendingin 2	
Kode	: TU-07
Tugas	: Menampung air dingin dari <i>refrigerant</i> sebelum disirkulasikan ke alat – alat proses
Volume	: 0,5343 m ³
Diameter	: 0,8796 m
Tinggi	: 0,8796 m
Bahan	: <i>Carbon steel SA-283</i>
6.8.13. <i>Cooling Tower</i>	
Kode	: CT
Fungsi	: Tempat mendinginkan air pendingin dan yang akan disirkulasikan kembali.
Jenis	: <i>Cooling tower type crossflow</i>

Suhu Masuk	: 50 °C
Suhu Keluar	: 30 °C
Kecepatan	: 7,48609 gpm
Jumlah	: 1 buah

6.8.14. Bak Refrigerator

Volume	: 1,0259 m ³
Panjang	: 1,0085 m
Lebar	: 10,5043 m
Tinggi	: 2,0171 m
Suhu Keluar	: 15 °C
Suhu Masuk	: 30 °C
Jumlah	: 1 buah

6.8.15. Pompa Utilitas 1

Kode	: PU-01
Fungsi	: Mengalirkan air dari BU-01 ke TU-01
Bahan	: <i>Cast Iron</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 1,0068 m ³ /jam
Power	: 1 HP

6.8.16. Pompa Utilitas 2

Kode	: PU-02
Fungsi	: Mengalirkan air dari TU-01 ke TU-02
Bahan	: <i>Cast Iron</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 1,0068 m ³ /jam
Power	: 1 HP

6.8.17. Pompa Utilitas 3

Kode	: PU-03
Fungsi	: Mengalirkan air dari TU-02 ke kantor dan perumahan
Bahan	: <i>Cast Iron</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 1,0068 m ³ /jam
Power	: 1 HP

6.8.18. Pompa Utilitas 4

Kode	: PU-04
Fungsi	: Mengalirkan air dari BU-01 ke TU-03
Bahan	: <i>Cast Iron</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,9116 m ³ /jam
Power	: 1 HP

6.8.19. Pompa Utilitas 5

Kode	: PU-05
Fungsi	: Mengalirkan air dari TU-03 ke sistem pendingin
Bahan	: <i>Cast Iron</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,9116 m ³ /jam
Power	: 1 HP

6.8.20. Pompa Utilitas 6

Kode	: PU-06
Fungsi	: Mengalirkan air dari pendingin ke TU-04

Bahan	: <i>Cast Iron</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,9116 m ³ /jam
Power	: 1 HP

6.8.21. Pompa Utilitas 7

Kode	: PU-07
Fungsi	: Mengalirkan air dari BU-01 ke TU-05
Bahan	: <i>Cast Iron</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,7261 m ³ /jam
Power	: 1 HP

6.8.22. Pompa Utilitas 8

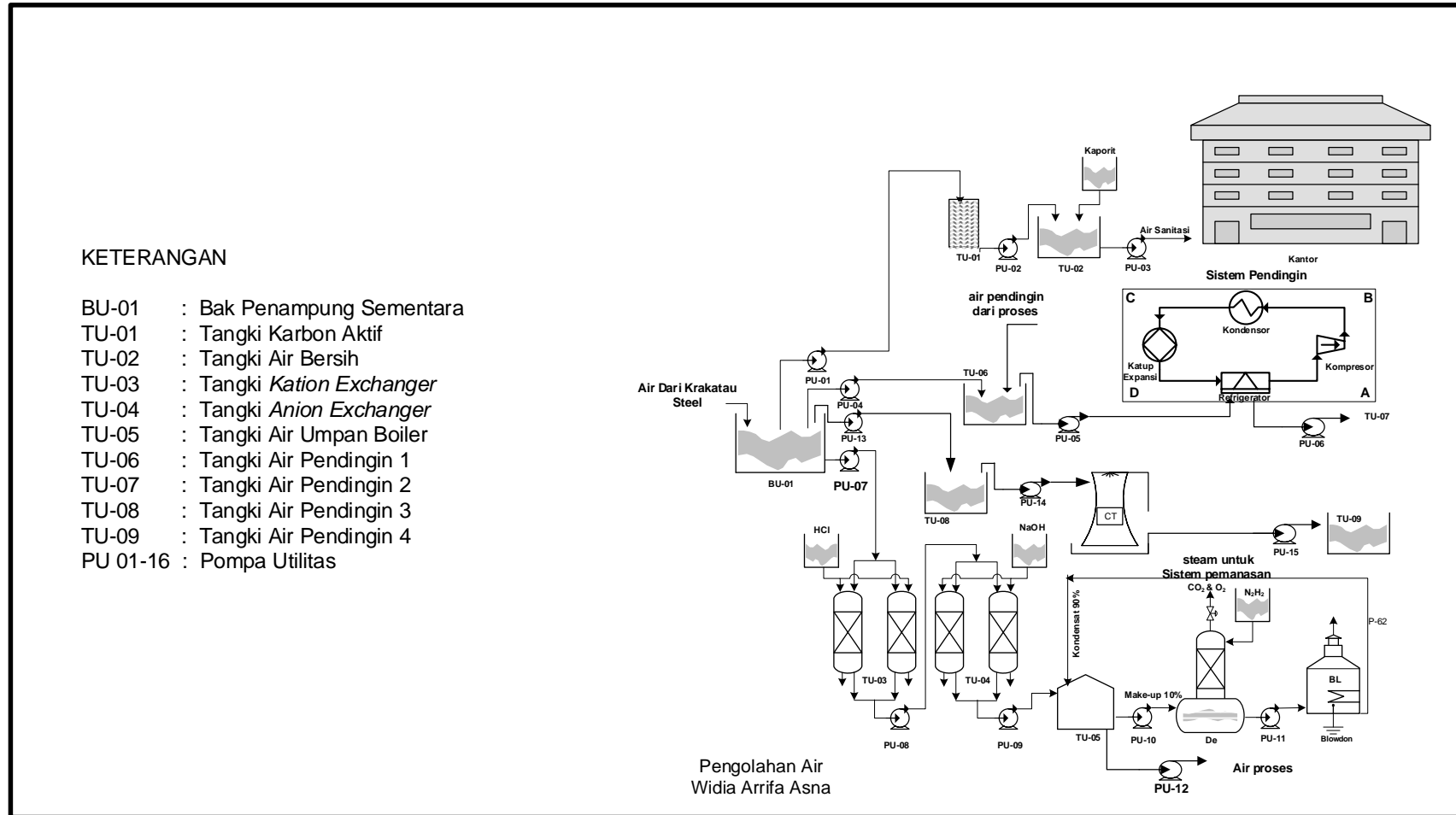
Kode	: PU-08
Fungsi	: Mengalirkan ari proses dari TU-05 ke TU-06
Bahan	: <i>Cast Iron</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,7261 m ³ /jam
Power	: 1 HP

6.8.23. Pompa Utilitas 9

Kode	: PU-09
Fungsi	: Mengalirkan air dari TU-06 ke TU-07
Bahan	: <i>Cast Iron</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,7261 m ³ /jam

Power	: 1 HP
6.8.24. Pompa Utilitas 10	
Kode	: PU-10
Fungsi	: Mengalirkan air dari TU-07 ke deaerator
Bahan	: <i>Cast Iron</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,7261 m ³ /jam
Power	: 1 HP
6.8.25. Pompa Utilitas 11	
Kode	: PU-11
Fungsi	: Mengalirkan air dari daerator ke boiler
Bahan	: <i>Cast Iron</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,7261 m ³ /jam
Power	: 1 HP
6.8.26. Pompa Utilitas 12	
Kode	: PU-12
Fungsi	: Mengalirkan air dari TU-07 ke <i>mixer</i>
Bahan	: <i>Cast Iron</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 3,9701 m ³ /jam
Power	: 1 HP
6.8.27. Pompa Utilitas 13	
Kode	: PU-13
Fungsi	: Mengalirkan air dari BU-01 ke

	TU-08
Bahan	: <i>Cast Iron</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,4748 m ³ /jam
Power	: 1 HP
6.8.28. Pompa Utilitas 14	
Kode	: PU-14
Fungsi	: Mengalirkan air dari TU-08 ke CT
Bahan	: <i>Cast Iron</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,4748 m ³ /jam
Power	: 1 HP
6.8.29. Pompa Utilitas 15	
Kode	: PU-15
Fungsi	: Mengalirkan air dari CT ke TU-09
Bahan	: <i>Cast Iron</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 1,6637 m ³ /jam
Power	: 1 HP
6.8.30. Pompa Utilitas 16	
Kode	: PU-16
Fungsi	: Mengalirkan air dari TU-05 ke <i>heater</i> jaket pemanas reaktor
Bahan	: <i>Cast Iron</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,0468 m ³ /jam
Power	: 1 HP



Gambar 6.1 Proses Pengolahan Air

BAB VII

ORGANISASI DAN TATA LETAK PABRIK

7.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik ferrosulfat heptahidrat yang akan didirikan direncanakan mempunyai:

Bentuk	: Perseroan Terbatas (PT)
Lapangan Usaha	: Industri ferrosulfat heptahidrat
Lokasi Perusahaan	: Gresik, Jawa Timur

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan ini didasarkan atas beberapa faktor sebagai berikut:

- 1) Mudah untuk mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
- 2) Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta staffnya yang diawasi oleh dewan komisaris, sehingga kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta staffnya atau karyawan perusahaan.
- 3) Efisiensi dari manajemen. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang cukup cakap dan berpengalaman.
- 4) Lapangan usaha lebih luas, PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.
- 5) Merupakan badan usaha yang memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.
- 6) Mudah mendapatkan kredit bank dengan jaminan perusahaan yang ada.
- 7) Mudah bergerak dipasar modal.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas (PT) yaitu perseroan terbatas didirikan dengan akta notaris berdasarkan kitab undang-undang hukum dagang. Besarnya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham. Pemiliknya

adalah para pemegang saham serta yang memilih suatu direksi yang memimpin jalannya perusahaan. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi tersebut dengan memperhatikan hukum-hukum perburuhan.

7.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan kerangka dasar suatu perusahaan. Untuk mendapat sistem yang baik maka perlu diperhatikan beberapa pedoman, yang antara lain adalah perumusan tujuan perusahaan jelas, pendelegasian wewenang, pembagian tugas kerja yang jelas, kesatuan perintah dan tanggung jawab, sistem pengontrolan atas pekerjaan yang telah dilaksanakan, dan organisasi perusahaan yang fleksibel.

Dengan berpedoman terhadap asas tersebut maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu sistem lini dan staf. Pada sistem ini, garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi, maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri atas orang yang ahli di bidangnya. Bantuan pikiran dan nasehat akan diberikan oleh staf ahli kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan. Tanggung jawab, tugas serta wewenang tertinggi terletak pada pimpinan yang terdiri dari Direktur Utama dan Direktur yang disebut Dewan Direksi. Sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada Rapat Anggota Tahunan. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini sebagai berikut:

7.2.1 Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk PT (Perseroan Terbatas) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada RUPS tersebut para pemegang saham berwenang :

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

tahunan dari perusahaan.

7.2.2 Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemilik saham, sehingga Dewan Komisaris akan bertanggung jawab kepada pemilik saham. Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi:

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

7.2.3 Direktur

a. Direktur Utama

Tugas: Memimpin kegiatan perusahaan secara keseluruhan, menerapkan sistem kerja dan arah kebijaksanaan perusahaan serta bertanggung jawab penuh terhadap jalannya perusahaan.

b. Direktur Teknik dan Produksi

Tugas: Memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

c. Direktur Keuangan dan Umum

Tugas: Bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan administrasi, personalia, dan keselamatan kerja

7.2.4 Staf Ahli dan Litbang

Staf ahli dan litbang terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu manajer dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf Ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahlian masing-masing. Tugas dan wewenang Staf Ahli :

1. Memberi nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan
2. Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan
3. Memberikan saran-saran dalam bidang hukum

7.2.5 Kepala Bagian

Secara umum tugas kepala bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh perusahaan. Kepala bagian bertanggung jawab kepada Direktur Utama, kepala bagian terdiri dari :

a. Kepala Bagian Proses

Tugas : Bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan kegiatan pabrik dalam bidang proses produksi

b. Kepala Bagian Utilitas

Tugas : Bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan kegiatan pabrik dalam bidang penyediaan utilitas.

c. Kepala Bagian Pengolahan Limbah

Tugas : Bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan kegiatan pabrik dalam bidang pengolahan limbah.

d. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

e. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu

Tugas : Bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan kegiatan yang berhubungan dengan pengembangan perusahaan, pengawasan mutu, serta keselamatan kerja.

f. Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran

Tugas : Bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

g. Kepala Bagian Umum

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan.

7.2.6 Karyawan

a. Karyawan Proses

Tugas : Bertanggung jawab atas kelancaran proses produksi

b. Karyawan Utilitas

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

c. Karyawan Pengolahan Limbah

Tugas : Bertanggung jawab terhadap pengolahan limbah buangan pabrik

d. Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Tugas : Menyelenggarakan pemantauan hasil (mutu) dan pengolahan limbah

e. Karyawan Pemasaran

Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik

f. Karyawan Keuangan

Tugas : Bertanggung jawab atas pembelian barang-barang untuk kelancaran produksi, bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

g. Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel

Tugas : Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan pergantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.

h. Karyawan Kesehatan dan Keselamatan Kerja

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

i. Karyawan Humas dan Keamanan

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintahan, serta mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

7.3 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji

7.3.1. Sistem Kepegawaian

Pada pabrik Ferrosulfat Heptahidrat ini sistem upah karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Menurut statusnya karyawan dibagi menjadi 3 golongan sebagai berikut :

a. Karyawan tetap

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

b. Karyawan harian

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi tanpa SK direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

c. Karyawan borongan

Yaitu karyawan yang digunakan oleh pabrik bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu perusahaan.

7.3.2. Sistem Gaji

Sistem gaji Perusahaan ini dibagi menjadi tiga golongan yaitu :

a. Gaji Bulanan

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

b. Gaji Harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

c. Gaji Lembur

Gaji ini diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam yang telah ditetapkan.

Besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan. Perincian golongan dan gaji pegawai sebagai berikut :

Tabel 7.1 Daftar Gaji Karyawan

No	Jabatan	Klasifikasi	Jumlah	Gaji/bulan (Rupiah)	Gaji/tahun (Rupiah)
1	Direktur Utama	S2/S3-Teknik Kimia/Ekonomi/ Hukum	1	20.990.000,00	275.880.000,00
2	Direktur Produksi dan Operasional	S2-Teknik Kimia	1	17.990.000,00	215.880.000,00
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	S2-Ekonomi	1	17.990.000,00	215.880.000,00
4	Direktur Sumberdaya Manusia dan Umum	S2-Manajemen / Hukum	1	17.990.000,00	215.880.000,00
5	Staff Ahli	S2 - Teknik Kimia	1	10.490.000,00	131.880.000,00
6	Kepala Bagian Proses	S1-Teknik Kimia	1	8.490.000,00	101.880.000,00
7	Kepala Bagian Teknik	S1-Teknik Mesin	1	8.490.000,00	101.880.000,00
8	Kepala Bagian Utilitas	S1-Teknik Kimia	1	8.490.000,00	101.880.000,00
9	Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan	S1-Ekonomi	1	8.490.000,00	101.880.000,00

No	Jabatan	Klasifikasi	Jumlah	Gaji/bulan (Rupiah)	Gaji/tahun (Rupiah)
10	Kepala Bagian Pemasaran, Dist ribusi, dan Transportasi	S1-Teknik Industri / Manajemen	1	8.490.000,00	101.880.000,00
11	Kepala Bagian Litbang	S1- Teknik Kimia	1	8.490.000,00	101.880.000,00
12	Kabag Pengolahan Limbah	S1-Psikologi	1	8.490.000,00	101.880.000,00
13	Kabag pengendalian mutu	S1-Teknik Industri/Fisipol	1	8.490.000,00	101.880.000,00
14	Kepala Seksi Persediaan Produksi	S1-Teknik Industri	1	7.490.000,00	89.880.000,00
15	Kepala Seksi Laboratorium	S1-Kimia	1	7.490.000,00	89.880.000,00
16	Kepala Seksi Pengendalian Proses	S1-Teknik Kimia	1	7.490.000,00	89.880.000,00
17	Kepala Seksi Evaluasi Proses	S1-Teknik Kimia	1	7.490.000,00	89.880.000,00
18	Kepala Seksi Mesin dan Instrumentasi	S1-Teknik Mesin/Elektro	1	7.490.000,00	89.880.000,00
19	Kepala Seksi Bengkel dan Konstruksi	S1 - Teknik Mesin/Teknik Sipil	1	7.490.000,00	89.880.000,00
20	Kepala Seksi Utilitas	S1-Teknik Kimia	1	7.490.000,00	89.880.000,00

No	Jabatan	Klasifikasi	Jumlah	Gaji/bulan (Rupiah)	Gaji/tahun (Rupiah)
21	Kepala Seksi Pemeliharaan Listrik	S1-Teknik Elektro	1	7.490.000,00	89.880.000,00
22	Kepala Seksi Pengolahan Limbah	S1 - Teknik Kimia	1	7.490.000,00	89.880.000,00
23	Kepala Seksi Administrasi	S1-Akuntansi / Sekretaris	1	6.490.000,00	77.880.000,00
24	Kepala Seksi Keuangan	S1 - Ekonomi	1	6.490.000,00	77.880.000,00
25	Kepala Seksi Pemasaran	S1-Manajemen	1	6.490.000,00	77.880.000,00
26	Kepala Seksi Distribusi dan Transportasi	S1-Teknik Industri	1	7.490.000,00	89.880.000,00
27	Kepala Seksi Penelitian	S1 – Kimia	1	7.490.000,00	89.880.000,00
28	Kepala Seksi Pengembangan	S1 - Teknik Kimia	1	6.490.000,00	77.880.000,00
29	Kepala Seksi Kepegawaian	S1-Psikologi	1	6.490.000,00	77.880.000,00
30	Kepala Seksi Pusdiklat	S1-Psikologi / Teknik Industri	1	6.490.000,00	77.880.000,00
31	Kepala Seksi Humas	S1-Ilmu Komunikasi	1	6.490.000,00	77.880.000,00
32	Kepala Seksi Kebersihan	S1-Kesehatan Masyarakat	1	6.490.000,00	77.880.000,00
33	Kepala Seksi K3	S1- K3	1	6.490.000,00	77.880.000,00

No	Jabatan	Klasifikasi	Jumlah	Gaji/bulan (Rupiah)	Gaji/tahun (Rupiah)
34	Kepala Seksi Keamanan	S1-Semua Jurusan	1	6.490.000,00	77.880.000,00
35	Kepala Seksi Transportasi Perusahaan	D3/SMA/SMK- Semua Jurusan	1	6.490.000,00	77.880.000,00
36	Karyawan Persediaan Produksi	S1/D3-Teknik Industri	4	4.490.000,00	215.520.000,00
37	Karyawan Laboratorium	S1/D3-Kimia	8	4.490.000,00	431.040.000,00
38	Karyawan Pengendalian Proses	S1/D3-Teknik Kimia	24	4.490.000,00	1.293.120.000,00
39	Karyawan Evaluasi Proses	S1/D3-Teknik Kimia	8	4.490.000,00	431.040.000,00
40	Karyawan Mesin dan Instrumentasi	D3/SMK-Teknik Mesin/ Teknik Elektro	24	4.490.000,00	1.293.120.000,00
40	Karyawan		12	4.490.000,00	646.360.000,00
41	Bengkel dan Konstruksi	D3/SMK-Teknik Mesin			
42	Karyawan Utilitas	D3/SMK Analis Kimia/Kimia Industri	12	4.490.000,00	646.360.000,00
43	Karyawan Pemeliharaan Listrik	D3/SMK-Teknik Elektro	12	4.490.000,00	646.360.000,00

No	Jabatan	Klasifikasi	Jumlah	Gaji/bulan (Rupiah)	Gaji/tahun (Rupiah)
44	Karyawan Pengolahan Limbah	D3/SMK Analis Kimia/Kimia Industri	4	4.490.000,00	215.520.000,00
45	Karyawan Administrasi	D3/SMK- Ekonomi	4	4.490.000,00	215.520.000,00
46	Karyawan Keuangan	D3/SMK- Akuntansi	4	4.490.000,00	215.520.000,00
47	Karyawan Pemasaran	D3/SMK- Manajemen	4	4.490.000,00	215.520.000,00
48	Karyawan Distribusi dan Transportasi	D3/SMK-Teknik Industri / Manajemen	4	4.490.000,00	215.520.000,00
49	Karyawan Penelitian	D3/SMK Analis Kimia/Kimia Industri	4	4.490.000,00	215.520.000,00
50	Karyawan Pengembangan	D3/SMK Analis Kimia/Kimia Industri	4	4.490.000,00	215.520.000,00
51	Karyawan Kepegawaian	D3/SMK-Teknik Industri	4	4.490.000,00	215.520.000,00
52	Karyawan Pusdiklat	D3/SMK-Teknik Industri/Manaje men	4	4.490.000,00	215.520.000,00
53	Karyawan Humas	D3/SMK-Ilmu Komunikasi	4	4.490.000,00	215.520.000,00
54	Petugas Kebersihan	SLTA	32	4.190.000,00	1.608.960.000,00
55	Karyawan K3	D3/D3- K3	4	4.490.000,00	215.520.000,00

No	Jabatan	Klasifikasi	Jumlah	Gaji/bulan (Rupiah)	Gaji/tahun (Rupiah)
56	Dokter	S1-Kedokteran	2	8.890.000,00	213.360.000,00
57	Perawat	S1-Keperawatan	2	4.490.000,00	107.760.000,00
58	Petugas Keamanan	SLTA	16	4.190.000,00	804.480.000,00
59	Supir	SLTA	15	4.190.000,00	754.200.000,00
Total			250		15.178.800.000,00

7.3.3. Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik ferrosulfat beroperasi 330 hari dalam 1 tahun dan 24 jam perhari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan atau perawatan *shutdown*. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan digolongkan dalam 2 golongan, yaitu :

1. Karyawan non-*shift*

Karyawan non-*shift* adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Termasuk karyawan harian yaitu direktur, staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta bawahan yang ada di kantor. Karyawan harian dalam satu minggu akan bekerja selama 6 hari dengan jam kerja sebagai berikut :

Jam kerja :

Hari Senin-Jum'at : Jam 08.00-16.00

Hari Sabtu : Jam 08.00-13.00

Jam istirahat :

Hari Senin-Kamis : Jam 12.00-13.00

Hari Jumat : Jam 11.00-13.00

2. Karyawan *Shift/Ploog*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang secara langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan

dan kelancaran produksi. Yang termasuk karyawan *shift* antara lain seksi proses, sebagian seksi laboratorium, seksi pemeliharaan, seksi utilitas dan seksi keamanan. Para karyawan *shift* akan bekerja bergantian sehari semalam, dengan pengaturan sebagai berikut :

Karyawan produksi dan teknik :

Shift pagi : Jam 08.00-16.00

Shift siang : Jam 16.00-24.00

Shift malam : Jam 24.00-08.00

Karyawan Keamanan :

Shift pagi : Jam 07.00-15.00

Shift siang : Jam 15.00-23.00

Shift malam : Jam 23.00-07.00

Untuk karyawan *shift* ini akan dibagi dalam 4 regu di mana 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat dan dikenakan secara bergantian. Tiap regu akan mendapat giliran 3 hari kerja dan 1 hari libur tiap-tiap *shift* dan masuk lagi untuk *shift* berikutnya.

Hari ke- Regu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	P	S	M	L	P	S	M	P	S	M	L	P
2	S	M	L	P	S	M	P	S	M	L	P	S
3	M	L	P	S	M	P	S	M	L	P	S	M
4	L	P	S	M	L	P	S	M	P	S	M	L

Gambar 7.1 Jadwal karyawan

Keterangan :

P = *Shift* pagi

M = *Shift* malam

S = *Shift* siang

L = Libur

Kelancaran produksi dari suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh faktor kedisiplinan karyawannya. Untuk itu kepada seluruh karyawan diberlakukan absensi dan masalah absensi ini akan digunakan pimpinan

perusahaan sebagai dasar dalam mengembangkan karier para karyawan dalam perusahaan.

7.4 Kesejahteraan Karyawan

Untuk meningkatkan kesejahteraan karyawan dan keluarganya perusahaan memberikan fasilitas penunjang diantaranya adalah :

1. Fasilitas Kesehatan

Perusahaan membangun sebuah poliklinik yang berada di areal pabrik. Poliklinik tersebut berfungsi sebagai pertolongan pertama pada karyawan selama jam kerja. Untuk menangani kecelakaan berat, baik itu kecelakaan akibat kerja ataupun bukan yang menimpa karyawan maupun keluarganya, perusahaan menunjuk dokter umum atau dokter spesialis untuk menanganinya. Selain itu, perusahaan juga bekerja sama dengan beberapa rumah sakit. Bagi karyawan yang menderita sakit akibat kecelakaan kerja biaya pengobatan akan ditanggung oleh perusahaan sesuai dengan Undang-Undang Ketenagakerjaan yang berlaku. Sedangkan biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak disebabkan karena kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

2. Fasilitas Asuransi

Fasilitas asuransi diberikan untuk memberikan jaminan sosial dan memberikan perlindungan pada karyawan terhadap hal-hal yang tidak diinginkan. Program ini dikenal dengan BPJS Ketenagakerjaan (Badan Penyelenggara Jaminan Sosial Ketenagakerjaan).

3. Fasilitas Transportasi

Perusahaan memberikan fasilitas transportasi berupa mobil beserta sopir untuk kegiatan operasional bagi beberapa karyawan sesuai dengan jabatannya.

4. Fasilitas Koperasi

Koperasi karyawan didirikan dengan tujuan meningkatkan kesejahteraan karyawan dan memenuhi kebutuhan sehari-hari karyawan.

5. Fasilitas Kantin

Kantin disediakan untuk memenuhi kebutuhan makan bagi para karyawan.

6. Fasilitas Peribadatan.

Perusahaan menyediakan tempat peribadatan di sekitar areal pabrik.

7. Fasilitas Penunjang Lain

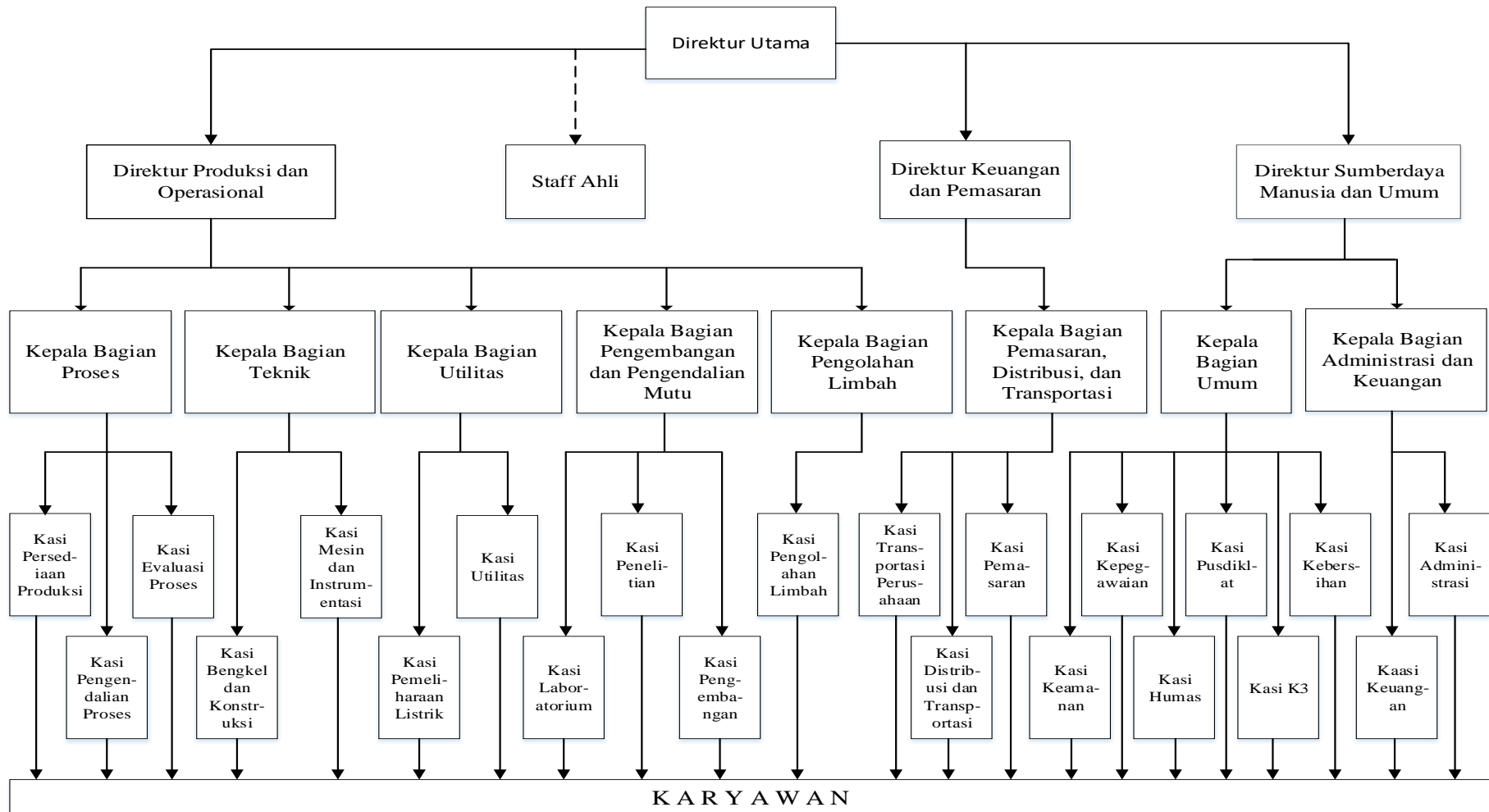
Perusahaan memberikan tunjangan-tunjangan lain berupa:

- Tunjangan Hari Raya (THR) bagi semua karyawan.
- Bonus bagi produksi yang melebihi target yang ditetapkan.
- Tunjangan kematian.
- Tunjangan hari tua yang dibayar sekaligus.
- Tunjangan perjalanan dinas.
- Peralatan *Safety*.
- Untuk menjaga keselamatan kerja karyawan di pabrik, diberikan peralatan *safety shoes*, *safety helmet*, masker, *earplug* dan alat-alat *safety* yang lain.

8. Fasilitas Cuti

Perusahaan memberikan waktu cuti untuk karyawannya berupa:

- Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 14 hari kerja dalam 1 tahun.
- Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang sakit berdasarkan keterangan dokter.



Gambar 7.2. Struktur Organisasi industri

7.5 Manajemen Produksi

Manajemen produksi merupakan salah satu bagian dalam suatu perusahaan yang fungsi utamanya adalah menyelenggarakan semua kegiatan untuk memproses bahan baku menjadi produk jadi dengan mengatur penggunaan faktor-faktor produksi proses produksi berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

Manajemen produksi meliputi manajemen perencanaan dan pengendalian produksi. Tujuan perencanaan dan pengendalian produksi adalah mengusahakan agar diperoleh kualitas produksi yang sesuai dengan rencana dan dalam jangka waktu yang tepat. Dengan meningkatnya kegiatan produksi maka selayaknya untuk diikuti dengan kegiatan perencanaan dan pengendalian agar dapat dihindarkan terjadinya penyimpangan-penyimpangan yang tidak terkendali.

Perencanaan ini sangat erat kaitannya dengan pengendalian, dimana perencanaan merupakan tolak ukur bagi kegiatan operasional, sehingga penyimpangan yang terjadi dapat diketahui dan selanjutnya dikendalikan kearah yang sesuai.

7.5.1. Perencanaan Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan yaitu faktor eksternal dan internal. Yang dimaksud faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

1. Kemampuan pasar

Dapat dibagi menjadi dua kemungkinan :

- a) Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal
- b) Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik
Ada 3 alternatif yang bisa diambil, yaitu :

- a. Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar, dengan mempertimbangkan untung dan rugi
- b. Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya
- c. Mencari daerah pemasaran lain

2. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor antara lain:

- a. Material/bahan baku
Dengan pemakaian yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan mencapai target produksi yang diinginkan
- b. Manusia/tenaga kerja
Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau *training* pada karyawan agar ketrampilan meningkat.
- c. Mesin/peralatan
Ada dua hal yang mempengaruhi kehandalan dan kemampuan peralatan, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja mesin efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu.

7.5.2. Pengendalian Proses

Setelah perencanaan produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal. Untuk itu perlu dilaksanakan pengendalian produksi sebagai berikut :

- 1) Pengendalian kualitas
Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku jelek, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor/analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan.
- 2) Pengendalian kuantitas
Penyimpangan kuantitas terjadi karena kesalahan operator, kerusakan mesin, keterlambatan pengadaan bahan baku, perbaikan alat terlalu lama dan lain-lain. Penyimpangan tersebut perlu diidentifikasi penyebabnya dan diadakan evaluasi. Selanjutnya diadakan perencanaan kembali sesuai dengan kondisi yang ada.
- 3) Pengendalian waktu
Untuk mencapai tertentu perlu adanya waktu tertentu pula.
- 4) Pengendalian bahan proses
Bila ingin dicapai kapasitas produksi yang diinginkan, maka bahan untuk proses harus mencukupi. Karenanya diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadi kekurangan.

7.6 Tata Letak Pabrik (*Lay Out*)

Pemilihan lokasi pabrik didasarkan atas pertimbangan nilai praktis dan menguntungkan, baik ditinjau dari segi teknis maupun ekonomis. Perencanaan *lay out* pabrik meliputi perencanaan area penyimpanan, area proses dan *handling area*. Secara garis besar *lay out* pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama yaitu:

1. Daerah administrasi atau perkantoran, laboratorium dan ruang kontrol.
 - Daerah administrasi merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi
 - Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan di proses serta produk yang dijual.

2. Daerah proses merupakan daerah tempat-tempat proses diletakkan dan tempat proses berlangsung.
3. Daerah pergudangan umum, bengkel dan garasi
4. Daerah utilitas merupakan daerah kegiatan penyediaan air, *steam*, udara tekan dan listrik.

Adapun faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik antara lain:

a. Penyediaan bahan baku

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan penyediaan bahan baku dan pemasaran produk untuk menghemat biaya transportasi. Pabrik juga sebaiknya dekat dengan pelabuhan, jika ada bahan baku atau produk yang dikirim dari atau ke luar negeri.

b. Pemasaran

Ferrosulfat heptahidrat merupakan bahan yang sangat dibutuhkan oleh industri, sehingga pendirian pabrik diusahakan dilakukan di kawasan industri.

c. Ketersediaan energi dan air

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam suatu pabrik baik untuk air proses, pendingin atau kebutuhan lainnya. Sumber air biasanya berupa sungai, laut atau danau. Energi merupakan faktor utama dalam operasional pabrik.

d. Ketersediaan tenaga kerja

Tenaga kerja merupakan pelaku dari proses produksi. Ketersediaan tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan memperlancar jalannya proses produksi.

e. Kondisi geografis dan sosial

Lokasi pabrik sebaiknya terletak didaerah yang stabil dari gangguan bencana alam (banjir, gempa bumi). Kebijakan pemerintah setempat juga turut mempengaruhi lokasi pabrik yang akan dipilih. Kondisi sosial masyarakat diharapkan memberi dukungan terhadap operasional pabrik

sehingga dipilih lokasi pabrik yang memiliki masyarakat yang dapat menerima keberadaan pabrik.

f. Luas area yang tersedia

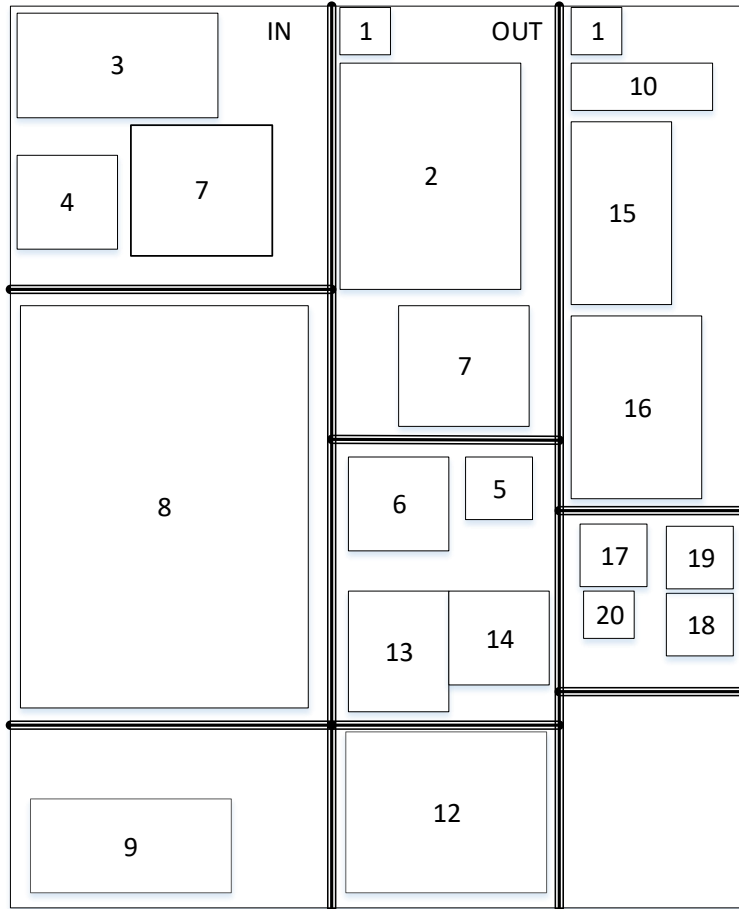
Harga tanah menjadi hal yang membatasi penyedia area. Pemakaian tempat disesuaikan dengan area yang tersedia, jika harga tanah amat tinggi maka diperlukan efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga peralatan tertentu diletakkan diatas peralatan yang lain.

g. Fasilitas dan transportasi

Adapun luas tanah sebagai bangunan pabrik seperti terlihat dalam tabel di bawah ini

Tabel 7.3 Luas bangunan pabrik

Nama Bangunan	P (m)	L (m)	Jumlah	Luas (m ²)
Gedung Kantor	25	15	1	375
Gedung Pertemuan	25	10	1	250
Perpustakaan	10	10	1	100
Masjid	10	10	1	100
Koperasi	5	5	1	25
Kantin	10	10	1	100
Utilitas	50	20	1	1000
Laboratorium	15	15	1	225
Ruang Kontrol	15	15	1	225
Daerah Proses	50	60	1	3000
Gudang Produk	20	20	1	400
Gudang Bahan Baku	20	20	1	400
UPL	30	20	1	600
Bengkel	15	15	1	225
K3 dan Fire hydrant	20	15	1	300
Poliklinik	10	10	1	100
Pos Keamanan	3	3	2	18
Tempat parkir truk	40	25	1	1000
Tempat parkir karyawan	30	20	1	600
Taman	15	8	1	120
Area Pengembangan	80	40	1	7800
Jalan			1	1000
Total Luas bangunan				14825



Gambar 7.3 Tata Letak Pabrik skala 1:100

Keterangan :

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1. Pos satpam | 12. Utilitas |
| 2. Parkir truk | 13. K3 dan free hydrant |
| 3. Parkir karyawan | 14. Bengkel |
| 4. Laboratorium | 15. Gedung Pertemuan |
| 5. Poliklinik | 16. Kantor |
| 6. Ruang control | 17. Perpustakaan |
| 7. Gudang bahan baku | 18. Masjid |
| 8. Daerah proses | 19. Kantin |
| 9. UPL | 20. Koperasi |
| 10. Taman | 21. Area pengembangan |
| 11. Gudang produk | |

7.7 Tata Letak Peralatan

Pengaturan tata letak peralatan proses pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga penggunaan area pabrik dapat efisien dan proses produksi dan distribusi dapat berjalan lancar. Beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan adalah:

1. Ekonomi

Letak alat-alat proses harus sebaik mungkin sehingga memberikan biaya konstruksi dan operasi yang minimal. Biaya konstruksi dapat diminimalkan dengan mengatur letak alat sehingga menghasilkan pemipaan yang terpendek dan membutuhkan bahan konstruksi paling sedikit.

2. Aliran bahan baku dan produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Perlu diperhatikan elevasi pipa untuk pipa diatas tanah perlu dipasang pada ketinggian 3 m atau lebih dan untuk untuk pemipaan pada permukaan tanah harus diatur agar tidak mengganggu lalu lintas pekerja.

3. Kebutuhan proses

Letak alat harus memberikan ruangan yang cukup bagi masing-masing alat agar dapat beroperasi dengan baik dengan distribusi utilitas yang mudah.

4. Operasi

Peralatan yang membutuhkan lebih dari satu operator harus diletakkan dekat dengan *control room*. *Valve*, tempat pengambilan sampel dan instrumen harus diletakkan pada posisi dan ketinggian yang mudah dijangkau oleh operator.

5. Perawatan

Letak alat proses harus memperhatikan ruangan untuk perawatan. Misalnya pada *heat exchanger* yang memerlukan ruangan yang cukup untuk pembersihan *tube*.

6. Keamanan

Letak alat-alat proses harus sebaik mungkin, agar jika terjadi kebakaran tidak ada yang terperangkap didalamnya serta mudah dijangkau oleh kendaraan atau alat pemadam kebakaran.

7. Perluasan dan pengembangan pabrik

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

8. Lalu lintas manusia

Penempatan alat proses harus diatur sedemikian rupa sehingga pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah dan apabila terjadi gangguan alat proses dapat segera diatasi.

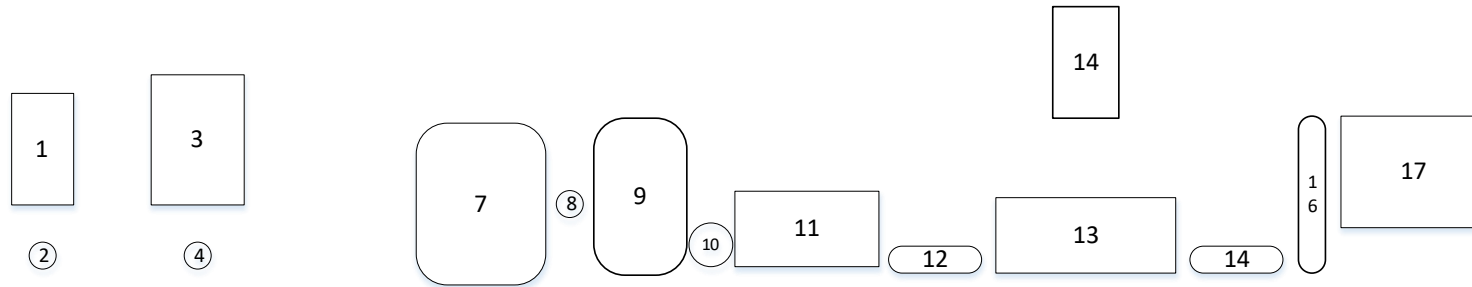
9. Aliran udara dan cahaya

Aliran udara didalam dan di sekitar alat proses perlu diperhatikan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat menyebabkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya. Penerangan seluruh pabrik harus memadai terutama pada tempat proses yang berbahaya.

Tujuan perancangan tata letak alat-alat proses antara lain:

1. Kelancaran produksi dapat terjamin
2. Dapat mengefektifkan penggunaan luas lantai
3. Biaya material *handling* menjadi rendah sehingga urusan proses produksi lancar, maka perusahaan tidak perlu untuk memakai alat angkut dengan biaya mahal.
4. Karyawan mendapatkan kepuasan kerja sehingga produktifitas meningkat.

Berikut ini gambaran tata letak peralatan:



- Keterangan:
1. Tangki *Pickling Liquor*
 2. Pompa
 3. Mixer
 4. Pompa
 - 5 Tangki H₂SO₄
 - 6.Pompa
 7. Reaktor
 8. Pompa
 9. Evaporator
 - 10.Pompa
 11. Kriticalizer
 12. *Belt conveyor*
 13. *Rotary Dryer*
 14. *Cyclone*
 15. *Cooling conveyor*
 16. *Bucket Elevator*
 17. Silo Produk

Gambar 7.4 Tata Letak Peralatan Pabrik

BAB VIII

EVALUASI EKONOMI

Analisa ekonomi bertujuan untuk menganalisa dan melihat apakah pabrik ferrosulfat heptahidrat ini layak berdiri atau tidak. Dalam analisa ekonomi ini dihitung harga peralatan yang digunakan, harga bahan, harga jual produk, jumlah tenaga kerja beserta jumlah gaji.

Jika dilihat dari segi ekonomi, suatu pabrik akan dikatakan sehat jika dapat memenuhi kewajiban finansial kedalam dan keluar serta dapat mendatangkan keuntungan yang layak bagi perusahaan dan pemiliknya. Kewajiban finansial kedalam ini terdiri dari berbagai macam beban pembiayaan operasi seperti bahan baku, bahan penunjang peralatan, gaji/upah karyawan, penyediaan piutang dagang. sedangkan kewajiban finansial keluar terutama terdiri dari pembayaran pinjaman bank serta bunganya.

Dalam menganalisa kelayakan pabrik untuk didirikan dan dapat mendatangkan keuntungan, faktor-faktor yang akan ditinjau adalah:

- a. *Percent Profit on Sales*
- b. *Percent Return on Investment*
- c. *Pay Out Time*
- d. *Break Even Point*
- e. *Shutdown Point*
- f. *Interest rate of return*

(Aries dan Newton, 1955)

Dasar Perhitungan :

Kapasitas produksi	: 28.000 ton/tahun
Pabrik beroperasi	: 330 hari kerja
Umur alat	: 10 tahun
Nilai kurs	: 1 US \$ = Rp 14.797,00
Tahun evaluasi	: 2020

Pabrik beroperasi selama satu tahun produksi adalah 330 hari, dan tahun evaluasi pada tahun 2020. Di dalam analisis ekonomi harga-harga alat maupun

harga-harga lain diperhitungkan pada tahun analisis. Untuk mencari harga pada tahun analisis, maka dicari index pada tahun analisis.

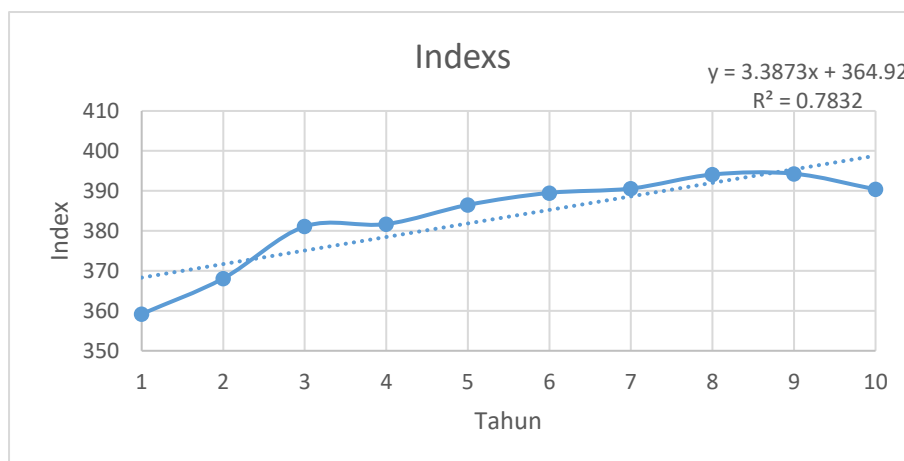
Asumsi kenaikan harga dianggap linier, dengan menggunakan program *excel* dapat dicari persamaan linier yaitu :

Tabel 8.1. *Cost index chemical plant*

Tahun	Tahun ke-	Index
1993	1	359,20
1994	2	368,10
1995	3	381,10
1996	4	381,70
1997	5	386,50
1998	6	389,50
1999	7	390,60
2000	8	394,10
2001	9	394,30
2002	10	390,40

(Peters & Timmerhaus, 2003)

Dari table *cost index* tahun 1993-2002 diperoleh persamaan linear $y = 3,387x + 364,9$ maka dengan demikian dapat dicari *cost index* pada tahun 2024



Gambar 8.1 Hubungan Tahun dengan *Cost Index*

Persamaan yang diperoleh adalah $y = 3,387x + 364,9$ dengan menggunakan persamaan di atas dapat dicari harga index pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2024 adalah :

$$\begin{aligned}y &= 3,387x + 364,9 \\ &= 473,284\end{aligned}$$

Harga-harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi dengan persamaan:

$$Ex = Ey \times \frac{Nx}{Ny}$$

Dalam hubungan ini :

Ex : Harga pembelian pada tahun 2024

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi (tahun 2020)

Nx : Index harga pada tahun 2024

Ny : Index harga pada tahun referensi (tahun 2020)

8.1. Perhitungan Biaya :

A. Investasi Modal (*Capital Investment*).

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk fasilitas-fasilitas produksi dan untuk menjalankannya.

1. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*).

Modal tetap adalah investmansi untuk mendirikan fasilitas produksi dan pembantunya.

2. Modal Kerja (*Working Capital Investment*).

Modal kerja adalah bagian yang diperlukan untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

B. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*).

Manufacturing cost merupakan jumlah dari semua biaya langsung, maupun tidak langsung dan biaya-biaya tetap yang timbul akibat pembuatan suatu produk.

Manufacturing Cost meliputi :

1. Biaya produksi langsung (*Direct cost*) adalah pengeluaran yang bersangkutan khusus dalam pembuatan produk.

2. Biaya produksi tak langsung (*Indirect cost*) adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung dan bukan langsung karena operasi pabrik.
3. Biaya tetap (*Fixed cost*) merupakan biaya yang tidak tergantung waktu maupun jumlah produksi, meliputi : depresiasi, pajak asuransi dan sewa.

C. Pengeluaran Umum (*General Expenses*).

General expenses meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost* .

D. Analisis Kelayakan.

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial didirikan atau tidak maka dilakukan analisis kelayakan.

Beberapa analisis untuk menyatakan kelayakan :

1. *Percent Return On Investment (ROI)*

Percent Return On Investment merupakan perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasi.

$$Prb = \frac{Pbxra}{If} \qquad Pra = \frac{Praxra}{If}$$

Dengan :

Prb = ROI sebelum pajak

Pra = ROI sesudah pajak

Pb = keuntungan sebelum pajak

Pa = keuntungan sesudah pajak

If = *fixed capital investment*

2. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time adalah jumlah tahun yang telah berselang sebelum didapatkan sesuatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

$$POT = \frac{If}{Pbxrb + 0,1xFa}$$

3. Break Even Point (BEP)

Break Even Point adalah titik impas di mana pabrik tidak mempunyai suatu keuntungan.

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

Dimana :

Sa = penjualan produk

Ra = *regulated cost*

Va = *variable cost*

Fa = *fixed manufacturing cost*

4. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah dimana pabrik mengalami kerugian sebesar *fixed cost* sehingga pabrik harus ditutup .

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

8.2. Total Fixed Capital Investment

Tabel 8.2 Total fixed capital investment

Bangunan	31.059.420.373,38
Pengembangan	14.625.000.000,00
Jumlah PPC	189.360.990.306,38
<i>Engineering & Contruction, 20%</i>	56.808.297.091,91
Jumlah DPC	246.169.287.398,29
<i>Contractor's fee, 15%</i>	49.233.857.479,66
<i>Contingency, 15%</i>	36.975.393.09,74
Jumlah FCI	338.010.766.504,59

8.3 Working Capital

Tabel 8.3 Working capital

Working Capital (MODAL KERJA)

Persediaan bahan baku	$1/12 \times \text{bahan baku}$	=	Rp 13.597.913.755,79
Bahan baku dlm proses	$0.5/330 \times \text{manufacturing}$	=	Rp 546.022.288,09
Biaya sebelum terjual	$1/12 \times \text{manufacturing}$	=	Rp 30.031.225.845,18
Persediaan uang	$1/12 \times \text{manufacturing}$	=	Rp 30.031.225.845,18
JUMLAH	=	WORKING CAPITAL	= Rp 74.206.387.743,24

8.4. Manufacturing Cost

Tabel 8.4 Manufacturing cost

Bahan Baku	Rp 163.174.965.069,50
Buruh (<i>Labor</i>)	Rp 15.178.800.000,00
Supervisi	Rp 2.276.820.000,00
Perawatan	Rp 33.801.076.650,46
<i>Plant Suplies</i>	Rp 5.070.161.497,57
<i>Royalty</i>	Rp 37.288.440.000,00
Utilitas	Rp 5.420.835.298,44
<i>Direct Manufacturing Cost</i>	Rp 262.211.098.515,97
<i>Payroll</i>	Rp 2.276.820.000,00
Laboratorium	Rp 2.276.820.000,00
<i>Plant Overhead</i>	Rp 9.107.280.000,00
<i>Packed</i>	Rp 33.801.076.650,46
<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	Rp 47.461.996.650,46
Depresiasi	Rp 33.801.076.650,46
Pajak	Rp 13.520.430.650,18
Asuransi	Rp 3.380.107.665,05
<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	Rp 50.701.614.975,69
<i>Manufacturing Cost</i>	Rp 360.374.710.142,11

8.5. General Expenses

Tabel 8.5 *General expenses*

General Expense			
Administrasi	3% MC	Rp	18.018.735.507,11
Sales	5% MC	Rp	72.074.942.028,42
Riset	5% MC	Rp	3.603.747.101,42
Finance	1% MC	Rp	18.018.735.507,11
	<i>Total general expanse =</i>	Rp	111.716.160.144,06

8.6. Analisis Ekonomi

$$\begin{aligned} \text{Total cost} &= \text{manufacturing cost} + \text{general expenses} \\ &= \text{Rp } 472.090.870.286,17 \end{aligned}$$

Keuntungan :

$$\text{Harga jual (Sa)} = \text{Rp } 621.474.000.000,00$$

$$\text{Total cost} = \text{Rp } 503.378.539.639,94$$

$$\text{Keuntungan sebelum pajak} = \text{Rp } 118.095.460.360,04$$

$$\text{Pajak 30\% dari keuntungan} = \text{Rp } 82.666.822.252,04$$

$$\text{Keuntungan sesudah pajak} = \text{Rp } 35.428.638.108,02$$

8.6.1. Return On Investment (ROI)

Salah satu cara yang paling umum untuk menganalisis keuntungan dari suatu pabrik baru adalah *percentreturn on investment* yaitu kecepatan tahunan dimana keuntungan-keuntungan akan mengembalikan investasi (modal). Dalam bentuk dasar ROI dapat didefinisikan sebagai rasio (perbandingan) yang dinyatakan dalam prosentase dari keuntungan tahunan dengan investasi modal.

Dengan : Prb = ROI sebelum pajak

Pra = ROI sesudah pajak

Pb = keuntungan sebelum pajak

P_a = keuntungan sesudah pajak

I_f = *fixed capital investment*

$$Prb = \frac{P_b}{I_f} \quad Pra = \frac{P_a}{I_f}$$

$$Prb = \frac{\text{Rp } 118.095.460.360,04}{338.010.766.504,59} \times 100\%$$

$$= 34,938 \%$$

Jadi ROI sebelum pajak = 34,938 %

$$Pra = \frac{\text{Rp } 82.666.822.252,04}{\text{Rp } 338.010.766.504,59} \times 100\%$$

$$= 24,457 \%$$

Jadi ROI sesudah pajak = 24,457 %

8.6.2. Pay Out Time (POT)

Pay out time adalah jangka waktu pengembalian modal yang ditanam berdasarkan keuntungan yang dicapai.

$$POT = \frac{\text{Rp } 338.010.766.504,59}{\text{Rp } 118.095.460.360,04 + (0,1 * \text{Rp } 338.010.766.504,59)}$$

$$= 2,2253 \text{ tahun}$$

Jadi POT sebelum pajak = 2,2253 tahun

$$POT = \frac{\text{Rp } 338.010.766.504,59}{\text{Rp } 82.666.822.252,04 + (0,1 * \text{Rp } 338.010.766.504,59)}$$

$$= 2,902 \text{ tahun}$$

Jadi POT sesudah pajak = 2,902 tahun

8.6.3. Break Even Point (BEP)

Break even point merupakan titik batas suatu pabrik dapat dikatakan tidak untung tidak rugi. Dengan kata lain, *break even point* merupakan kapasitas produksi yang menghasilkan harga jual sama dengan *total cost*.

Fixed Cost.

Tabel 8.6 Fixed cost

<i>Fixed Cost (Fa)</i>	Rp
<i>Depreciation</i>	33.801.076.650,46
<i>Pajak</i>	13.520.430.660,18
<i>Insurance</i>	3.380.107.665,05
	50.701.614.975,69

Tabel 8.7 Variable cost

<i>Variable cost (Va)</i>	Rp
<i>Bahan Baku</i>	163.174.965.069,50
<i>Royalty and Patent</i>	37.288.440.000,00
<i>Utilitas</i>	5.420.835.298,44
<i>Packaging and Shipping</i>	33.801.076.650,46
	239.685.371.018,40

Tabel 8.8 Regulated cost

<i>Regulated Cost (Ra)</i>	Rp
<i>Labour</i>	15.178.800.000,00
<i>Maintenance</i>	33.801.076.650,46
<i>Plant Suplies</i>	5.070.161.497,57
<i>Labolatory</i>	2.276.820.000,00
<i>Payroll Overhead</i>	2.276.820.000,00
<i>Plant Overhead</i>	9.107.280.000,00
<i>General Expense</i>	111,716.160.144,06
	179.427.118.292,08

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

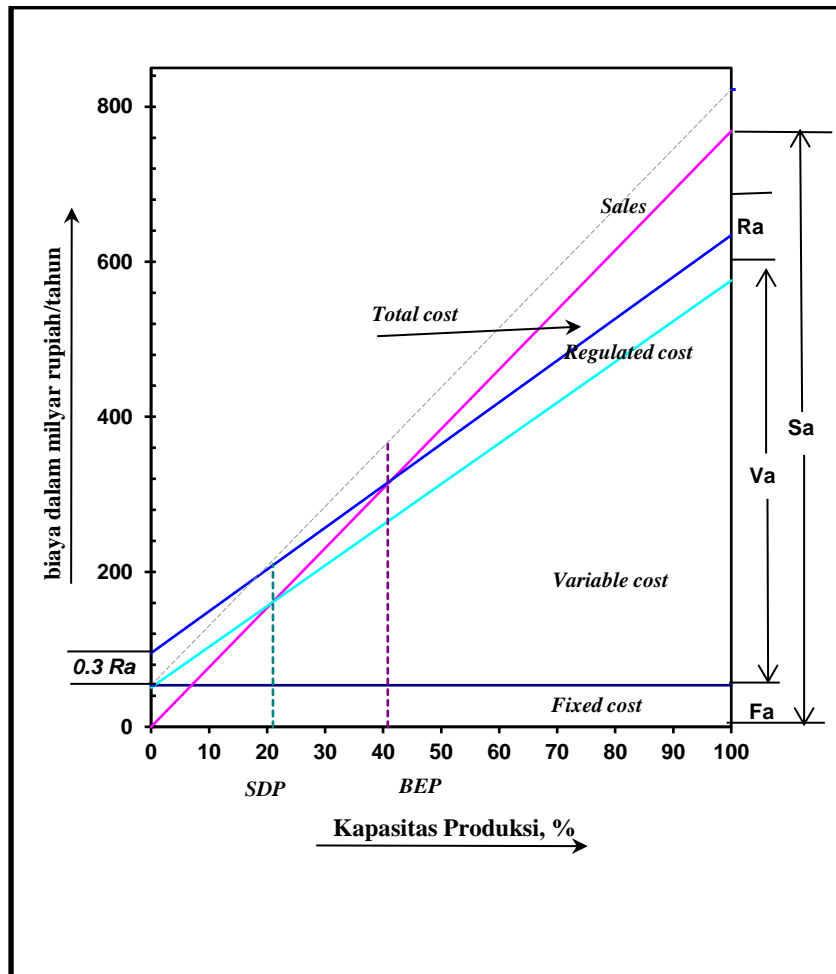
$$BEP = 40,802 \%$$

8.6.4. Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah suatu titik di mana pabrik merugi sebesar *fixed cost*

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

$$SDP = 21,011 \%$$



Grafik 8.2 Grafik BEP dan SDP

8.6.5. Discounted Cash Flow (DCF)

Analisis kelayakan ekonomi dengan menggunakan “Discounted Cash Flow” merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada jumlah investasi yang tidak

kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi. *Rated of return based on discounted cash flow* adalah laju bunga maksimal di mana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

$$(FC + WC)(1 + i)^n - (SV + WC) \\ = C(1 + i)^{n-1} + (1 + i)^{n-2} + \dots + (1 + i) + 1$$

Dimana :

$C = \text{Annual cost} = \text{Rp } 141.636.825.844,50$

$SV = \text{Salvage value (harga tanah)} = \text{Rp } 33.801.076.650,46$

$WC = \text{Working capital} = \text{Rp } 74.206.387.734,24$

$FC = \text{Fixed capital} = \text{Rp } 338.010.766.504,59$

Dengan *trial and error* diperoleh $i = 6,5 \%$

BAB IX

KESIMPULAN

Pabrik ferrosulfat heptahidrat secara kontinyu dengan kapasitas 28.000 ton/tahun setelah dilakukan perancangan awal, baik dari segi teknik maupun

segi ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik ini memiliki resiko yang sedang serta layak dan menarik untuk didirikan, karena memiliki indikator perekonomian yang relatif baik yaitu:

Tabel 9.1 Analisis kelayakan ekonomi

No	Analisis kelayakan	Kriteria	Hasil Perhitungan
1	Laba sebelum pajak		Rp 118.095.460.360,04
	Laba sesudah pajak		Rp 35.428.638.108,02
2	ROI sebelum pajak	Minimum 11%	34,938%
	ROI sesudah pajak		24,457%
3	POT sebelum pajak	Maksimum 5 tahun	2,2253 tahun
	POT sesudah pajak		2,902 tahun
4	BEP	40%-60%	40,802%
5	SDP		21,011%
6	DCF		6,5%

DAFTAR PUSTAKA

- Add-Iron Corporation. Tanpa Tahun. Diakses dari <http://www.qccorporation.com>. Pada 11 Agustus 2019.
- Alibaba. Tanpa Tahun. Diakses dari <https://offer.alibaba.com/cps/0drhj5of?bm=cps&src=saf&tp1=1028460522e1b9083bfea3c8474f27&tp2=&pid=1232>. Pada 24 Agustus 2019

- Aries and Newton. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. Mc. Graw Hill Book Company. New York.
- Badan Pusat Statistik. 2013. *Statistic Indonesia*. www.bps.go.id. Indonesia. Diakses September 2019
- Badger, W. L. And Banchero, J.T., *Introduction To Chemical Engineering*. International Student Edition, Mc. Graw Hill Book Company, New York.
- Brown, G.G., 1978. *Unit Operation*. Modern Asia Edition. Charles E. Tuttle Company. Inc, Tokyo. Japan.
- Brownell, E.L and Edwin H.Young. *Equipment Design*. New York: John Willet and Son's,inc.
- Coulson and Richardson's.1999. *Chemical Engineering Design*. Vol 6.New York: R.K. Sinnott Faith, Keyes and Clark.1957. *Industrial Chemicals*. John Wiley and Son's.
- Crown Technology. Tanpa Tahun. Diakses dari <http://www.crowntech.com>. Pada 11 Agustus 2019
- Daftar pabrik ferrosulfat di Indonesia. Tanpa Tahun. Diakses dari <http://www.pabrik-berbahan-baku-ferro-sulfat/html>. Pada 15 Agustus 2019\
- Engineering tool box. Tanpa tahun. Diakses dari www.Engineeringtoolbox.com. Pada 15 mei 2019
- Foust, S. Leonard A. Wenzel, dkk. "*Principles of Unit Operation*" . 2nd edition. Wiley and Son's Inc. New York
- Geankoplis, C. J. 2003. *Transport Processes and Separation Process*. 4th ed. Prentice hall. USA.
- Google Earth Lokasi Kawasan Industri Gresik. Tanpa Tahun. Diakses dari www.google.com/earth/. Pada 14 Agustus 2019
- Gunawan Dian Jaya Steel. Tanpa Tahun. Diakses dari www.gunawansteel.com. Pada 21 Agustus 2019
- Harga Tanah Kawasan Industri Gresik Kompas. 2020. Diakses dari <http://indonesia-property.com/> . Pada 2 Juni 2020
- Himmelbleau, D. M. 1974. "*Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. 3rd. Prentice Hall Inc. New Jersey
- Kementrian Perindustrian RI. 2018. *Direktorat Jendral Basis Industri*.www.kemenperin.go.id. Indonesia.
- Kern, D.Q. 1950. *Process heat Transfer*. New York. Mc Graw Hill International Book Company Inc.

- Kirk, R. E., and Othmer, D. F. (1992). *Encyclopedia of Chemical Technology*. Vol. 18. Interscience Publishing Inc. New York.
- Komponen *Air Heater* Prinsip Kerja Pemanas Udara *Air Heater*. Tanpa Tahun. Diakses dari <https://text-id.123dok.com/document/6qme6dn8z-komponen-air-heater-prinsip-kerja-pemanas-udara-air-heater.html>, pada 19 Agustus 2020.
- Kurs Dollar. 2020. Diakses dari www.kursdollar.com. Pada 5 Juli 2020
- Levenspiel, O. 1976. *Chemical Reaction Engineering*. 2nd edition, John Wiley and Son's Inc, New York
- Ludwig, E.E. 1965. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical*. Vol 1. Gulf Publishing Co. Houston
- Matche Equipment Cost. Tanpa Tahun. Diakses dari <http://www.matche.com/equipcost/EquipmentIndex.html#anchor8>. Pada 13 Juli 2020
- Made In China Manufacture*. Tanpa Tahun. Diakses dari <http://www.made-in-china.com/manufacturers/5.html>. Pada 11 Agustus 2019
- Mineral King Minerals. Tanpa Tahun. Diakses dari <https://www.manta.com/c/mm515pt/mineral-king-minerals-inc>. Pada 11 Agustus 2019
- McCabe, W.L., 1999, "Operasi Teknik Kimia", Jilid 1&2, Erlangga, Jakarta.
- Othmer, D.F. and Kirk, R.E. 1997. *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*. Volume 15. John Wiley and Sons Inc. New York
- Pergub Jawa Timur No 61 Tahun 2010 Tentang Penetapan Kelas Air Pada Air Sungai
- Perry, R.H., Don. W. G., and James.O.M. 1997. *Perry's Chemical Engineers Handbook*. Edisi 7. Mc Graw Hill Book Company. London
- Perry, R.H., Don. W. G., and James.O.M. 2008. *Perry's Chemical Engineers Handbook*. Edisi 8. Mc Graw Hill Book Company. London
- Peters, M., and Timmerhausm K. 2003. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering 5th edition*. New York: Mc Graw Hill International Book Company Inc. Rase, H.F., and Holmes, J.R. 1977. *Chemical Reactor Design for process Plant*. Vol 1. Principles and Techniques. New York: John Wiley and Son's Inc.
- Petrokimia Gresik. Tanpa Tahun. Diakses dari <https://petrokimia-gresik.com/?hl=en>. Pada 23 Agustus 2019
- Pubchem. Tanpa Tahun. Diakses dari www.pubchem.com. Pada 2 Juli 2020
- QC Corporation. Tanpa Tahun. Diakses dari <https://www.vlsci.com/product/diamond-brand-ferrous-sulfate>. Pada 11 Agustus 2019

-
- Reid, R.C., et all, *The Properties of Gases and Liquids*, 4th ed, Mc. Graw Hill Book Co, Inc. New York.
- SEM minerals. Tanpa Tahun. Diakses dari <https://www.seminerals.com/seminerals--1.p.html>. Pada 11 Agustus 2019
- Smith, J.M and Van Ness, H.H.1975. *Introduction to Engineering Thermodynamic 3th edition*. Mc Graw Hill International Book co. Tokyo.
- Treyball,R.E. 1981. *Mass Transfer Operation*. 3rd Edition. Mc Graw Hill Book Company Inc. Singapore
- Ullmann's. 1998. *Industrial Inorganic Chemicals And Products Vol 4*, A Willey Interscience Publication. New York
- Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley and Sons. Inc. New York.
- United States Patent Office. 2015. 0281732. *Ferrous Sulphate Heptahydrat from Pickling Liquor and Sulphuric Acid*.
- Walas, S.M. 1988. "*Chemical process Equipment*" .Butterworth Publisher, Stoneham.MA.USA.
- Wikipedia. Tanpa Tahun. Diakses dari <http://www.wikipedia.com>. Pada 1 Juni 2020
- Yaws, C. L., 1999, "Chemical Properties Handbook", p. 1-29, 185-211, 288-313, McGraw Hill Company, Inc., New York

LAMPIRAN

1. Perancangan Mixer

- Fungsi : Mengencerkan H_2SO_4 menjadi 10%
- Type : *Silinder vertical* dengan *head* dan *bottom* berbentuk *torispherical*
- Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 type 304*
- Kondisi operasi : T = 30 °C dan P = 1 atm

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2$$

Komp	A	B	C	D	Viskositas (cp)
H2SO4	-18,7045	3,496E+03	3,31E-02	-1,70E-05	410,394
H2O	-10,2158	1,79E+03	1,77E-02	-1,26E-05	377,211

Viskositas dari Yaws (1999)

Komponen	ρ (kg/m ³)	μ (cP)
H2SO4	1,826	19,6179
H2O	1,0226	0,8150

$$p \text{ campuran} = 1,3257 \text{ kg/L}$$

$$\mu \text{ campuran} = 3,897E+02 \text{ L/jam}$$

$$F_v = 4928,031994 \text{ L}^3/\text{jam}$$

Perancangan Dimensi Tangki

$$\text{Total rate volumetrik} : 4928,031994 \text{ L/jam}$$

$$p \text{ campuran} : 1,3257 \text{ kg/L}$$

$$\text{waktu tinggal} : 1 \text{ jam (ditentukan)}$$

direncanakan digunakan 1 tangki, sehingga volume tangki

$$4928,031994 \text{ L/jam}$$

Asumsi volume bahan mengisi 80%, sehingga ruang kosong 20%

Over design 20%

$$\text{Volume tangki} = \text{Total } F_v / 80\%$$

$$\text{Volume tangki} = 6160,039 \text{ L/jam} = 6,1600 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Bentuk tangki yang dipilih adalah tangki silinder tegak tertutup dengan pertimbangan :

1. Tekanan operasi 1 atm
2. Tekanan hidrostatik tidak terlalu besar
3. Perlu adanya baffle untuk mengurangi arus putar dan mencegah vortex

Perhitungan Dimensi Tangki

Perbandingan diameter dan tinggi mixer adalah 1:1 (Brownell,1959 hal 43) karena jika digunakan tinggi yang berlebih akan menyebabkan tekanan semakin tinggi

Jenis : Silinder tegak dengan alas dan tutup berbentuk torispherical

$$\text{Volume tangki} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H = \frac{\pi}{4} \times D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times V_{\text{tangki}}}{\pi}}$$

$$V_{\text{tangki}} = 6,1600 \text{ m}^3$$

$$D = H = 1,987 \text{ m} = 78,253 \text{ in}$$

$$V_{\text{head}} = 2 \times (V_{\text{dish}} + V_{\text{sf}}) \text{ dimana } V_{\text{sf}} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \frac{\text{sf}}{144}$$

$$V_{\text{dish}} = 0,000049 D^3 \text{ (brownell halaman 88)}$$

$$\text{Sf} = 2 \text{ (straight flangel)}$$

$$D = 6,517 \text{ in, } \pi = 3,14, \text{ sf} = 2 \text{ dihitung } V_{\text{head}} = 0,953 \text{ ft}^3 = 0,0269 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{mixer}} = V_{\text{shell}} + V_{\text{head}} = 6,1600 + 0,0269 = 6,187 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume bottom} = 0,5 \times \text{volume head}$$

$$\text{Volume bottom,} = 0,01349 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume cairan dalam shell} = \text{volume shell} - \text{volume bottom} = 6,146 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi cairan dalam shell} = 1,982 \text{ ft} \quad h = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} =$$

Dengan spesifikasi sebagai berikut :

Diameter shell : 1,9871 m

Tinggi shell : 1,9871 m

Volume shell : 6,16 m

Volume head : 0,00269 m

Volume mixer : 6,187 m

Menentukan Tebal Shell

Dirancang menggunakan *stainless steel* 403

$$ts = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C \quad (\text{Pers 13.1 Brownell and Young 1959})$$

Dengan :

ts = tebal shell (in)

r = jari – jari = 0,5 Diameter = 0,5 x 78,2356 = 39,12 in

E = efisiensi pengelasan = 0,850

C = faktor korosi 0,125

F = tegangan yang diijinkan 18750 psi (Brownell halaman 342)

P operasi = 14,7 psi

P desain = 1,1 x P operasi = 16,17 psi

P dalam mixer = 16,17 psi

Ts = 0,1647 in

Tebal standart Brownell halaman 350 dipakai 3/16 in atau 0,1875 in

Menentukan Tebal Head (th) dan Tebal Bottom

Jenis head yang dipilih adalah : Torispherical dengan alasan cocok untuk tangki silinder dan horizontal

$$P = P \text{ desain} - P \text{ udara luar} = 1,47 \text{ psi}$$

$$OD = ID + 2 \text{ ts} = 78,235 + 2 \times 0,1647 \text{ dari tabel 5-7 Brownell hal 90}$$

$$OD = 84 \text{ in dan } icr = 5,125 \text{ in dan } r = 84 \text{ in}$$

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right) = 1,762 \text{ in}$$

$$th = \frac{P.r.w}{(2.f.E - 0,2.P)} + C \quad (\text{Pers 7..77 Brownell n Young 1959})$$

dengan

$$P = 1,47 \text{ psi}$$

$$r = 84 \text{ in}$$

$$w = 1,762 \text{ in}$$

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

$$E = 0,85$$

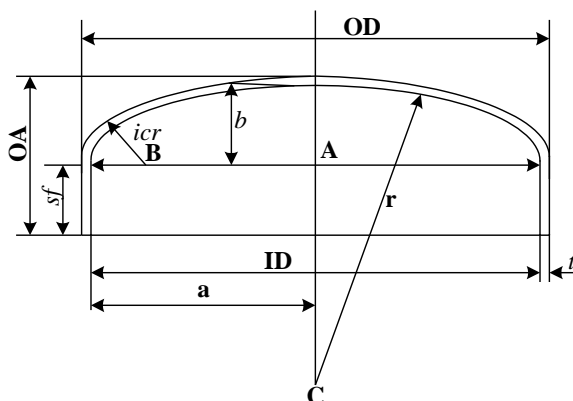
$$C = 0,125$$

$$th = 0,1318 \text{ in dipakai tebal standar Brownell hal 350 adalah } 3/16 \text{ in} = 0,1875 \text{ in}$$

Menentukan Tinggi Mixer Total

$$\text{Untuk } th = 3/16 \text{ dari Tabel 5.6 Brownell n Young hal 88 sf} = 1,5-2$$

$$\text{Diambil sf} = 2$$



Keterangan

ID = diameter dalam
head

OD = diameter luar
head

th = tebal head

r = jari – jari head

icr = jari jari dalam
sudut dish
b = tinggi head
sf = straight fla

$$ID = OD - (2 \times ts) = 83,6706 \text{ in}$$

$$r = 41,835 \text{ (jari - jari dalam shell)}$$

$$AB = a - icr = 36,71 \text{ in}$$

$$BC = OD - icr = 78,8750 \text{ in}$$

$$AC = \text{akar dari } (BC^2 - AB^2) = 69,811 \text{ in}$$

$$b = OD - AC = 84 - 69,81 = 14,19 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi head total (OA)} = sf + b + th = 16,376 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi mixer total} = 2 \times \text{tinggi head total} + \text{tinggi shell}$$

$$\text{Tinggi mixer total} = 2 \times (0,416 + 1,987) = 2,819 \text{ m} = 110,987 \text{ in}$$

Menentukan Jumlah dan Jenis Pengaduk

Dipilih : Turbin karena

1. Memiliki jangkauan viskositas yang sangat luas
2. Pencampuran sangat baik
3. Menimbulkan arus yang sangar deras dikeseluruhan tangki

(Ludwig,1991 Volume I)

Dipilih jenis pengaduk turbin dengan 6 blade disk standar, dengan alasan :

1. Mempunyai efisiensi yang besar untuk pencampuran
2. Mempunyai kapasitas pemompaan yang besar
3. Pencampuran sangat baik
4. Memiliki jangkauan viskositas yang luas

(Ludwig, 1991 Volume I)

Perbandingan ukuran secara umum

$$Di/DR = 1/3$$

$$E/D_i = 1$$

$$W = D_i/5$$

$$L = D_i/4$$

$$B = D_R/10$$

Diameter mixer (DR) : 1,9872 m

Diameter pengaduk (Di): $1/3 \times 1,9872 = 0,6624$ m

Pengaduk dari dasar (E) : 0,6624 m

Tinggi pengaduk (W) : $0,6628/5 = 0,1325$ m

Lebar pengaduk (L) : $0,6728/4 = 0,1656$ m

Lebar Baffle (B) : $2,0185/10 = 0,1987$

Menghitung jumlah impeller (pengaduk)

WELH adalah Water Equivalen Liquid High

$$WELH = \text{tinggi bahan} \times \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}} = 1,982 \text{ m} \times (1325,696/995,68) = 2,6 \text{ m}$$

Jumlah impeller = $WELH / D = 2,6/1,987 = 1,33 = 2$

$$\text{Putaran pengaduk} = \frac{WELH}{2 \cdot D_i} = \left(\frac{\pi \cdot D_i \cdot N}{600} \right)^2 \quad (\text{Rase, 1977 hal 345})$$

$$N = \frac{600}{\pi \cdot D_i / 0,3048} \sqrt{\frac{WELH}{2 \cdot D_i}}$$

Dimana

$$\pi = 3,14$$

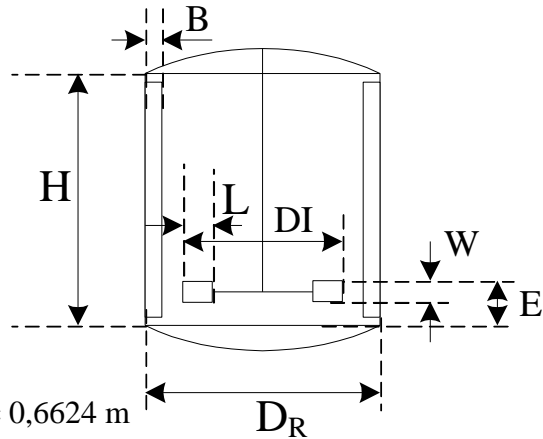
$$D_i = 0,6624 \text{ m}$$

$$WELH = 2,6 \text{ m}$$

Dihitung $N = 124,123 \text{ rpm} = 2,068 \text{ rps}$

$$p = 1325,696 \text{ kg/m}^3 = 182,761 \text{ lbm/cuft}$$

$$g_c = 32,2 \text{ ft/s}^2$$



$$\mu = 7,9021E+00 \text{ cp} = 0,053 \text{ lb/ft s}$$

$$D_i = 0,662 \text{ m} = 2,173 \text{ ft} = 26,08 \text{ in}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot N \cdot D_i^2}{\mu_m}$$

$$N_{re} = 15228 \text{ Dari grafik 8.8 R}$$

$$\text{ase HF menghasilkan } N_p = \text{Pro} = 0,85$$

$$P = \frac{N^3 \cdot D_i^5 \cdot \rho \cdot N_p}{550 \cdot g_c}$$

$$P = 1,74047 \text{ HP (Efisiensi motor} = 88\% \text{ (Fig 14.38 Peters hal 521))}$$

$$\text{Daya motor} = \frac{P}{\eta} = 1,9371 \text{ HP}$$

$$\text{Over design } 10\% = 2,1308 \text{ HP}$$

Dipilih power standart NEMA 3 HP

Kriteria

Diameter shell : 1,987 m

Tinggi shell : 1,987 m

Vollume shell : 6,16 m³

Volume head : 0,0270 m³

Volume mixer : 6,16 m³

Tinggi mixer total : 2,82 m

Jenis pengaduk : Turbin dengan 6 blade disk standart

Jumlah pengaduk : 2

Putaran pengaduk : 124,1227

Power : 3 HP

Tebal shell : 3/16 in = 0,1875 in

2. Perancangan Tangki 1

Fungsi = Menyimpan bahan baku *pickling liquor*

Tujuan perancangan =

1. Menentukan jenis tangki
2. Menentukan bahan konstruksi yang digunakan
3. Menentukan dimensi tangki

Memilih tipe tangki: Tipe tangki silinder tegak tertutup dengan pertimbangan

1. Tekanan 1 atm
2. Suhu operasi 30°C
3. Kontruksi sederhana sehingga ekonomis

Memilih bahan konstruksi :

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Stainless steel 304* dengan alasan :

1. Bahan yang disimpan adalah asam kuat
2. Tahan lama dan tahan korosi (Brownell, hal 342)

Dari arus 1 diketahui :

$$p \text{ campuran} = 2830,043 \text{ kg/m}^3$$

$$F_v \text{ campuran} = 1,372 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 1 tangki

$$\text{Volume tangki Over Design 20\%} = F_v \times 7 \times 24 = 144,0982 \text{ m}^3$$

Menghitung dimensi tangki

1. Menghitung tinggi dan diameter

Untuk small H=D

$$\text{Rumus small tank} = D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

$$\text{Diameter} = 10,2853 \text{ ft} = 123,423 \text{ in} = 3,1349 \text{ m}$$

$$D = H$$

2. Menghitung tebal Plat Shell

$$t_s = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C \quad (\text{Brownell pers 13-1})$$

Dengan :

$$P = 8,4058 \text{ psi}$$

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

$$\text{Faktor korosi} = 0,125$$

$$\text{Tegangan diijinkan} = 18750 \text{ psi}$$

$$T_s = 0,214 \text{ m}$$

Digunakan standar 0,25 in

Tutup *elipsoidal*

$$\text{Tebal} = \frac{P \times D_i}{2fE - 0,2P} + C$$

$$P = 8,4058 \text{ psi}$$

$$D = 18,645 \text{ ft}$$

$$F = 18750$$

$$E = 0,85$$

$$T_h = 0,704 \text{ in, dirancang} = 0,75 \text{ in}$$

Spesifikasi

$$\text{Volume} \quad : 144,1 \text{ m}^3$$

$$\text{Diameter} \quad : 18,654 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} \quad : 18,654 \text{ m}$$

$$\text{Tebal shell} \quad : 0,2144 \text{ in}$$

$$\text{Tebal tutup} \quad : 0,7045 \text{ in}$$

Konstruksi : *Stainless steel 304*

Jumlah : 1

3. Perancangan Tangki 3

Fungsi = Menyimpan bahan baku H₂SO₄

Tujuan perancangan =

4. Menentukan jenis tangki
5. Menentukan bahan konstruksi yang digunakan
6. Menentukan dimensi tangki

Memilih tipe tangki: Tipe tangki silinder tegak tertutup dengan pertimbangan

4. Tekanan 1 atm
5. Suhu operasi 30°C
6. Konstruksi sederhana sehingga ekonomis

Memilih bahan konstruksi :

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Stainless steel 304* dengan alasan :

3. Bahan yang disimpan adalah asam kuat
4. Tahan lama dan tahan korosi (Brownell, hal 342)

Dari arus 1 diketahui :

p campuran = 1823,783 kg/m³

F_v campuran = 1,35522 m³/jam

Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 1 tangki

Volume tangki Over Design 20% = $F_v \times 7 \times 24 = 5052,222 \text{ m}^3$

Menghitung dimensi tangki

3. Menghitung tinggi dan diameter

Untuk small H=D

$$\text{Rumus small tank} = D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

$$\text{Diameter} = 18,5678 \text{ ft} = 222,818 \text{ in} = 5,65 \text{ m}$$

$$D = H$$

4. Menghitung tebal Plat Shell

$$t_s = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C \quad (\text{Brownell pers 13-1})$$

Dengan :

$$P = 8,4058 \text{ psi}$$

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

$$\text{Faktor korosi} = 0,125$$

$$\text{Tegangan diijinkan} = 18750 \text{ psi}$$

$$T_s = 0,182 \text{ m}$$

Digunakan standar 0,25 in

Tutup *elipsoidal*

$$\text{Tebal} = \frac{P \times D_i}{2fE - 0,2P} + C$$

$$P = 8,4058 \text{ psi}$$

$$D = 15,57 \text{ ft}$$

$$F = 18750$$

$$E = 0,85$$

$$T_h = 0,495 \text{ in, dirancang} = 0,75 \text{ in}$$

Spesifikasi

$$\text{Volume} \quad : 142,3 \text{ m}^3$$

$$\text{Diameter} \quad : 5,66 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} \quad : 5,65 \text{ m}$$

Tebal shell	: 0,1821 in
Tebal tutup	: 0,4953 in
Konstruksi	: <i>Stainless steel 304</i>
Jumlah	: 1

4. Perancangan tangki produk

Fungsi = Menyimpan produk $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Tujuan perancangan =

1. Menentukan jenis tangki
2. Menentukan bahan konstruksi yang digunakan
3. Menentukan dimensi tangki

Memilih tipe tangki: Tipe tangki silinder tegak tertutup dengan pertimbangan

1. Tekanan 1 atm
2. Suhu operasi 30°C
3. Konstruksi sederhana sehingga ekonomis

Memilih bahan konstruksi :

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Stainless steel 304* dengan alasan :

1. Tahan lama dan tahan korosi (Brownell, hal 342)

Produk masuk diketahui :

$$p \text{ campuran} = 1891,11 \text{ kg/m}^3$$

$$F_v \text{ campuran} = 1,881 \text{ cuft/jam}$$

Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 1 tangki

$$\text{Volume tangki Over Design } 20\% = F_v \times 7 \times 24 = 11202,08 \text{ cuft}$$

Kurang dari 71354 cuft berarti masuk small tank

Menghitung dimensi tangki

Menghitung tinggi dan diameter

Untuk small H=D

$$\text{Rumus small tank} = D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

Volume = 11202,08 cuft

Diameter = 25,7753 ft = 309,303 in = 7,863 m

D = H

Menghitung tebal Plat Shell

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

(Brownell pers 13-1)

Dengan :

P cairan = 1891,11 kg/m³

Efisiensi pengelasan = 0,85

Faktor korosi = 0,125

Tegangan diijinkan = 36000 psi

D = 309,303 in

r = 154,651 in

Menentukan tekanan duliu pada design tangki

Mc.Cabe pers 26-24

Penentuan tekanan design pada tangki :

$$P_B = \frac{r P_B (g / g_c)}{2 \mu k'} [1 - e^{-2 \mu k' Z_T / r}] \quad [\text{Mc.Cabe, pers 26-24}]$$

ZT = H x 80% = 20,62 ft

Miu = 0,45

$$k = (1 - \sin \alpha) / (1 + \sin \alpha) \text{ dengan } \alpha 30^\circ = 0,334$$

$$\text{konversi ft}^2 \text{ ke in}^2 = 144$$

$$\text{psi} = \text{lb/in}^2$$

$$p_b = 1204,766 \text{ lb/ft}^2 = 8,3664 \text{ psi}$$

$$\text{Tekanan Lateral, } p_L = k' p_B$$

$$p_L = 4,9954 \text{ psi}$$

$$p_{\text{operasi}} = p_B + p_L = 19,9516 \text{ psi}$$

$$p_{\text{desain } 10\%} = 21,9647 \text{ psi}$$

Bisa menghitung t_s , sehingga $t_s = 0,236 \text{ in}$ dirancang $1/4 \text{ in} = 0,25 \text{ in}$

Tutup bawah conis dengan pers Brownell hal 118

$$\text{Tebal conical} = \frac{P \cdot D}{2 \cos \alpha (fE - 0,6P)} + C \quad [\text{Brownell, hal.118; ASME Code}]$$

$$P = 21,9467 \text{ psi}$$

$$D = 309,303 \text{ in}$$

$$2 \cos \alpha = 0,3085 \text{ dengan } \alpha 30^\circ$$

$$F = 36000$$

$$E = 0,85$$

$$T_c = 0,844 \text{ in} \text{ dirancang } 7/8 = 0,875 \text{ in}$$

Tinggi conical pers 4-17 Hesse

$$h = \frac{\text{tg } \alpha \times (D - m)}{2} \quad [\text{Hesse, pers.4-17}]$$

Keterangan : α = $1/2$ sudut conis ; 15°
 D = diameter tangki ; ft
 m = flat spot center ; $12 \text{ in} = 1 \text{ ft}$

$$T_g 15 = 0,85599$$

$$D = 25,775 \text{ ft}$$

Sehingga $h = 3,3199 \text{ ft}$

Spesifikasi

Volume : 13442,5 cuft

Diameter : 7,85 m

Tinggi : 7,85 m

Tebal shell : 0,2630 in

Tebal tutup atas : 0,844 in

Tebal tutup bawah: 0,844 in

Tinggi conical : 1,012 m

Konstruksi : *Stainless steel 304*

Jumlah : 1

5. Evaporator 1

Fungsi : memekatkan larutan ferrosulfat dengan menguapkan sebagian air

Type : Standard Vertical Tube Evaporator

Dasar pemilihan : sesuai untuk proses pemekatan larutan

Perhitungan dari nerca panas $Q = 433821,36 \text{ Kj/jam} = 411183,26 \text{ BTU/jam}$

Suhu masuk 85°C (185°F) dan keluar suhu 100°C (212°F)

$$\Delta T = 15 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$UD = 500 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F (Kern)}$$

Digunakan 1 buah evaporator sehingga luas perpindahan panas evaporator

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta T}$$

$$= 54,824 \text{ ft}^2 = 5,09 \text{ m}^2$$

Luas perpindahan panas maksimum 300 m^2 (Ulrich T-47)

Kondisi tube berdasarkan Badger halmana 176 :

Ukuran tube = 4 in = 0,3333 ft

Dipilih pipa standart ukuran 4 in IPS schedule 40 (Kern tabel 11)

OD = 4,5 in

ID = 4,0260 in = 0,3355 ft

$a't = 12,7 \text{ in}^2 = 0,089 \text{ ft}^2$

Jumlah tube = $Nt = \frac{A'}{a't \times L}$

Jumlah tube = $54,824 \text{ ft}^2 / (0,089 \text{ ft}^2 \times 0,3333 \text{ ft}) = 1848,01 \text{ buah}$

- Dimensi evaporator

Luas penampang = $A = Nt \times a't = 0,0089 \text{ ft}^2 \times 1848,01 = 164,47 \text{ ft}^2$

Diameter evaporator = $D_{evap} = \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}} = 14,475 \text{ ft} = 4,4119 \text{ m} = 52,94 \text{ in}$

Tinggi evaporator asumsi $H = 2D = 28,498 \text{ ft} = 8,823 \text{ m}$

Menentukan tebal shell (ts)

Persamaan 13-1 Brownell n Young 1959 $ts = \frac{P.r}{(f.E - 0,6.P)} + C$

Dimana :

$r = \text{jari jari} = 0,5 \times 52,94$

$= 26,471 \text{ in}$

$E = 0,85$

$C = \text{faktor korosi} = 0,125$

$f = \text{tegangan yang diijinkan} = 18750 \text{ psi}$

mencari P dalam mixer

$P \text{ operasi} = 14,7 \text{ psi}$

$P \text{ desain} = 1,2 \times 14,7 = 17,64 \text{ psi}$

$P \text{ dalam alat} = 17,64 \text{ psi}$

Jadi, ts bisa dihitung $ts = 0,15187 \text{ in}$ digunakan standar 3/16 in (Brownell halaman 350)

Tebal conical bawah

$$\text{Tebal conical} = \frac{P.D}{2 \cos \alpha (fE - 0,6P)} + C$$

Tebal conical (Brownell hal 118)

Dengan alfa = 30°C

f = 18.750 psi (Brownell n Young tabel 13.1)

tc = 0,125 in digunakan tebal 3/16 in atau 0,1875 m (Brownell hal 150)

Spesifikasi :

Bagian shell

Diameter evaporator : 14,4748 ft

Tinggi shell : 28,949 ft

Tebal shell : 0.1875 in dirancang 3/16 in

Tebal tutup : 0,1875 in dirancang 3/16 in

Tube calandria

Ukuran : 4 in sch 40 standart IPS

OD : 4,5 in

ID : 4,0260 in

Panjang tube : 0,333333 ft

Jumlah tube : 1848,014

Bahan konstruksi : Stainless steel 304

Jumlah evaporator : 1 buah

6. Kristalizer

Type : Swenson Walker Cooling Crystalizer

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk kristalisasi pendinginan

Dari arus 8 didapatkan

p campuran : 1,5033 kg/L = 93,84847lb/cuft

Fv campuran: 5223,52 cuft/jam

Waktu kristalisasi = 1 jam

Volume bahan = 184,47 cuft/jam

$$\text{Volume Overdesign } 20\% = 221,36 \text{ cuft} = 6,27 \text{ m}^3$$

Perhitungan dimensi kristalizer

Digunakan ratio $m = L/D = 3,3$ (Hugot halaman 697)

$$\text{Volume kristalizer} = \frac{m \times D^3}{2} \times \left(1 + \frac{\pi}{4}\right) \quad (\text{Pers 35.5 Hugot})$$

$$(m \times D^3) / 2 = 124,011457 \text{ ft}$$

$$m \times D^3 = 248,0229 \text{ ft}$$

$$D^3 = 74,481355 \text{ ft}$$

$$D = 4,207419 \text{ ft} = 1,2824 \text{ m}$$

$$L = D \times 3,33 = 14,0107 \text{ ft} = 4,2704 \text{ m}$$

Luas cooling area pada cristalizer

$$S = V \times \frac{(2 + 4m)}{mD} = 242,064432 \text{ ft}^2 / \text{cuft}$$

Power pengaduk pada Swenson walker cristalizer =

Power pengaduk yang digunakan adalah 16 HP tiap 1000 cuft bahan
(Hugot;694)

$$\text{Volume bahan} = 221,36 \text{ cuft}$$

$$\text{Power kristalisasi} = 3,54176 \text{ HP diambil } 5 \text{ HP}$$

Spesifikasi

Kapasitas : $6,27 \text{ m}^3$

Diameter : $1,2824 \text{ m}$

Panjang : $4,27046 \text{ m}$

Luas cooling area: $242,04644 \text{ ft}^2 / \text{cuft}$

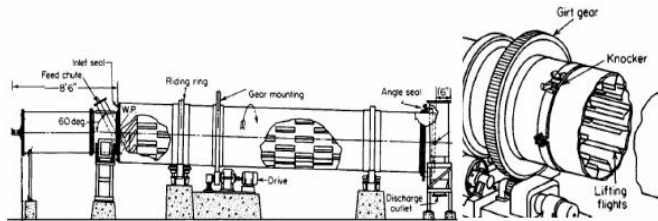
Power : 5 HP

7. Rotary Dryer

Fungsi : Mengeringkan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Dasar pemilihan : sesuai untuk pengeringan padatan

Waktu proses : waktu melewati



Perhitungan :

Dari neraca massa dan neraca panas :

Feed masuk = 3578,410 kg/jam

Total panas $Q = 40791,60263 \text{ kJ/jam} = 38662,973 \text{ BTU/jam}$

Kebutuhan udara = 1557,048764 kg/jam

Allowed mass velocity (G) = 200 - 1000 $\text{lb/ft}^2 \text{ jam}$

Diambil = 1000 $\text{lb/ft}^2 \text{ jam}$

$A = \text{udara masuk}/G = 1557,048/1000 = 1,557048 \text{ ft}^2$

Diameter (D) = akar ($4 \times A / 3,14$)

Diameter = 0,3819 m = 1,25644 ft

Suhu bahan masuk = 30 °C = 86 °F

Suhu bahan keluar = 51,0899 °C = 123,962 °F

Suhu udara masuk = 120 °C = 248 °F

Suhu udara keluar = 101 °C = 212 °F

LMTD =

$dt_1 = 36^\circ\text{F}$ (dt udara)

$$dt_2 = 37,96^\circ\text{F} \text{ (dt bahan)}$$

$$\text{LMTD} = (dt_2 - dt_1) / \ln(dt_2 / dt_1)$$

$$dt_2 - dt_1 = 1,96199^\circ\text{F}$$

$$dt_2 / dt_1 = 1,0545^\circ\text{F}$$

$$\ln dt_2 / dt_1 = 0,05306$$

$$\text{LMTD} = 36,9723^\circ\text{F} = 2,762^\circ\text{C} = 275,762\text{ K}$$

$$\text{Panjang (L)} = Q_t / (0,125 \times 3,14 \times G^{0,67} \times \text{LMTD})$$

$$= 6,668\text{ m}$$

Kecepatan putaran rotary dryer

Kecepatan linier batasi 0,25 – 0,5 m/detik diambil $v = 0,3\text{ m/detik}$

$$\text{Putaran rotary dryer} = N = \frac{v}{\pi \cdot D} = 0,25\text{ rps} = 15\text{ rpm}$$

Flight

Perhitungan berdasarkan Perry 7^{ed} 12-56 ketentuan :

$$\text{Tinggi flight} = 1/12 D - 1/8 D$$

$$\text{Panjang flight} = 0,6m - 2\text{ m}$$

$$\text{Jumlah flight 1 circle} = 2,4 D - 3 D$$

$$D = 0,38195\text{ m}$$

$$L = 6,668\text{ m}$$

Pengambilan data

$$\text{Tinggi flight} : 1/8 D = 0,0477\text{m}$$

$$\text{Panjang flight} : 2\text{ m}$$

$$\text{Jumlah flight 1 circle} : 3 D = 1,14587\text{ m}$$

Total circle = panjang drum / panjang flight

Total circle = $6,66 / 2 = 3,334$ buah = 4 buah

Hold up padatan

Volume dryer yang ditempati oleh padatan pada setiap saat berkisar antara 10 – 15%

Volume dryer (Treyball pers 6-92) diambil 15% volume dryer

Hold up = $0,15 \times (\pi/4) \times D^2 \times L$

Hold up = 0,0764 cuft

Waktu rerata padatan dalam dryer :

Feed = 3578,41 kg/jam

P campuran = 1889,338 lb/cuft

$t = (\text{hold up} \times p \text{ campuran}) / \text{feed} = 144,29 \text{ jam} = 2,42 \text{ menit} = 145,16 \text{ sekon}$

Perhitungan tebal shell drum :

Rotary ini dibuat dengan *Stainless steel 304* dengan stress allowable 18750 psi untuk las dipakai double welded butt joint dengan efisiensi 80% dengan faktor korosi $C = 1/8$ dengan perbandingan tinggi bahan dan diameter drum $H/D = 0,16$ (Perry tabel 6-52)

$D = 0,3819 \text{ m} = 1,2531 \text{ ft}$

$H = 0,16 D = 0,0611 \text{ m} = 0,2 \text{ ft}$

P operasi = 14,7 psi

P desain = $1,1 \times P \text{ operasi} = 16,17 \text{ psi}$

P dalam rotary = 16,17 psi

$t_s = \frac{P \cdot D}{2 \cdot f \cdot e - P} + C = 0,125 \text{ in}$ dirancang $3/16 \text{ in} = 0,1875 \text{ in}$

Isolasi :

Batu isolasi dipakai setebal 4 in (Perry 7ed 12-42)

Diameter dalam rotary = 1,2531 ft

Diameter luar rotary = 1,2844 ft

Maka diameter rotary terisolasi = diameter luar + 2 x tebal isolasi

Diameter terisolasi = 1,2844 + 2 x (4/12) = 1,9511 ft

Perhitungan Power Rotary

$$\text{Perry}^{6ed}, \text{ persamaan 20-44} = \text{hp} = \frac{N \times (4.75dw + 0.1925DW + 0.33W)}{100000}$$

Dimana :

N = putaran rotary = 15,0081 rpm

d = diameter shell = 1,2531 ft

w = berat bahan = 7889,0445 lb

D = d + 2 = 3,2531 ft

W = berat total (lb) dicari dulu

Berat isolasi dicari dengan

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

D_o = diameter luar isolasi = 1,9511 ft

D_i = diameter dalam isolasi = 1,2531 ft

L panjang isolasi = 21,8630 ft

Density steel = 19 lb/cuft

W = 729,2202 lb

Berat bahan dalam drum

Untuk solid hold up 15% (Ulrich T-4.110)

Rate massa = 7889,0445 lb/jam

Berat bahan = 9072,4012 lb/jam

Berat total (W) = 10457,6024 lb/jam

Berat lain diasumsikan 15%, maka berat total = 12026,2427 lb/jam

Maka HP dihitung = 8,7735 HP

Dengan efisiensi motor 75% (Perry 6ed 20-37) maka P = 11,7 HP diambil
15 HP (Standar NEMA)

Spesifikasi :

Kapasitas : 3578,41 kg/jam

Diameter : 0,3820 m

Panjang : 6,66 m

Tebal shell : 3/16 in

Sudut rotary : 1°

Waktu : 145,1568 detik

Jumlah flight : 1 buah

Power : 15 HP

Jumlah : 1

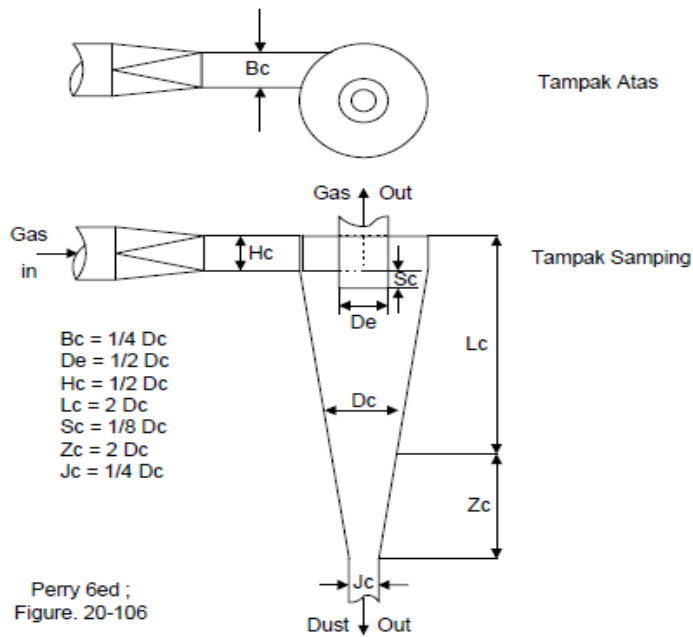
umlah : 1

8. Cyclone

Fungsi : untuk memisahkan padatan yang terikut di udara

Type : Van Toneren Cyclone

Dasar pemilihan : Efektif dan sesuai dengan jenis bahan



Asumsi time pass = 2 detik

Rate udara = 1557,0487 kg/jam = 3432,7047 lb/jam

BM udara = 29 kg/kgmol

p campuran pada 1 atm T 100°C = 672 R udara standar 492 R

$p = 0,05914 \text{ lb/cuft}$ (Himmelblau hal 249)

rate volumetric udara $3432,7047 / (0,05914 \times 3600) = 16,123 \text{ cuft/jam}$

Berat solid = 699,588 kg/jam = 1542,329 lb/jam

Dari panas masuk arus 11 diketahui

$F_v \text{ solid} = 26,7257 \text{ cuft/dtik}$

Berdasarkan Ulrich Tabel 4-23 $H/D = 4 - 6$ diambil $H/D = 6$

Volume shell = $0,25 \times \pi \times D^2 \times H$

$32,245 = 0,25 \times \pi \times D^2 \times H$

$D = 1,8988 \text{ ft} = 0,578 \text{ m} = 22,7 \text{ in}$

$$H = 3,473 \text{ m}$$

$$Dc = 22,785 \text{ in}$$

$$Bc = \frac{1}{4} Dc = 5,696 \text{ in}$$

$$De = \frac{1}{2} Dc = 11,392 \text{ in}$$

$$Hc = 2 BC = 11,392 \text{ in}$$

$$Lc = 2 Dc = 45,571 \text{ in}$$

$$Sc = \frac{1}{8} Dc = 2,848 \text{ in}$$

$$Zc = 2 Dc = 45,571 \text{ in}$$

$$Jc = \frac{1}{4} Dc = 5,6964 \text{ in}$$

$$Dp_{\min} = \left(\frac{9 \cdot \mu \cdot Bc}{\pi \cdot Ntc \cdot Vc \cdot (\rho_s - \rho)} \right)^{0,5} \text{ Perry 6ed. ; pers.20-63}$$

$$\text{Miu udara} = 0,0000215 \text{ lb/cuft}$$

$$p \text{ solid} = 107,8226 \text{ lb/cuft}$$

$$p \text{ gas} = 0,059 \text{ lb/cuft}$$

$$Bc = 5,696466 \text{ in} = 0,4747 \text{ ft}$$

$$\text{Area cyclone} = 2 \times Bc^2 = 0,4569 \text{ ft}^2 = 0,04187 \text{ m}^2$$

$$\text{Rate volumetric bahan} = 16,1229 \text{ cuft/detik}$$

$$\text{Kecepatan bahan volumetric} = 35,7738 \text{ ft/detik}$$

Nt (number of turn made by gas stream in cyclone separator) = 10 (Perry 6 ed hal 20-86)

$$Dp \text{ min} = 0,000221405 \text{ ft}$$

Perancangan tebal shell dan tutup

Bahan dipilih Carbon steel

f allowance = 12650 psi (Brownell dan Young tabel 13.1)

Faktor korosi $C = 0,125$

Tebal shell :

Tekanan = 1 atm = 14,7 psi Tebal shell rumusnya =

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{fE - 0,6P} + C \quad [B\&Y, \text{pers.13-1, hal.254}]$$

Dimana dipakai double welded butt joint $E = 0,8$

$T_s = 0,1416$ in dirancang $3/16$ in = $0,1875$ in

Tebal tutup atas

Tebal tutup atas diamankan dengan tutup bawah

Tebal tutup bawah:

$$\text{Tebal conical} = \frac{P.D}{2 \cos \alpha (fE - 0,6P)} + C \quad [B\&Y, \text{hal.118; ASME Code}]$$

Alfa = 15°

Tebal conical (t_c) = $0,1032$ dirancang $3/16$ in = $0,1875$ in

Spesifikasi

Fungsi : untuk memisahkan padatan yang terikut dalam udara

Type : Van Tongeren Cyclone

Kapasitas : 38,695 cuft/jam

Diameter partikel: 0,000221 ft

Tebal shell : $3/16$ in

Tebal tutup shell: $3/16$ in

Tebal tutup bawah: $3/16$ in

Diameter : 0,5876 m

Tinggi : 3,57876

Jumlah : 1 buah

9. Cooling conveyer

Fungsi : mendinginkan kristal menjadi 30C

Type : plain spouts of chutes

Suhu operasi : 15C

Rate masuk : 3570,713 kg/jam

Densitas : 118,0581 lb/cuft

Rate volumetrik : rate bahan masuk / densitas campuran = 211,5717,cuft/jam
=3,5262 cuft/menit

Untuk $p = 118,0581$ lb/cuft bahan termasuk kelas D dengan $f = 3$ (badger, tabel 16-6)

Power motor = (C.L.W.F) / 33.000 (Badger, persamaan 16-5)

C = kapasitas

L = panjang

W = densitas

F = faktor korosi

Panjang screw = 35 ft =10,660 m, didapat power = 0,4175 HP

Efisiensi motor 0,8, power motor menjadi =1,0436 HP

Dari Badger 16-20 untuk kapasitas 66,678 cuft/jam digunakan ukuran :

Diameter = 20 in

Kecepatan putaran = 60 rpm

Spesifikasi =

Fungsi : mendinginkan kristal menjadi 30C

Kapasitas: 66,678 cuft/jam

Diameter : 0,5 m

Panjang : 10,668 m

Kecepatan putaran : 60 rpm

Power : 1,5 HP

Jumlah : 1

10. Heater-RD

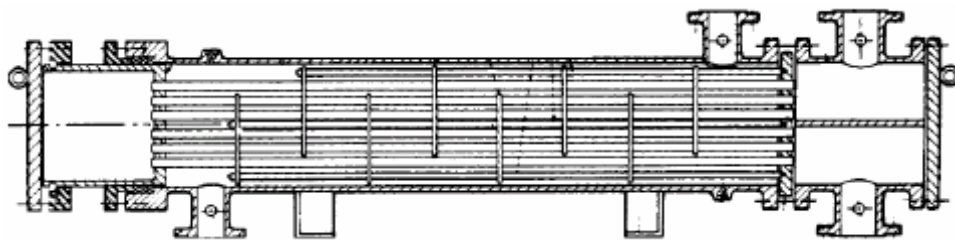
Fungsi : memanaskan udara dari 30°C menjadi 120°C

Tipe : 1-2 shell and tube heat exchanger

Dasar pemilihan : umum digunakan dan mempunyai range perpindahan panas yang besar

Kondisi operasi : P = 1 atm dan T_{steam} = 150°C

Waktu : continuous



Perhitungan :

Dari neraca panas dan massa diperoleh massa udara dari Rotary dryer

1557,048764 kg/jam = 3432,7074 lb/jam

Q dibutuhkan = 129027,3227 kJ/jam = 3432,7047 BTU/jam

Log Mean Temperature Difference

Suhu udara masuk : $30^{\circ}\text{C} = 86^{\circ}\text{F}$

Suhu udara keluar : $120^{\circ}\text{C} = 248^{\circ}\text{F}$

Suhu steam masuk : $200^{\circ}\text{C} = 392^{\circ}\text{F}$

$dT_1 = \text{suhu steam masuk} - \text{suhu steam keluar} = 144^{\circ}\text{F}$

$dT_2 = \text{suhu steam masuk} - \text{suhu udara masuk} = 306^{\circ}\text{F}$

$dT_2/dT_1 = 2,1250$

$di \ln kan = 0,7538$

$LMTD = 214,9192^{\circ}\text{F}$

$dT = FT \times LMTD$ (untuk 1-2 shell and tube , $FT = 0,8$ Kern;225)

$dT = 171,9353^{\circ}\text{F}$

2. T_c dan t_c : dipakai temperature rata – rata

$T_c = T_{av} \text{ media} = 392^{\circ}\text{F}$

$T_c = t_{av} \text{ bahan} = 167^{\circ}\text{F}$

Dipilih pipa ukuran 3/4 in OD, 16 BWG, 16 ft 1 in square pitch

$a = 0,1963 \text{ ft}^2$

Asumsi $UD = 5 \text{ BTU/jam ft}^2\text{F}$ (Kern tabel 9)

$A = Q/(UD \times dT)$

$A = 142,2562 \text{ ft}^2$

$N_t = A / (L \times a)$

$N_t = 45,2930 \text{ buah}$

Digunakan $N_t = 48$ (Kern tabel 9)

Tube passes = 2

ID shell = 12 in

Pitch = 1,250 in²

A baru = $N_t \times a \times 16 = 150,7548 \text{ ft}^2$

UD baru = $Q / (UD \times dT) = 4.72 \text{ BTU /jam ft}^2\text{°F}$

Shell pass = 1

Spesifikasi

Fungsi : Memanaskan udara dari 30°C ke 120°C

Type : 1-2 shell and tube heat exchanger

Tube

OD : 3/4 in ; 16 BWG

Panjang : 16 ft

Pitch : 1 in square

Jumlah tube : $N_t = 48$ buah

Passes : 2

Shell

ID : 12 in

Passes : 1

Bahan konstruksi : *Stainless steel*

Heat exchanger area: 12 ft²

Jumlah exchanger : 1

11. Cooler 1

Fungsi : Mendinginkan suhu dari 61°C ke suhu 30°C

Alat : 1-2 shell dan tube heat exchanger

Letak : Setelah evaporator

Perancangan alat cooler 1

Fluida panas :

Suhu masuk : 61°C

Suhu keluar : 30°C

Massa masuk : 7852,56 kg/jam

Fluida dingin : kebutuhan pendingin 840,634 kg/jam

Beban pendingin 529,036 kJ/jam

Suhu pendingin masuk: 20°C = 141,8 °F

Suhu pendingin keluar: 50°C = 86 °F

dT = 55.8 °F

Menentukan spesifikasi alat

Fluida panas (°F)		Fluida dingin	dT
141,8 (T1)	Highter temp	86 (t2)	55,8
86 (T2)	Lower temp	80,6 (t1)	5,4

dt 1 = 5,4 °F

dt 2 = 55,8 °F

dt2 – dt 1 = -50,4°F

Menghitung temperature caloric

$R = (T1-T2)/(t2-t1) = 10,333$

$$S = (t_2 - t_1) / (T_1 - t_1) = 0,0882$$

Dari Kern halaman 828

Fig 18 HE 1-2 didapatkan $F_t = 0,5250$

$$dTLMTD = dT \times F_t = 11,3428$$

$$dt_c / dt_h = dt_1 / dt_2 = 0,0968$$

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2,3 \log \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} \times \quad = 21,6054 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_a = (t_1 + t_2) / 2 = 83,3 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_a = (T_1 + T_2) / 2 = 113,9 \text{ } ^\circ\text{F}$$

dengan menggunakan fig 17 (Kern hal 827) diperoleh bilangan API gravity untuk slurry biasanya 30 – 35 dan perbedaan suhu shell adalah 66,6^oF diperoleh

$$K_c = 0,3 \text{ dan } F_c = 0,3$$

$$T_c = T_2 + F_c(T_1 - T_2)$$

$$T_c = 102,74 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_c = t_1 + F_c(t_2 - t_1) = 82,22 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Menghitung viskositas fluida panas

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2 \text{ suhu masuk fluida } 77^\circ\text{C} = 350 \text{ K}$$

Komponen	A	B	C	D	Miu (cp)	
H ₂ O	-1,02E+01	1,79E+03	1,7E-02	-1,2E-05	0,58	Yaws
H ₂ SO ₄	-1,87E+01	3,5E+3	3,3E-02	-1,7E-05	12,03	Yaws
FeCl ₂					1,86E+00	Perry
FeSO ₄	-1,29E+00	9,3E+02	6,23E-12	2,03E+01	4,27E+01	Yaws
HCl	-1,52E+00	1,95E+02	3,07E-03	-1,3E-05	4,74E-02	Yaws

Menghitung viskositas fluida dingin

$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2$ suhu masuk fluida 28°C = 301 K

Komponen	A	B	C	D	Miu (cp)	
Air	-10,2158	1729.5	0,01773	-0,00001	1,4793	Yaws

Harga konduktivitas thermal : k (BTU/jam ft°F)

Fluida panas

Komp	A	B	C	k (W/m K)	k (BTU/jam ft °F)	X	k . x (BTU/jam ft°F)
H ₂ O	-2,76E-1	4,61E-3	-5,54E-6	0,6313	0,363	0,498	1,82E-01
H ₂ SO ₄	0,1553	0,0010699	35,447	0,56458	0,326	0,022	7,16E-03
FeCl ₂				0,56373	0,325	0,028	9,24E-03
FeSO ₄	2,44E+2	-1,57E-1	6,56E-5	200,94	116,103	0,45168	5,24E+01
Total						1	5,26E+01

Sumber = Yaws kecuali FeCl₂ dari Perry's 2008

Fluida dingin

$$k = A + BT + CT^2$$

$$T = 301 \text{ K}$$

Komp	A	B	C	k (W/m K)	k (BTU/jam ft °F)	X	k . x (BTU/jam ft°F)
H ₂ O	- 0,2758	0,0046 1	-5,539 10 ⁻⁶	0,6105	0,3528	1	0,3528

Sumber = Yaws, 1991

Spesific heats : c (BTU/lb°F) fluida panas 45,5 °C

Komponen	c (BTU/lb °F)	Cp (J/mol K)	BM
H ₂ O	19,706	1543,5494	18
H ₂ SO ₄	27,185	11592,62089	98
FeCl ₂	1,907	1051,4431	126
FeSO ₄	0,682	451	151
Total	49,482		

Fluida dingin 25 °C

Komponen	c (BTU/lb °F)	Cp (J/mol K)	BM
H ₂ O	3,3719	264,1085	18

Spesific gravity (s)

Fluida panas

	S	X	s x
H ₂ O	1	0,498	0,49799
H ₂ SO ₄	1,834	0,022	0,0402
FeCl ₂	2,7	0,028	0,07659
FeSO ₄	1,2135	0,452	0,5811
Total		1	1,1629

Fluida dingin

	S	X	s x
H ₂ O	1	1	1

	Fluida Panas	Fluida Dingin
ρcampuran, (lb/ft ³)	159,326	63,8949
μ.x (cp)	49,482	11,6338
k (Btu/jam.ft.oF)	52,640	0,3553
c (Btu/lb.oF)	49.482	3,3719
s x	1,163	1

Untuk cooler pendingin air dan fluida panas adalah bahan (aq) Kern halaman 840

$$UD = 250 - 500 \text{ BTU/ft}^2 \text{ jam } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Diambil } UD = 500 \text{ BTU/ft}^2 \text{ jam } ^\circ\text{F}$$

$$A = Q / (UD \times LMTD) = 529,036 / (500 \times 10,803) = 59,5322 \text{ ft}^2$$

$$A = 59,5322 \text{ ft}^2$$

$$a'' = 0,3271 \text{ ft}^2 / \text{lin ft (Kern hal 843)}$$

$$L = 7 \text{ ft (ditentukan)}$$

Jumlah tube :

$$N_t = 21,3882$$

$$\text{Standart} = 26$$

dan 2 pass (kern)

Parameter design dari Tabel 9 Kern halaman 842

Pipa = 0,75 in OD tubes

Pitch = 1 square pitch

Shell side

ID = 8 in (Kern hal 842)

Buffel = 3

Pass (pasang) = 2

Tube side

Number and length = 26

OD = 0,75

BWG = 8

Pitch = 1 square pitch

Passes = 4

Tabel 10 kern halaman 843

_____ in _____ ft _____ m

OD pipe =	1.2500	0.1042	0.0318
ID pipe =	1.0300	0.0858	0.0262
Pitch, PT =	1.000	0.0833	0.0254
Panjang pipa, Lt =		7	2,1336
		in2	ft2/ft
Surface per lin ft, a''t			m2
=		0.3271	0.0304
Flow area per tube, a't =	0.3271	0.0023	0.0002

Koreksi Ud

$$A = a'' \times N_t \times L = 0,3271 \times 26 \times 7 = 59,533 \text{ ft}^2$$

$$U_d = Q / (A \times \text{LMTD}) = (529,036 \times 1,055) / (59,533 \times 11,3428) = 1433,9345 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

Fluida panas : Shell side

$$\text{Flow area (} a_s) = \frac{ID \cdot C' \cdot B}{144 \cdot P_T} \quad \text{dimana}$$

$$C' = \text{clearance beetwen tube} = \text{pitch} - \text{OD tube} = 0,3125 \text{ in}$$

$$B = \text{buffel space} = 3 \text{ in}$$

$$P_T = \text{tube pitch} = 1 \text{ in}$$

$$ID = 8 \text{ in}$$

$$a_s = 0,0417 \text{ ft}^2$$

$$\text{Fluks massa melalui shell (Gs)} = G_s = \frac{w}{a_s} \quad \text{dimana}$$

$$w = 1731,7 \text{ lb/jam}$$

$$a_s = 0,0417 \text{ ft}^2 \text{ bisa dihitung } G_s = 41579,6 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

Menentukan bilangan Reynold

$$G_s = \text{lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,1042 \text{ ft (fig 28 Kern 838)}$$

$$\text{Miu} = 49,4824 \text{ lb/ft jam}$$

$$\text{Re}_s = \frac{G_s \cdot D}{\mu}$$

$$= 874,6361$$

$$jH = 16 \text{ (fig 28 Kern 838)}$$

Menentukan k dan c pada $t_a = 113,9 \text{ }^\circ\text{F}$

$$k = 52,6403 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

$$c = 49,4824 \text{ BTU/lb }^\circ\text{F}$$

$$\mu = 49,4824 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 189,312 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan h_o

$$h_o = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_s = 16 \times 189,312 / 0,1402 = 29078,4362 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Fluida dingin : Tube side

$$\text{Flow area } a_t = N_t \frac{a' \cdot t}{144 \cdot n}$$

Dimana :

$$N_t = 26$$

$$a' = 0,371 \text{ in}^2$$

$$n = 4$$

$$a_t = 0,0148 \text{ ft}^2$$

Fluks massa melalui tube (Gt)

$$Gt = w / a_t$$

$$w = 1853,25 \text{ lb/jam}$$

$$a_t = 0,01 \text{ ft}^2$$

$$Gt = 125517,02 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$Re_s = Gt \times D / \mu$ dimana

$$Gt = 125517,02 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,0273 \text{ ft (Tabel 10 Kern halaman 843)}$$

$$\mu = 11,6338 \text{ lb/ft jam}$$

$$Ret = 294,5391$$

$$jH = 8 \text{ (Fig 28 kern hal 838)}$$

$$\text{Menentukan } k \text{ dan } c \text{ pada } t_a = 83,3 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$k = 0,3533 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$c = 3,3719 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F}$$

$$\mu = 11,6338 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 1,6979 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Menentukan h_{io}

$$h_i = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_t$$

$$= 497,5658 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Menentukan tube wall temperature

$$t_w = t_c + \frac{\frac{h_o}{\phi_s}}{\frac{h_{io}}{\phi_t} + \frac{h_o}{\phi_s}} (T_c - t_c)$$

$$t_w = 102,4547 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_w = 312,1415 \text{ K}$$

$$t_w = 39,1415 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Miu suhu 39,1415 $^{\circ}\text{C}$

Fluida Panas :

$$\text{H}_2\text{O} = 0,331 \text{ cp}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = 0,318 \text{ cp}$$

$$\text{FeCl}_2 = 0,0528 \text{ cp}$$

$$\text{FeSO}_4 = 19,268 \text{ CP}$$

$$\text{Total} = 19,9709 \text{ cp} = 48,3 \text{ lb/ft jam}$$

Fluida dingin

$$\text{H}_2\text{O} = 0,6649 \text{ cp} = 1,609 \text{ lb/ft jam}$$

$$\phi_t = (\text{miu bahan masuk/miu bahan keluar})^{0,14}$$

$$\phi_t = (49,4824 / 48,33)^{0,14} = 1,0003$$

Menentukan corrected coefficient

$$h_{co} = \frac{h_c}{\phi_s} \times \phi_s = 29174,5613 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\phi_s = \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} = (49,4824 / 48,33)^{0,14} \\ = 1,0003$$

Menentukan corrected coefesient

$$h_{io} = \frac{h_i}{\phi} \times \phi = 377,8705 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Clean Overall coefecient U_c

$$U_c = (h_{io} \cdot h_o) / (h_{io} + h_o) = 530,9834$$

Design overall coefecient $U_d = 433,9345 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$

Faktor kotor (maks 0,006 dari water 0,003 + feed 0,003 (Kern hal 846))

$$R_D = \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D} = 0,0004 \text{ jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F/Btu}$$

Menghitung Pressure Drop

Fluida panas : shell side

$$Re_s = 874,6361$$

f (faktor friksi) = 0,0008 $\text{ft}^2 / \text{in}^2$ (fig 29 Kern hal 839)

$$s = 1,1630$$

$$D_e = 0,6667 \text{ ft}$$

$$N+1 = L/B = 12 \times \text{BWG} / \text{Buffel} = 12 \times 8 / 3 = 32$$

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot D_e s \phi_s} = 0,5224 \text{ psi}$$

Tube side ;fluida dingin

$$Re_t = 294,5391$$

$f = 0,003 \text{ ft}^2 / \text{in}^2$ (fig 29 Kern hal 839)

$$s = 1$$

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5.22 \cdot 10^{10} D_t \cdot \phi_t} = 0,704 \text{ psi}$$

29174,5613	h outside	540,8266
Uc	Calculated	530,9834
Ud	Trial	500
Ud	Calculated	433,93
Rd	Calculated	0,0004
Rd	Required	0,004
Delta Ps	Calculated	0,5224
Delta PT	Calculated	0,704

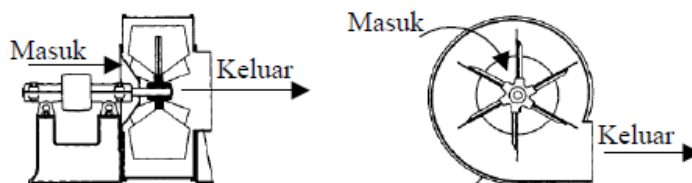
12. Blower

Tugas : Menghembuskan udara ke dalam Rotary Dryer

Fungsi : Memindahkan udara dari udara bebas ke Rotary Dryer

Type : Centrifugal Blower

Dasar pemilihan : Sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi



Perhitungan rate udara :

Massa udara = 1535,3461 kg/jam

p campuran pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 30^\circ\text{C} = 546\text{R}$ = udara standar 492 R

BM udara = 29 kg/kgmol

$P = 0,07279 \text{ lb/cuft}$ (Himmelblau;249)

Rate volumetric = 1319,340 m^3/jam

Asumsi komposisi udara :

$N_2 = 79\% \text{ w/w}$

$O_2 = 21\% \text{ w/w}$

$$P = \frac{BM}{V} \times \frac{T_0}{T_1} \times \frac{P \text{ blower}}{P \text{ udara}}$$

$P \text{ blower} = 14,7 \text{ psia} = 30,0972 \text{ inHg}$

Menghitung power blower =

$$HP = 1,57 \times 10^{-4} QP$$

$$HP = 1,57 \times 10^{-4} \times 30,0972 \times 24289,035 = 3,6449 \text{ HP}$$

Efisiensi motor $0,8 = 0,2916$

Spesifikasi

Fungsi : memindahkan udara dari udara bebas ke rotary dryer

Tipe : centrifugal blower

Bahan : Comersial steel

Rate volumetric: 776,5350 cuft/menit

Adiabatic head : 995 ft lbf/lbm gas

Efisiensi motor : 80%

Power : 0,2935 HP = 1 HP

Jumlah : 1

13. Screw Conveyor

Fungsi : Memindahkan bahan dari kristalizer ke centrifuge

Tipe : Plain spouts or chutes

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk slury dengan sistem tertutup

Kondisi operasi: $T = 30^\circ\text{C}$ dan $P = 1 \text{ atm}$

Dari neraca massa dan panas didapatkan laju alir dan densitas

Fv : 7852,56 kg/jam = 17311,95 lb/jam

p bahan : 4,195 kg/m³ = 0,216 lb/cuft

Volumetrik bahan : 66098,8855 cuft/jam = 1101,6481 cuft/menit

p bahan : 0,2619 lb/cuft termasuk kelas D (Badger, Tabel 16-6)
dengan F =3

Power motor = (C x L x W x F) / 33000 (Badger, persamaan 16-5) dengan

C = kapasitas, cuft/menit

L = panjang, ft asumsi panjang screw 4 m = 16,404199 ft

W =densitas bahan, lb/cuft

F = faktor bahan

Power motor = 0,4303 HP untuk power < 2HP maka dikalikan 2 (Badger;713)

Power = 0,86 HP

Jika efisiensi motor 80% ,maka power menjadi 1,075 HP

Dari fig 16-20 Badger untuk kapasitas 66098,8851 cuft/jam digunakan ukuran:

Diameter : 2,5 in

Kecepatan putaran: 55 rpm

Spesifikasi

Fungsi : Memindahkan bahan dari kristalizer ke centrifuge

Tipe : Plain spouts or chutes

Kapasitas : 66098,855 cuft/jam

Panjang : 5 m

Diameter : 0,0635 m

Kecepatan putaran: 55 rpm

Power : 1,075 HP = 1,5 HP

14. Belt Conveyor

Fungsi : Mengangkat bahan dari centrifuge ke rotary dryer

Jenis : Horisontal Belt Conveyor

Bahan	: Karet
Laju alir massa	: 3578,41 kg/jam
Faktor kelonggaran	: 0,2
Kapasitas	: 4708,52 g/jam
Kecepatan belt normal	: 200 ft/s
Kecepatan belt maksimum	: 300 ft/s
Daya motor	: 1 HP
Kecepatan belt dibuat	: 100 ft/s
Dipakai belt conveyor kapasitas 32000 ton/tahun (Tabel 7-7 Perry 1999 hal 7-10)	
Lebar belt	: 14 in
Luas area	: 0,11 ft ²
Kecepatan Belt Normal	: 200 ft/s
Kecepatan Belt maksimum	: 300 ft/s
Belt plies maksimum	: 5
Belt plies minimum	: 3
Kecepatan belt	: 100 m/s
Asumsi panjang belt	: 5 m
Daya motor digunakan	: 1 HP

14. Heater-1 H₂SO₄

Fungsi	: Memanaskan suhu dari 30 °C ke suhu 60 °C
Alat	: 1-2 shell dan tube heat exchanger
Shell	: Bahan
Tube	: Steam
Kebutuhan pemanas adalah 81,5007 kg/jam	
Perancangan alat heater asam nitrat	
Fluida dingin :	
Suhu masuk	: 27,805°C = 82,05077°F

Suhu keluar : 60 °C = 140 °F
 Massa masuk : 6533,074 kg/jam = 14402,72044 lb/jam
 Fluida panas : kebutuhan pemanas 81,5007 kg/jam
 Beban pemanas 647669,4798 kJ/jam

Suhu pemanas masuk: 120°C

Suhu pemanas keluar: 100°C

Menentukan spesifikasi alat

Fluida panas (°F)		Fluida dingin	dT
140 (T1)	Highter temp	248 (t2)	108
82,05 (T2)	Lower temp	212 (t1)	129,95

$$dt\ 1 = 108\ ^\circ\text{F}$$

$$dt\ 2 = 129,95\ ^\circ\text{F}$$

$$dt2 - dt\ 1 = 21,95^\circ\text{F}$$

Menghitung temperature caloric

$$R = (T1-T2)/(t2-t1) = 0,621232$$

$$S = (t2-t1)/(T1-t1) = 0,349198$$

Dari Kern halaman 828

Fig 18 HE 1-2 didapatkan Ft = 0,95

$$dT_{LMTD} = dT \times Ft = 116,99$$

$$d_{tc}/d_{th} = dt1/dt2 = 0,831$$

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2.3 \log \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} \times = 118,77\ ^\circ\text{F}$$

$$t_a = (t1+t2)/2 = 230\ ^\circ\text{F}$$

$$T_a = (T1+T2)/2 = 111,03^\circ\text{F}$$

dengan menggunakan fig 17 (Kern hal 827) diperoleh bilangan API gravity untuk slurry biasanya 30 – 35 dan perbedaan suhu shell adalah 90 °F diperoleh

$$Kc = 0,4 \text{ dan } Fc = 0,42$$

$$Tc = T2 + Fc (T1 - T2)$$

$$Tc = 226,4^\circ\text{F}$$

$$tc = t1 + Fc(t2 - t1) = 105,23^\circ\text{F}$$

Menghitung viskositas fluida dingin 30°C

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2 \text{ suhu masuk fluida } 40^\circ\text{C} = 313 \text{ K}$$

Komponen	A	B	C	D	Miu (cp)	
H ₂ SO ₄	-18,7045	3,5E+03	3,31E-02	-1,7E-05	13.844	Yaws
Air	-10,2158	1,79E+03	1,77E-02	-1,26E-05	0,645	Yaws
Total					14,4895	

Menghitung viskositas steam masuk

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2 \text{ suhu masuk fluida } 120^\circ\text{C} = 393 \text{ K}$$

Komponen	A	B	C	D	Miu (cp)	
Air	-10,2158	1729.5	0,01773	-0,00001	0,248	Yaws

Harga konduktivitas thermal : k (BTU/jam ft²F)

Fluida dingin

Komp	A	B	C	k (W/m K)	k (BTU/jam m ft ² °F)	X	k . x (BTU/jam ft ² F)
H ₂ SO ₄	0,1553	0,0011	-1,28E-06	35,447	20,481	20,48	7,7195
H ₂ O	-0,2758	4,61E-03	-5,5E-06	0,62	0,361	0,36	0,225
Total							7,944

Sumber = Yaws

Fluida panas

$$k = A + BT + CT^2$$

$$T = 393 \text{ K}$$

Komp	A	B	C	k (W/m K)	k (BTU/jam ft ² °F)	X	k . x (BTU/jam ft ² F)
------	---	---	---	-----------	--------------------------------	---	-----------------------------------

H ₂ O	-	0,0046	-5,539	0,6812	0,3936	1	0,39181
	0,2758	1	10 ⁻⁶				

Sumber = Yaws, 1991

Specific heats : c (BTU/lb °F) fluida dingin 30°C

Komponen	c (BTU/lb °F)	Cp (J/mol K)	BM
H ₂ SO ₄	3,05015	1300,68	98
H ₂ O	23,065	1,96E+03	18
Total	6,4234		

Fluida panas 120°C

Komponen	c (BTU/lb °F)	Cp (J/mol K)	BM
H ₂ O	8,12E+01	6,39E+03	18

Specific gravity (s)

Fluida dingin

	S	X	s x
H ₂ SO ₄	1,834	0,3769	0,69125
H ₂ O	1	0,623	0,6233
Total			1,314

Fluida panas

	S	X	s x
H ₂ O	1	1	1

	Fluida Dingin	Fluida Panas
ρcampuran, (lb/ft ³)	1314,58792	945,4387
μ.x (cp)	14,49	0,481
k (Btu/jam.ft.oF)	7,94	0,281
c (Btu/lb.oF)	28,1161	81,619
s x	1,3012	1

Untuk heater pemanas steam dan fluida dingin adalah bahan (aq) Kern halaman 840

$$UD = 200 - 700 \text{ BTU/ft}^2 \text{ jam } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Diambil } UD = 200 \text{ BTU/ft}^2 \text{ jam } ^\circ\text{F}$$

$$A = Q / (Ud \times \text{LMTD}) = 683291,3012 / (200 \times 118,77) = 29 \text{ ft}^2$$

$$A = 29 \text{ ft}^2$$

$$a'' = 0,3271 \text{ ft}^2 / \text{lin ft (Kern hal 843)}$$

$$L = 3,5 \text{ ft} = 1,0668 \text{ m (ditentukan)}$$

Jumlah tube :

$$N_t = 25,508$$

Standart = 26 dan 1 pass (kern)

Parameter design dari Tabel 9 Kern halaman 842

Pipa = 3/4 in OD tubes

Pitch = 1 square pitch

Shell side

ID = 8 in (Kern hal 842)

Buffel = 3

Pass (pasang) = 2

Tube side

Number and length = 26

OD = 3/4

BWG = 12

Pitch = 1 square pitch

Passes = 4

Tabel 10 kern halaman 843

	in	ft	m
OD pipe =	0,75	0,0625	0,0191
ID pipe =	0,5320	0,0443	0,0135
Pitch, PT =	1	0,0833	1,0668
Panjang pipa, Lt =		3,5	
	in ²	ft ² /ft	m ²
Surface per lin ft, a''t			
=		0.3271	0.0304
Flow area per tube,			
a't =	0.8360	0.0058	0.0005

Koreksi Ud

$$A = a'' \times N_t \times L = 0,3271 \times 3,5 \times 26 = 29,8 \text{ ft}^2$$

$$U_d = Q / (A \times \text{LMTD}) = (603291,3012) / (11,699 \times 49,4824) = 196,2193 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

Fluida panas : Shell side

$$\text{Flow area (} a_s) = a_s = \frac{ID \cdot C' \cdot B}{144 \cdot P_T} \text{ dimana}$$

$$C' = \text{clearance beetwen tube} = \text{pitch} - \text{OD tube} = 0,25 \text{ in}$$

$$B = \text{buffel space} = 3 \text{ in}$$

$$P_T = \text{tube pitch} = 1 \text{ in}$$

$$ID = 8 \text{ in}$$

$$a_s = 0,0417 \text{ ft}^2$$

$$\text{Fluks massa melalui shell (} G_s) = G_s = \frac{w}{a_s} \text{ dimana}$$

$$w = 179,6753 \text{ lb/jam}$$

$$a_s = 0,0417 \text{ ft}^2 \text{ bisa dihitung } G_s = 4312,21 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

Menentukan bilangan Reynold

$$G_s = 4312,21 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,0625 \text{ ft (fig 28 Kern 838)}$$

$$\text{Miu} = 35,0657 \text{ lb/ft jam}$$

$$\text{Re}_s = \frac{G_s \cdot D}{\mu} = 7,67$$

$$j_H = 4,2 \text{ (fig 28 Kern 838)}$$

Menentukan k dan c pada $t_a = 113,03 \text{ °F}$

$$k = 7,945 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

$$c = 28,1161 \text{ BTU/lb °F}$$

$$\text{miu} = 35,0637 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 2663,04 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ °F}$$

Menentukan h_o

$$h_o = j_H \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_s = 39,6285 \times 4,2 / 0,0625$$

$$= 2,663.04 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Fluida dingin : Tube side

$$\text{Flow area } a_t = N_t \frac{a' \cdot t}{144 \cdot n}$$

Dimana :

$$N_t = 26$$

$$a' = 0,8360 \text{ in}^2$$

$$n = 4$$

$$a_t = 0,0377 \text{ ft}^2$$

Fluks massa melalui tube (Gt)

$$G_t = w / a_t$$

$$w = 179,68 \text{ lb/jam}$$

$$a_t = 0,0377 \text{ ft}^2$$

$$G_t = 4761,36 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

Re s = Gt x D / miu dimana

$$G_t = 4761,36 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,0443 \text{ ft (Tabel 10 Kern halaman 843)}$$

$$\text{Miu} = 0,6003 \text{ lb/ft jam}$$

$$\text{Ret} = 351,64$$

$$jH = 3,8 \text{ (Fig 28 kern hal 838)}$$

Menentukan k dan c pada $t_a = 230 \text{ } ^\circ\text{F}$

$$k = 0,2481 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$c = 81,619 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F}$$

$$\text{miu} = 0,6003 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 87,8329 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ } ^\circ\text{F}$$

Menentukan hio

$$h_i = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_t = 1373,6043 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ } ^\circ\text{F}$$

Menentukan tube wall temperature

$$t_w = t_c + \frac{\frac{h_o}{\phi_s}}{\frac{h_{io}}{\phi} + \frac{h_o}{\phi_s}} (T_c - t_c)$$

$$t_w = 221,0162 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_w = 378 \text{ K}$$

$$t_w = 104,859 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Fluida Dingin :

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = 1,5615 \text{ cp}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0,1626 \text{ cp}$$

$$\text{Total} = 1,7241 \text{ cp} = 4,1723 \text{ lb/ft jam}$$

Fluida dingin

$$\text{H}_2\text{O} = 0,2609 \text{ cp} = 0,6314 \text{ lb/ft jam}$$

$$\phi_t = (\text{miu bahan masuk/miu bahan keluar})^{0,14}$$

$$\phi_t = (35,0657 / 4,1723)^{0,14} = 1,3472$$

Menentukan corrected coefficient

$$h_o = \frac{h_o}{\phi_s} \times \phi_s = 3587,6317 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\phi_s = \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} = (35,0657 / 4,1723)^{0,14} = 1,3472$$

Menentukan corrected coefesient

$$h_{io} = \frac{h_{io}}{\phi} \times \phi = 122,9521 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Clean Overall coefecient U_c

$$U_c = (h_{io} \cdot h_o) / (h_{io} + h_o) = 118,88$$

$$\text{Design overall coefecient } U_d = 196,2193 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Faktor kotor (maks 0,006 dari water 0,003 + feed 0,003 (Kern hal 846))

$$R_D = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} = 0,003 \text{ jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F/Btu}$$

Menghitung Pressure Drop

Fluida dingin : shell side

$$Re_s = 7,69$$

$$f \text{ (faktor friksi)} = 0,00012 \text{ ft}^2/\text{in}^2 \text{ (fig 29 Kern hal 839)}$$

$$s = 1,3143$$

$$De = 0,6667 \text{ ft}$$

$$N+1 = L/B = 12 \times \text{BWG} / \text{Buffel} = 12 \times 12 / 3 = 1,1250$$

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5.22 \cdot 10^{10} \cdot D_e s \phi_s} = 2,89702E-07 \text{ psi}$$

Tube side ;fluida panas

$$Re_t = 351,64$$

$$f = 0,003 \text{ ft}^2/\text{in}^2 \text{ (fig 29 Kern hal 839)}$$

$$s = 1$$

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5.22 \cdot 10^{10} D_t \cdot \phi_t} = 4,00E-03 \text{ psi}$$

* **Summary :**

3587,63	h outside	122,95
Uc	Calculated	118,88
Ud	Trial	196
Ud	Calculated	196
Rd	Calculated	0,0033
Rd	Required	0,0030
Delta Ps	Calculated	2,90E-07
Delta PT	Calculated	0,0040

15. Heater-2 H₂SO₄

Fungsi : Memanaskan suhu dari 60 °C ke suhu 85 °C

Alat : 1-2 shell dan tube heat exchanger

Shell : Bahan

Tube : Steam

Kebutuhan pemanas adalah 63,5471 kg/jam

Perancangan alat heater asam sulfat

Fluida dingin :

Suhu masuk : 60 °C = 140°F

Suhu keluar : 85 °C = 185 °F

Massa masuk : 6533,074 kg/jam = 14402,72044 lb/jam

Fluida panas : kebutuhan pemanas 63,547 kg/jam

Beban pemanas 504995,884 kJ/jam

Suhu pemanas masuk: 120°C

Suhu pemanas keluar: 100°C

Menentukan spesifikasi alat

Fluida panas (°F)		Fluida dingin	dT
185 (T1)	Highter temp	248 (t2)	63
140 (T2)	Lower temp	212 (t1)	72

dt 1 = 63 °F

dt 2 = 72 °F

dt2 – dt 1 = 9°F

Menghitung temperature caloric

$$R = (T1-T2)/(t2-t1) = 0,8$$

$$S = (t2-t1)/(T1-t1) = 0,41666$$

Dari Kern halaman 828

Fig 18 HE 1-2 didapatkan Ft = 0,985

$$dTLMTD = dT \times Ft = 66,46$$

$$dte/dth = dt1/dt2 = 0,875$$

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2.3 \log \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} \times = 67,48 \text{ °F}$$

$$ta = (t1+t2)/2 = 230 \text{ °F}$$

$$T_a = (T_1 + T_2) / 2 = 162,5 \text{ } ^\circ\text{F}$$

dengan menggunakan fig 17 (Kern hal 827) diperoleh bilangan API gravity untuk slurry biasanya 30 – 35 dan perbedaan suhu shell adalah 90 °F diperoleh

$$K_c = 0,2 \text{ dan } F_c = 0,4$$

$$T_c = T_2 + F_c (T_1 - T_2)$$

$$T_c = 226,4 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_c = t_1 + F_c(t_2 - t_1) = 158 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Menghitung viskositas fluida dingin 30°C

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2 \text{ suhu masuk fluida } 70^\circ\text{C} = 343 \text{ K}$$

Komponen	A	B	C	D	Miu (cp)	
H ₂ SO ₄	-18,7045	3,5E+03	3,31E-02	-1,7E-05	6,784496	Yaws
Air	-10,2158	1,79E+03	1,77E-02	-1,26E-05	0,39632	Yaws
Total					7,18118	

Menghitung viskositas steam masuk

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2 \text{ suhu masuk fluida } 120^\circ\text{C} = 393 \text{ K}$$

Komponen	A	B	C	D	Miu (cp)	
Air	-10,2158	1729.5	0,01773	-0,00001	0,248	Yaws

Harga konduktivitas thermal : k (BTU/jam ft°F)

Fluida dingin

Komp	A	B	C	k (W/m K)	k (BTU/jam ft °F)	X	k . x (BTU/jam ft°F)
H ₂ SO ₄	0,1553	0,0011	-1,28E-06	35,447	21,008	20,48	7,918
H ₂ O	-0,2758	4,61E-03	-5,5E-06	0,62	00,378	0,36	0,235
Total							7,944

Sumber = Yaws

Fluida panas

$$k = A + BT + CT^2$$

$$T = 393 \text{ K}$$

Komp	A	B	C	k (W/m K)	k (BTU/jam ft °F)	X	k . x (BTU/jam ft °F)
H ₂ O	- 0,2758	0,0046 1	-5,539 10 ⁻⁶	0,6812	0,3936	1	0,39181

Sumber = Yaws, 1991

Specific heats : c (BTU/lb °F) fluida dingin 30°C

Komponen	c (BTU/lb °F)	Cp (J/mol K)	BM
H ₂ SO ₄	3,05015	1300,68	98
H ₂ O	25,065	1,96E+03	18
Total	6,4234		

Fluida panas 120°C

Komponen	c (BTU/lb °F)	Cp (J/mol K)	BM
H ₂ O	8,12E+01	6,39E+03	18

Specific gravity (s)

Fluida dingin

	S	X	s x
H ₂ SO ₄	1,834	0,3769	0,69125
H ₂ O	1	0,623	0,6233
Total			1,314

Fluida panas

	S	X	s x
H ₂ O	1	1	1

	Fluida Dingin	Fluida Panas
pcampuran, (lb/ft ³)	1283,5080	945,4387
μ.x (cp)	7,1812	0,2481
k (Btu/jam.ft.oF)	8,1539	0,2481
c (Btu/lb.oF)	28,1161	81,6198
s x	1,3143	1

Untuk heater pemanas steam dan fluida dingin adalah bahan (aq) Kern halaman 840

$$UD = 200 - 700 \text{ BTU/ft}^2 \text{ jam } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Diambil } UD = 200 \text{ BTU/ft}^2 \text{ jam } ^\circ\text{F}$$

$$A = Q / (Ud \times LMTD) = 532770,6580 / (200 \times 66,46) = 40 \text{ ft}^2$$

$$A = 40 \text{ ft}^2$$

$$a'' = 0,3271 \text{ ft}^2 / \text{lin ft (Kern hal 843)}$$

$$L = 3,5 \text{ ft} = 1,0668 \text{ m (ditentukan)}$$

Jumlah tube :

$$Nt = 35,008$$

Standart = 37 dan 1 pass (kern)

Parameter design dari Tabel 9 Kern halaman 842

Pipa = 3/4 in OD tubes

Pitch = 1 square pitch

Shell side

ID = 5,25 in (Kern hal 842)

Buffel = 3

Pass (pasang) = 4

Tube side

Number and length = 37

OD = 3/4

BWG = 12

Pitch = 1 square pitch

Passes = 8

Tabel 10 kern halaman 843

	in	ft	m
OD pipe =	0,75	0,0625	0,0191
ID pipe =	0,523	0,0436	0,0133
Pitch, PT =	1	0,0833	0,0254
Panjang pipa, Lt =		3,5	1,0668
	in ²	ft ² /ft	m ²

Surface per lin ft, a''t			
=		0,3271	0,0304
Flow area per tube,			
a't =	0,8360	0,0058	0,0005

Koreksi Ud

$$A = a'' \times Nt \times L = 0,3271 \times 3,5 \times 42,4 \text{ ft}^2$$

$$Ud = Q/(A \times LMTD) = (532770,6584)/(42,4 \times 66,46)$$

$$= 189,2373 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

Fluida panas : Shell side

$$\text{Flow area (a}_s) = a_s = \frac{ID \cdot C' \cdot B}{144 \cdot P_T} \text{ dimana}$$

$$C' = \text{clearance beetwen tube} = \text{pitch} - \text{OD tube} = 0,25 \text{ in}$$

$$B = \text{buffel space} = 3 \text{ in}$$

$$P_T = \text{tube pitch} = 1 \text{ in}$$

$$ID = 15,25 \text{ in}$$

$$a_s = 0,0794 \text{ ft}^2$$

$$\text{Fluks massa melalui shell (Gs)} = G_s = \frac{w}{a_s} \text{ dimana}$$

$$w = 140,095 \text{ lb/jam}$$

$$a_s = 0,0794 \text{ ft}^2 \text{ bisa dihitung } G_s = 1763,82 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

Menentukan bilangan Reynold

$$G_s = 1763,82 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,0625 \text{ ft (fig 28 Kern 838)}$$

$$\text{Miu} = 17,3785 \text{ lb/ft jam}$$

$$\text{Re}_s = \frac{G_s \cdot D}{\mu} = 7,67$$

$$j_H = 4,2 \text{ (fig 28 Kern 838)}$$

Menentukan k dan c pada $t_a = 162,5 \text{ °F}$

$$k = 8,1539 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

$$c = 28,1161 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F}$$

$$\mu = 17,3785 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 31,9079 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Menentukan h_o

$$h_o = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_s = 31,9079 \times 4,2 / 0,0625$$

$$= 2144,21 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Fluida dingin : Tube side

$$\text{Flow area } a_t = N_t \frac{a' \cdot t}{144 \cdot n}$$

Dimana :

$$N_t = 37$$

$$a' = 0,8360 \text{ in}^2$$

$$n = 8$$

$$a_t = 0,0269 \text{ ft}^2$$

Fluks massa melalui tube (Gt)

$$G_t = w / a_t$$

$$w = 140,1 \text{ lb/jam}$$

$$a_t = 0,0369 \text{ ft}^2$$

$$G_t = 5217,56 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

Re s = Gt x D / miu dimana

$$G_t = 5217,56 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,0436 \text{ ft (Tabel 10 Kern halaman 843)}$$

$$\mu = 0,6003 \text{ lb/ft jam}$$

$$Re_t = 378,81$$

$$jH = 3,6 \text{ (Fig 28 kern hal 838)}$$

Menentukan k dan c pada $t_a = 230 \text{ } ^\circ\text{F}$

$$k = 0,2481 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$c = 81,619 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F}$$

$$\mu = 0,6003 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 1,4446 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

Menentukan hio

$$hi = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_t = 82,2101 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

Menentukan tube wall temperature

$$tw = tc + \frac{\frac{hw}{\phi_s}}{\frac{hio}{\phi_t} + \frac{hw}{\phi_s}} (Tc - tc)$$

$$tw = 222,7942 \text{ °F}$$

$$tw = 378,9968 \text{ K}$$

$$tw = 105,8468 \text{ °C}$$

Fluida Dingin :

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = 1,5467 \text{ cp}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0,1610 \text{ cp}$$

$$\text{Total} = 1,7076 \text{ cp} = 4,1325 \text{ lb/ft jam}$$

Fluida dingin

$$\text{H}_2\text{O} = 0,2583 \text{ cp} = 0,6252 \text{ lb/ft jam}$$

$$\phi_t = (\mu \text{ bahan masuk} / \mu \text{ bahan keluar})^{0,14}$$

$$\phi_t = (2144,21 / 4,1325)^{0,14} = 1,2227$$

Menentukan corrected coefficient

$$hw = \frac{hw}{\phi_s} \times \phi_s = 2621,8036 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ °F}$$

$$\phi_s = \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} = (0,6003 / 0,6252)^{0,14} \\ = 0,9943$$

Menentukan corrected coefesient

$$hio = \frac{hio}{\phi_t} \times \phi_t = 118,6496 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ °F}$$

Clean Overall coefecient U_c

$$U_c = (h_{io} \cdot h_o) / (h_{io} + h_o) = 113,51$$

$$\text{Design overall coefecient } U_d = 189,2373 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Faktor kotor (maks 0,006 dari water 0,003 + feed 0,003 (Kern hal 846))

$$R_D = \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D} = 0,0035 \text{ jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F/Btu}$$

Menghitung Pressure Drop

Fluida dingin : shell side

$$Re_s = 6,34$$

$$f \text{ (faktor friksi)} = 0,00012 \text{ ft}^2 / \text{in}^2 \text{ (fig 29 Kern hal 839)}$$

$$s = 1,3143$$

$$De = 1,2708 \text{ ft}$$

$$N+1 = L/B = 12 \times \text{BWG} / \text{Buffel} = 12 \times 12 / 3 = 0,59$$

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5.22 \cdot 10^{10} \cdot D_e s \phi_s} = 5,34021\text{E-}08 \text{ psi}$$

Tube side ;fluida panas

$$Re_t = 378,81$$

$$f = 0,003 \text{ ft}^2 / \text{in}^2 \text{ (fig 29 Kern hal 839)}$$

$$s = 1$$

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5.22 \cdot 10^{10} D_t \cdot \phi_t} = 4,00\text{E-}03 \text{ psi}$$

* **Summary :**

2621,80	h outside	118,65
U_c	Calculated	113,51
U_d	Trial	189
U_d	Calculated	189
R_d	Calculated	0,0035
R_d	Required	0,0030
Delta Ps	Calculated	5,34E-08
Delta PT	Calculated	0,0040

16. Heater-3 Pickling Liquor (FeCl₂)

Fungsi : Memanaskan suhu dari 30 °C ke suhu 85 °C

Alat : 1-2 shell dan tube heat exchanger

Shell : Bahan

Tube : Steam

Kebutuhan pemanas adalah 217979,4355 kg/jam

Perancangan alat heater asam sulfat

Fluida dingin :

Suhu masuk : 30 °C = 86 °F

Suhu keluar : 85 °C = 185 °F

Massa masuk : 3883,849266 kg/jam = 8562,277992 lb/jam

Fluida panas : kebutuhan pemanas 27,429 kg/jam

Beban pemanas 217979,4355 kJ/jam

Suhu pemanas masuk: 120°C

Suhu pemanas keluar: 100°C

Menentukan spesifikasi alat

Fluida panas (°F)		Fluida dingin	dT
185 (T1)	Higher temp	248 (t2)	63
86 (T2)	Lower temp	212 (t1)	126

$$dt\ 1 = 63\ ^\circ\text{F}$$

$$dt\ 2 = 126\ ^\circ\text{F}$$

$$dt2 - dt\ 1 = 126^\circ\text{F}$$

Menghitung temperature caloric

$$R = (T1-T2)/(t2-t1) = 0,3636$$

$$S = (t_2 - t_1) / (T_1 - t_1) = 0,61111$$

Dari Kern halaman 828

Fig 18 HE 1-2 didapatkan $F_t = 0,985$

$$dTLMTD = dT \times F_t = 90,99$$

$$d_{tc}/d_{th} = dt_1/dt_2 = 0,5$$

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2.3 \log \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} \times dTLMTD = 89,63 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_a = (t_1 + t_2) / 2 = 115,7 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_a = (T_1 + T_2) / 2 = 222,8 \text{ } ^\circ\text{F}$$

dengan menggunakan fig 17 (Kern hal 827) diperoleh bilangan API gravity untuk slurry biasanya 30 – 35 dan perbedaan suhu shell adalah 90 °F diperoleh

$$K_c = 0,2 \text{ dan } F_c = 0,3$$

$$T_c = T_2 + F_c (T_1 - T_2)$$

$$T_c = 222,8 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_c = t_1 + F_c(t_2 - t_1) = 115,7 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Menghitung viskositas fluida dingin 30°C

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2 \text{ suhu masuk fluida } 70^\circ\text{C} = 343 \text{ K}$$

Komponen	A	B	C	D	Miu (cp)	
FeCl ₂					1,86120	Perry
HCl	-10,2158	1,79E+03	1,77E-02	-1,26E-05	0,57847	Yaws
Air	-1,515	1,95E+02	3,07E-03	-1,38E-05	0,04658	Yaws
Total					1,62321	

Menghitung viskositas steam masuk

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2 \text{ suhu masuk fluida } 120^\circ\text{C} = 393 \text{ K}$$

Komponen	A	B	C	D	Miu (cp)	
Air	-10,2158	1729.5	0,01773	-0,00001	0,248	Yaws

Harga konduktivitas thermal : k (BTU/jam ft°F)

Fluida dingin							
Komp	A	B	C	k (W/m K)	k (BTU/jam ft °F)	X	k . x (BTU/jam ft °F)
FeCl ₂				0,56373 3123	0,325718 798	0,8193 54306	0,266879099
H ₂ O	- 0,2758	4,61E- 03	-5,54E- 06	0,63246 204	0,365429 61	0,1688 61003	0,06170681
HCl	0,8045	-2,10E- 03	-2,32E- 16	0,13259 57	0,076612 337	0,0117 84691	0,004306475
Total				1,32879 0863		1	0,332892385

Sumber = Yaws

Fluida panas

$$k = A + BT + CT^2$$

$$T = 393 \text{ K}$$

Komp	A	B	C	k (W/m K)	k (BTU/jam ft °F)	X	k . x (BTU/jam ft °F)
H ₂ O	- 0,2758	0,0046 1	-5,539 10 ⁻⁶	0,6812	0,3936	1	0,39181

Sumber = Yaws, 1991

Spesific heats : c (BTU/lb °F) fluida dingin 30°C

Komponen	c (BTU/lb °F)	Cp (J/mol K)	BM
FeCl ₂	2,000091701	1102,233144	126
H ₂ O	20,66550315	1,62E+03	36
HCl	14,1589818	2,24E+03	18
Total	22,66559485		

Fluida panas 120°C

Komponen	c (BTU/lb °F)	Cp (J/mol K)	BM
H ₂ O	81,619	6,39E+03	18

Specific gravity (s)

Fluida dingin

	S	X	s x
FeCl ₂	2,7	0,819354306	2,212256625
H ₂ O	1	0,011784691	0,011784691
HCl	1,268	0,011784691	0,014942989

Fluida panas

	S	X	s x
H ₂ O	1	1	1

	Fluida Dingin	Fluida Panas
pcampuran, (lb/ft ³)	2817,8367	945,4387
μ.x (cp)	1,6232	0,2481
k (Btu/jam.ft.oF)	0,3329	0,2481
c (Btu/lb.oF)	22,6656	81,6198
s x	2,2390	1,0000

Untuk heater pemanas steam dan fluida dingin adalah bahan (aq) Kern dalam 840

$$UD = 200 - 700 \text{ BTU/ft}^2 \text{ jam } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Diambil } UD = 200 \text{ BTU/ft}^2 \text{ jam } ^\circ\text{F}$$

$$A = Q / (Ud \times LMTD) = 229968,3045 / (200 \times 89,63) = 13 \text{ ft}^2$$

$$A = 13 \text{ ft}^2$$

$$a'' = 0,3271 \text{ ft}^2 / \text{lin ft (Kern hal 843)}$$

$$L = 3,5 \text{ ft} = 1,0668 \text{ m (ditentukan)}$$

Jumlah tube :

$$N_t = 11,205$$

Standart = 16 dan 1 pass (kern)

Parameter design dari Tabel 9 Kern halaman 842

Pipa = 1 in OD tubes

Pitch = 1,25 square pitch

Shell side

ID = 8 in (Kern hal 842)

Buffel = 3

Pass (pasang) = 2

Tube side
 Number and length = 16
 OD = 1
 BWG = 12
 Pitch = 1,25 square pitch
 Passes = 4

Tabel 10 kern halaman 843

	in	ft	m
OD pipe =	1	0,0833	0,0254
ID pipe =	0,7820	0,0652	0,0199
Pitch, PT =	1,25	0,1042	0,0318
Panjang pipa, Lt =		3,5	1,0668
	in ²	ft ² /ft	m ²
Surface per lin ft, a''t =		0,3271	0,0304
Flow area per tube, a't =	0,8360	0,0058	0,0005

Koreksi Ud

$$A = a'' \times Nt \times L = 0,3271 \times 3,5 \times 16 = 18,3 \text{ ft}^2$$

$$Ud = Q / (A \times LMTD) = (229968,3045) / (11,205 \times 89,63) \\ = 140,0748 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

Fluida panas : Shell side

$$\text{Flow area (a}_s) = a_s = \frac{ID \cdot C' \cdot B}{144 \cdot P_T} \text{ dimana}$$

$$C' = \text{clearance beetwen tube} = \text{pitch} - \text{OD tube} = 0,25 \text{ in}$$

$$B = \text{buffel space} = 3 \text{ in}$$

$$P_T = \text{tube pitch} = 1,25 \text{ in}$$

$$ID = 8 \text{ in}$$

$$a_s = 0,0333 \text{ ft}^2$$

$$\text{Fluks massa melalui shell (Gs)} = G_s = \frac{w}{a_s} \text{ dimana}$$

$$w = 60.4715 \text{ lb/jam}$$

$$a_s = 0,0333 \text{ ft}^2 \text{ bisa dihitung } G_s = 1814,14 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

Menentukan bilangan Reynold

$$G_s = 1814,14 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,0833 \text{ ft (fig 28 Kern 838)}$$

$$\text{Miu} = 3,92 \text{ lb/ft jam}$$

$$\text{Re}_s = \frac{Gs \cdot D}{\mu} = 38,49$$

$$jH = 4,2 \text{ (fig 28 Kern 838)}$$

Menentukan k dan c pada $t_a = 135,5 \text{ }^\circ\text{F}$

$$k = 80,3329 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

$$c = 22,6656 \text{ BTU/lb }^\circ\text{F}$$

$$\text{miu} = 3,92822 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 2,1448 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan h_o

$$h_o = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_s = 2,1448 \times 4,2 / 0,0833$$

$$= 108,10 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Fluida dingin : Tube side

$$\text{Flow area } a_t = N_t \frac{a' \cdot t}{144 \cdot n}$$

Dimana :

$$N_t = 16$$

$$a' = 0,8360 \text{ in}^2$$

$$n = 4$$

$$a_t = 0,0232 \text{ ft}^2$$

Fluks massa melalui tube (Gt)

$$Gt = w / a_t$$

$$w = 60,47 \text{ lb/jam}$$

$$a_t = 0,0232 \text{ ft}^2$$

$$Gt = 2604,03 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$\text{Re}_s = Gt \times D / \text{miu dimana}$$

$$Gt = 2604,03 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,0652 \text{ ft (Tabel 10 Kern halaman 843)}$$

$$\text{Miu} = 0,6003 \text{ lb/ft jam}$$

$$\text{Ret} = 282,69$$

$$jH = 3,6 \text{ (Fig 28 kern hal 838)}$$

Menentukan k dan c pada $t_a = 230 \text{ }^\circ\text{F}$

$$k = 0,2481 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$c = 81,619 \text{ BTU/lb }^\circ\text{F}$$

$$\text{miu} = 0,6003 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 1,4446 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan hio

$$hi = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi t = 62,4016 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan tube wall temperature

$$tw = tc + \frac{\frac{h_o}{\phi_2}}{\frac{h_i o}{\phi_1} + \frac{h_o}{\phi_2}} (Tc - tc)$$

$$tw = 177,3132 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$tw = 353,7926 \text{ K}$$

$$tw = 80,5796 \text{ }^\circ\text{C}$$

Fluida Dingin :

$$\text{FeCl}_2 = 0,819 \text{ cp}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0,004 \text{ cp}$$

$$\text{HCl} = 0,003 \text{ cp}$$

$$\text{Total} = 0,8237 \text{ cp} = 1,9934 \text{ lb/ft jam}$$

Fluida dingin

$$\text{H}_2\text{O} = 0,3436 \text{ cp} = 0,3436 \text{ lb/ft jam}$$

$$\phi t = (\text{miu bahan masuk/miu bahan keluar})^{0,14}$$

$$\phi t = (3,9282 / 1,9934)^{0,14} = 10996$$

Menentukan corrected coefficient

$$h_o = \frac{h_o}{\phi_2} \times \phi_2$$

$$= 118,876 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\phi_s = \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} = (0,6003 / 0,8316)^{0.14}$$

$$= 0,9554$$

Menentukan corrected coefesient

$$h_{io} = \frac{h_{io}}{\phi_s} = 76,246 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Clean Overall coefecient U_c

$$U_c = (h_{io} \cdot h_o) / (h_{io} + h_o) = 46,45$$

$$\text{Design overall coefecient } U_d = 140,0749 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Faktor kotor (maks 0,006 dari water 0,003 + feed 0,003 (Kern hal 846))

$$R_D = \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D} = 0,0144 \text{ jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F/Btu}$$

Menghitung Pressure Drop

Fluida dingin : shell side

$$Re_s = 38,49$$

$$f \text{ (faktor friksi)} = 0,00012 \text{ ft}^2 / \text{in}^2 \text{ (fig 29 Kern hal 839)}$$

$$s = 2,239$$

$$De = 0,6667 \text{ ft}$$

$$N+1 = L/B = 12 \times \text{BWG} / \text{Buffel} = 12 \times 1 / 8 = 1,5$$

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5.22 \cdot 10^{10} \cdot D_e s \phi_s} = 3,687\text{E-}08 \text{ psi}$$

Tube side ;fluida panas

$$Re_t = 282,69$$

$$f = 0,003 \text{ ft}^2 / \text{in}^2 \text{ (fig 29 Kern hal 839)}$$

$$s = 1$$

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5.22 \cdot 10^{10} D_i \cdot \phi_t} = 5,00\text{E-}03 \text{ psi}$$

* **Summary :**

118,87	<i>h outside</i>	76,25
U_c	<i>Calculated</i>	46,45

Ud	<i>Trial</i>	140
Ud	<i>Calculated</i>	140
Rd	<i>Calculated</i>	0.0144
Rd	<i>Required</i>	0,0030
Delta Ps	<i>Calculated</i>	3,69E-08
Delta PT	<i>Calculated</i>	0,0050

17. Heater-4

Fungsi : Memanaskan air proses dari 30 °C ke suhu 110 °C untuk jaket pemanas reaktor

Alat : 1-2 shell dan tube heat exchanger

Shell : Bahan

Tube : Steam

Kebutuhan pemanas adalah 47,8979 kg/jam

Perancangan alat *heater* asam nitrat

Fluida dingin :

Suhu masuk : 30 °C = 86 °F

Suhu keluar : 110 °C = 230 °F

Massa masuk : 47,897 kg/jam = 105,595 lb/jam

Fluida panas : kebutuhan pemanas 63,547 kg/jam

Beban pemanas 16836.371 kJ/jam

Suhu pemanas masuk: 120°C

Suhu pemanas keluar: 100°C

Menentukan spesifikasi alat

Fluida panas (°F)		Fluida dingin (°F)	dT
212 (T1)	<i>Highter temp</i>	248 (t2)	36
86 (T2)	<i>Lower temp</i>	212 (t1)	126

$$dt\ 1 = 108\ ^\circ\text{F}$$

$$dt\ 2 = 212\ ^\circ\text{F}$$

$$dt_2 - dt\ 1 = 90\ ^\circ\text{F}$$

Menghitung *temperature caloric*

$$R = (T_1 - T_2) / (t_2 - t_1) = 0,285$$

$$S = (t_2 - t_1) / (T_1 - t_1) = 0,778$$

Dari Kern halaman 828

Fig 18 HE 1-2 didapatkan $F_t = 0,8$

$$dTLMTD = dT \times F_t = 57,54$$

$$dt_c/dt_h = dt_1/dt_2 = 0,286$$

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2.3 \log \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} \times = 57,54\ ^\circ\text{F}$$

$$t_a = (t_1 + t_2) / 2 = 230\ ^\circ\text{F}$$

$$T_a = (T_1 + T_2) / 2 = 149\ ^\circ\text{F}$$

dengan menggunakan fig 17 (Kern hal 827) diperoleh bilangan API gravity untuk slurry biasanya 30 – 35 dan perbedaan suhu shell adalah 90 °F diperoleh

$$K_c = 0,2 \text{ dan } F_c = 0,2$$

$$T_c = T_2 + F_c (T_1 - T_2)$$

$$T_c = 111,2\ ^\circ\text{F}$$

$$t_c = t_1 + F_c (t_2 - t_1) = 111,2\ ^\circ\text{F}$$

Menghitung viskositas fluida dingin 30 °C

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2 \text{ suhu masuk fluida } 30^\circ\text{C} = 303\ \text{K}$$

Komponen	A	B	C	D	Miu (cp)	
Air	-10,2158	1,79E+03	1,77E-02	-1,26E-05	0,803	Yaws
Total					0,803	

Menghitung viskositas steam masuk

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2 \text{ suhu masuk fluida } 110^\circ\text{C} = 383\ \text{K}$$

Komponen	A	B	C	D	Miu (cp)	
Air	-10,2158	1729.5	0,01773	-0,00001	0,248	Yaws

Harga konduktivitas thermal : k (BTU/jam ft°F)

Fluida dingin

Komp	A	B	C	k (W/m K)	k (BTU/jam m ft °F)	X	k . x (BTU/jam ft°F)
H ₂ O	-0,2758	4,61E- 03	-5,5E- 06	0,62	0,354	0,35	0,35
Total							0,35

Sumber = Yaws

Fluida panas

$$k = A + BT + CT^2$$

$$T = 383 \text{ K}$$

Komp	A	B	C	k (W/m K)	k (BTU/jam ft °F)	X	k . x (BTU/jam ft°F)
H ₂ O	- 0,2758	0,0046 1	-5,539 10 ⁻⁶	0,678	0,3918	1	0,39181

Sumber = Yaws, 1991

Specific heats : c (BTU/lb°F) fluida dingin 30°C

Komponen	c (BTU/lb °F)	Cp (J/mol K)	BM
H ₂ O	25,065	1,96E+03	18
Total	25,065		

Fluida panas 120°C

Komponen	c (BTU/lb °F)	Cp (J/mol K)	BM
H ₂ O	81,619	6,39E+03	18

Specific gravity (s)

Fluida dingin

	S	X	s x
H ₂ O	1	1	1

Fluida panas

	S	X	s x
H ₂ O	1	1	1

	Fluida Dingin	Fluida Panas
pcampuran, (lb/ft ³)	1022,5806	945,4387
μ.x (cp)	0,8034	0,2481
k (Btu/jam.ft.oF)	0,354	0.2481
c (Btu/lb.oF)	25,066	81,619
s x	1	1

Untuk heater pemanas steam dan fluida dingin adalah bahan (aq) Kern halaman 840

$$UD = 200 - 700 \text{ BTU/ft}^2 \text{ jam } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Diambil } UD = 200 \text{ BTU/ft}^2 \text{ jam } ^\circ\text{F}$$

$$A = Q / (Ud \times LMTD) = 17762,3714 / (200 \times 57,54) = 2 \text{ ft}^2$$

$$A = 2 \text{ ft}^2$$

$$a'' = 0,3271 \text{ ft}^2 / \text{lin ft (Kern hal 843)}$$

$$L = 3,5 \text{ ft} = 1,0668 \text{ m (ditentukan)}$$

Jumlah tube :

$$Nt = 2$$

Standart = 10 dan 1 pass (kern)

Parameter design dari Tabel 9 Kern halaman 842

Pipa = 1 1/4 in OD tubes

Pitch = 1 9/16 square pitch

Shell side

ID = 8 in (Kern hal 842)

Buffel = 3

Pass (pasang) = 4

Tube side

Number and length = 10
 OD = 1 1/4
 BWG = 8
 Pitch = 1,5625 square pitch
 Passes = 8

Tabel 10 kern halaman 843

	in	ft	m
OD pipe =	1,25	0,1042	0,0318
ID pipe =	0,5320	0,0436	0,0135
Pitch, PT =	1,56	0,1302	1,0668
Panjang pipa, Lt =		3,5	
	in ²	ft ² /ft	m ²
Surface per lin ft, a''t =		0.3271	0.0304
Flow area per tube, a't =	0.8360	0.0058	0.0005

Koreksi Ud

$$A = a'' \times N_t \times L = 0,3271 \times 3,5 \times 10 = 11,4 \text{ ft}^2$$

$$U_d = Q / (A \times \text{LMTD}) = (603291,3012) / (11,699 \times 49,4824) = 26,965 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

Fluida panas : Shell side

$$\text{Flow area (a}_s) = a_s = \frac{ID \cdot C' \cdot B}{144 \cdot P_T} \text{ dimana}$$

$$C' = \text{clearance beetwen tube} = \text{pitch} - \text{OD tube} = 0,3125 \text{ in}$$

$$B = \text{buffel space} = 3 \text{ in}$$

$$P_T = \text{tube pitch} = 1 \text{ in}$$

$$ID = 8 \text{ in}$$

$$a_s = 0,0333 \text{ ft}^2$$

$$\text{Fluks massa melalui shell (G}_s) = G_s = \frac{w}{a_s} \text{ dimana}$$

$$w = 140,0950 \text{ lb/jam}$$

$$a_s = 0,0333 \text{ ft}^2 \text{ bisa dihitung } G_s = 4202,85 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

Menentukan bilangan Reynold

$$G_s = 4202,85 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,1042 \text{ ft (fig 28 Kern 838)}$$

$$\text{Miu} = 1,9442 \text{ lb/ft jam}$$

$$\text{Re}_s = \frac{Gs \cdot D}{\mu} = 4,2$$

$$jH = 4,2 \text{ (fig 28 Kern 838)}$$

Menentukan k dan c pada $t_a = 149 \text{ }^\circ\text{F}$

$$k = 0,3545 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

$$c = 25,0660 \text{ BTU/lb }^\circ\text{F}$$

$$\text{miu} = 1,9442 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 73,75 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan h_o

$$h_o = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_s = 1,8291 \times 4,2 / 0,1042$$

$$= 1,8291 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Fluida dingin : Tube side

$$\text{Flow area } a_t = N_t \frac{a' \cdot t}{144 \cdot n}$$

Dimana :

$$N_t = 10$$

$$a' = 0,8360 \text{ in}^2$$

$$n = 8$$

$$a_t = 0,073 \text{ ft}^2$$

Fluks massa melalui tube (Gt)

$$Gt = w / a_t$$

$$w = 140,1 \text{ lb/jam}$$

$$a_t = 0,0073 \text{ ft}^2$$

$$Gt = 19304,96 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$\text{Re}_s = Gt \times D / \text{miu dimana}$$

$$Gt = 19304,96 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,0436 \text{ ft (Tabel 10 Kern halaman 843)}$$

$$\text{Miu} = 0,6003 \text{ lb/ft jam}$$

$$\text{Ret} = 1401,6$$

$$jH = 3,8 \text{ (Fig 28 kern hal 838)}$$

Menentukan k dan c pada $t_a = 230 \text{ }^\circ\text{F}$

$$k = 0,2481 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$c = 81,619 \text{ BTU/lb }^\circ\text{F}$$

$$\text{miu} = 0,6003 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 1,4446 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan hio

$$h_i = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi = 49,9261 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan tube wall temperature

$$t_w = t_c + \frac{\frac{h_o}{\phi_o}}{\frac{h_i o}{\phi_i} + \frac{h_o}{\phi_o}} (T_c - t_c)$$

$$t_w = 152,4526 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_w = 339,9181 \text{ K}$$

$$t_w = 66,7681 \text{ }^\circ\text{C}$$

Fluida Dingin :

$$\text{H}_2\text{O} = 0,4152 \text{ cp}$$

$$\text{Total} = 0,4152 \text{ cp} = 1,0047 \text{ lb/ft jam}$$

Fluida dingin

$$\text{H}_2\text{O} = 0,4152 \text{ cp} = 1,0047 \text{ lb/ft jam}$$

$$\phi = (\text{miu bahan masuk/miu bahan keluar})^{0,14}$$

$$\phi = (35,0657 / 4,1723)^{0,14} = 1,3472$$

Menentukan corrected coefficient

$$h_c = \frac{h_o}{\phi_s} \times \phi_s = 80,8893 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\phi_s = \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} = (0,6003 / 1,0047)^{0.14} = 0,9304$$

Menentukan corrected coefesient

$$h_{io} = \frac{h_i}{\phi} \times \phi = 11,0252 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Clean Overall coefecient U_c

$$U_c = (h_i \cdot h_o) / (h_i + h_o) = 46,8$$

$$\text{Design overall coefecient } U_d = 26,9650 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Faktor kotor (maks 0,006 dari water 0,003 + feed 0,003 (Kern hal 846))

$$R_D = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} = 0,0157 \text{ jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F/Btu}$$

Menghitung Pressure Drop

Fluida dingin : shell side

$$Re_s = 225,18$$

$$f \text{ (faktor friksi)} = 0,00012 \text{ ft}^2 / \text{in}^2 \text{ (fig 29 Kern hal 839)}$$

$$s = 1$$

$$D_e = 0,6667 \text{ ft}$$

$$N+1 = L/B = 12 \times \text{BWG} / \text{Buffel} = 12 \times 1,25 / 8 = 1,875$$

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5.22 \cdot 10^{10} \cdot D_e s \phi_s} = 4,44264\text{E-}07 \text{ psi}$$

Tube side ;fluida panas

$$Re_t = 1401,6$$

$$f = 0,003 \text{ ft}^2 / \text{in}^2 \text{ (fig 29 Kern hal 839)}$$

$$s = 1$$

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5.22 \cdot 10^{10} D_i \cdot \phi_t} = 6,25\text{E-}03 \text{ psi}$$

* **Summary :**

80,89	<i>h outside</i>	111,03
Uc	<i>Calculated</i>	46,80
Ud	<i>Trial</i>	27
Ud	<i>Calculated</i>	27
Rd	<i>Calculated</i>	0,0157
Rd	<i>Required</i>	0,0030
Delta Ps	<i>Calculated</i>	4,44E-07
Delta PT	<i>Calculated</i>	0,0063

18. Centrifuge

Centrifuge

Fungsi : Memisahkan ferrosulfat dengan filtrat

Dasar pemilihan : sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi

Arus 8 keluar 30°C didapatkan :

p campuran : 1,498 kg/L = 93,537 lb/cuft

Cp campuran : 420,9935 J/molK = 3,0004 J/kgK

Fv campuran : 5084,521 L/jam = 127,11306 cuft/jam = 15,847 galon/menit

Arus 9 keluar 30°C didapatkan :

p campuran : 1,67988 kg/L = 104,871 lb/cuft

Cp campuran : 454,39 J/molK = 2,1306 J/kgK

Fv campuran : 2802,888 L/jam = 70,0722 cuft/jam = 8,736 galon/menit

Arus 10 keluar 30°C didapatkan :

p campuran : 1,2264 kg/L = 73,1067 lb/cuft

Cp campuran : 370,978 J/molK = 14,389 J/kgK

Fv campuran : 2563,565 L/jam = 64,089 cuft/jam = 7,9903 galon/menit

Perhitungan :

Beban masuk = 7618,2821 kg/jam = 16795,43613 lb/jam

p campuran = 93,5375 lb/cuft

Volume bahan = bahan masuk (lb/jam) / p campuran (lb/cuft) = 16795,43613/93,537

Volume bahan = 179,558 cuft/jam = 22,386 gpm

Dari tabel 18-12 Perry halaman 1734 berdasarkan rate volumetric, dipilih spesifikasi :

Spesifikasi :

Bahan : *Stainless Steel 304*

Kapasitas maksimum: 50 gpm

Diameter bowl : 13 in

Speed : 7500 rpm

Centrifugal force : 10400 lbf/ft²

Power motor : 6 HP

Jumlah : 1

19. *Bucket Elevator*

Fungsi : Memindahkan produk dari cooling conveyor ke silo

Tipe : Countinous Discharge Bucket Elevator

Dasar pemilihan : Untuk meminahkan dengan bahan ketinggian tertentu

Perhitungan

Rate massa : 3566,7219 kg/jam = 3,5667 ton/jam

Tinggi bucket : tinggi mixer+ jarak dari dasar = 7,8466 + 1 = 8,8466 m = 29,0243 ft

Pemilihan power (Perry 7ed tabel 21-8)

Kapasitas maksimum : 14 ton/jam

Power pada head shaft : 1 HP

Power tambahan : 0,002 HP tiap hari

Power tambahan : 0,5805 HP

Power total = 1,5805 HP

Efisiensi motor 80%

Power total = 1,9756 HP

Dari Pery 7ed tabel 21-8 sesuai kapasitas dipilih spesifikasi sebagai berikut :

Spesifikasi :

Fungsi : Memindahkan bahan baku NaOH dari silo ke mixer

Tipe : Continous Discharge bucket Elevator

Kapasitas maksimum: 14000 ton/jam

Ukuran : 6 in x 4 in x 4,5 in

Bucket spacing : 12 in

Pusat elevator : 25 ft

Tinggi elevator : 8,8466 m

Ukuran feed (maks) : 0,01905 m

Bucket speed : 57,3223 ft/menit

Putaran head shaft : 10,96 rpm

Lebar belt : 7 in

Power total : 1,9764 HP = 2 HP

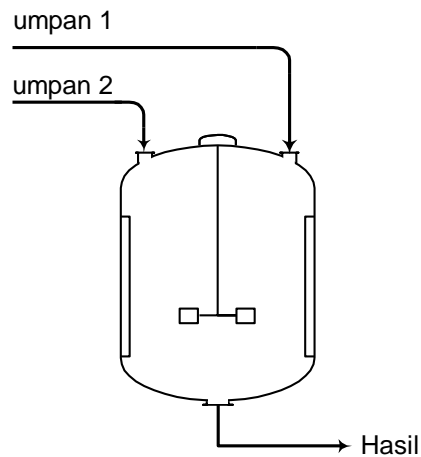
20. Reaktor

Fungsi = Mereaksikan FeCl_2 dengan H_2SO_4

Type = Reaktor Alir Berpengaduk (RATB)

Suhu Operasi = 85°C

Tekanan = 1 atm



Persamaan reaksi kimia :

	FeCl_2	+	H_2SO_4	\rightarrow	FeSO_4	+	2HCl
Mula-mula	25,106299		25,106299				
Reaksi	23,3488		23,3488		23,3488		46,6977
Sisa	1,75744		1,75744		23,3488		46,6877

dengan kecepatan reaksi :

$$(-r_A) = k \cdot C_A \cdot C_B$$

C_A = konsentrasi HCl

C_B = konsentrasi CaCO_3

$$k = 0,046 \text{ L/mol menit}$$

$$(-r_A) = 0,006286 \text{ kmol/jam}$$

Dari perhitungan neraca massa, diperoleh komposisi umpan:

Komponen	Kg/j	Fraksi Massa	Kmol/j
FeCl ₂	3182,248	0,8194	25,1063
H ₂ O	655,8307	0,1689	36,4041
HCl	45,77	0,0118	1,2553
	3883,8493	1,0	

Komponen	Kg/j	Fraksi Massa	Kmol/j
H ₂ SO ₄	2462,4	0,3769	25,1063
H ₂ O	4070,67	0,6231	225,9567

	6533,0740	1,0	
Menghitung waktu tinggal dan volume reaktor			
Komponen	ρ kg/L	X	$F_v = W/\rho$ m ³ /j
FeSO ₄ (s)	3,65	0,3404	971,7475
FeCl ₂	3,199	0,021	69,617
H ₂ SO ₄	1,75	0,0165	98,0376
HCl (l)	0,55	0,016	3128,117
H ₂ O	0,99	0,45	4752,4965
		1	9020,0158

Kecepatan volum, $F_v = 9020,015$ L/jam

Rapat massa campuran, = 1,8853 kg/L

$\rho = 0,9945$ kg/L

$$C_{Ao} = \frac{25,106}{9020,01} = 0,00278 \text{ kmol/L}$$

$$C_{Bo} = \frac{25,106}{9020,01} = 0,00278 \text{ kmol/L}$$

$$C_a = 0,00278 * (1 - 0,93) = 0,0001948 \frac{\text{kmol}}{\text{L}}$$

$$C_b = 0,00278 * (1 - 0,93) = 0,0001948 \frac{\text{kmol}}{\text{L}}$$

$$V = F_v \times C_{Ao} X_a / (-r_a)$$

$$= 9020,0158 \times 0,0278 \times 0,093 / 0,00628$$

$$= 3714,141 \text{ L/jam}$$

$$T = 2,06 \text{ jam}$$

$$= 122,4 \text{ menit}$$

$$= 7322 \text{ sekon}$$

Neraca Massa Masuk reaktor

Arus 1

Komponen	kg/jam	x	BM	kmol/jam	C_p 358.15	$C_p \cdot x$	BM.x	P 358.15	x.p(kg/L)
FeCl ₂	3182,2486	0,8194	127	25,1063	3019,1297	2473,7369	103,8540	3,1998	2,6217

H ₂ O	655,8307	0,1689	18	36,4041	4508,1205	761,2457	3,0421	0,9945	0,1679
HCl	45,7700	0,0118	36	1,2553	7024,8604	82,7858	0,4297	0,5589	0,0066
Total	3883,8493	1				3317,7685	107,257		2,7963

$$= 2,7983 \times 1000$$

$$= 2798,3 \text{ kg/m}^3$$

Arus 4

Komponen	kg/jam	x	BM	kmol/jam	Cp 358.15	Cp.x	BM.x	p 358.15	x.p(kg/L)
H ₂ SO ₄	2462,4008	0,3769	98	25,1063	5178,3840	1951,8005	36,9673	1,7896	0,6745
H ₂ O	4070,6732	0,6231	18	225,9567	4508,1205	2808,9511	11,2251	0,9945	0,6197
Total	6533,0740	1				4760,7515	48,1923		1,2942

$$= 1,2942 \times 1000$$

$$= 1294,2 \text{ kg/m}^3$$

$$V \text{ total bahan masuk (V}_0) = 22965,1940/174,5648$$

$$= 131,5566 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 3,7257 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Neraca Massa Keluar Reaktor

Komponen	kg/jam	X	BM	kmol/jam	Cp 358.15	Cp.x	BM.x	p 358.15	x.p(kg/L)
FeSO ₄		0,3404		23,348		449,44948	51,723464		1,2427
(s)	3546,878	9	151,908	85	1320	81	3	3,65	95933
		0,0213		1,7574		64,561641	2,7104674	3,1997565	0,0684
FeCl ₂	222,7574	841	126,751	40	3019	88	3	31	24201
		0,0165		1,7574		85,686358	1,6229063		0,0290
H ₂ SO ₄	172,3680	469	98,079	40	5178,3	17	6	1,7582	92505

				47,953		1179,0773	6,1197327		0,0938
	0,1678								
HCl (l)	1748,412	435	36,46094	03	7024,8	42	1	0,5589	13542
		0,4537		262,36		2045,4844	8,1741327	0,9945307	0,4512
H2O	4726,503	33	18,01528	08	4508,1	64	8	4	51733
						3824,2592			1,8853
Total	10416,920	1				94	70,507035		77913

$$= 1,88537 \times 1000$$

$$= 1885,3779 \text{ kg/m}^3$$

$$V \text{ keluar total} = 22965,14283/198,498$$

$$= 115,696 \text{ cuft/jam}$$

$$= 3,276 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Terjadi perubahan densitas karena perubahan mol

$$\text{Rho campuran masuk} = 2798,3 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Rho campuran keluar} = 1885,3779 \text{ kg/m}^3$$

Menghitung Konsentrasi Umpan n_{AO}/Fv

$$\text{Konsentrasi (H}_2\text{SO}_4\text{)(CaO)} =$$

$$= 25,11/3,73$$

$$= 6,74 \text{ kmol/m}^3$$

$$\text{Konsentrasi (FeCl}_2\text{)(CbO)} = \frac{n_{BO}}{Fv}$$

$$= 25,11/3,73$$

$$= 6,74 \text{ kmol/m}^3$$

$$C_c = 7,16109 \text{ kmol/m}^3$$

Perbandingan konsentrasi reaktan adalah

$$M = \frac{C_{BO}}{C_{AO}}$$

$$= 1$$

Kinetika rekasi

Perbandingan konsentrasi awal (masuk reaktor) $H_2SO_4 : FeCl_2 = 1 : 1$

$$\text{Harga } k = 0,046 \text{ m}^3/\text{kmol menit} = 2,76 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

Karena prosesnya kontinyu maka dirancang dengan menggunakan beberapa reaktor (RATB) dipasang seri dan volume masing-masing reaktor sama. Asumsi-asumsi dalam perhitungan ini:

1. Pengadukan sempurna sehingga konsentrasi keluar reaktor sama dengan konsentrasi dalam reaktor
2. Kecepatan volumetric (F_v) masuk reaktor sama dengan kecepatan volumetric keluar Reaktor

Optimasi Reaktor

Tujuan optimasi : mendapatkan jumlah dan volume optimal ditinjau dari harga reaktor

$$F_v = \text{konstan}$$

$$F_{v0} = F_{v1} = F_{v2} = F_{vn} \quad (\text{FOGLER, 2006, HAL55})$$

Persamaan neraca massa :

Rate of input - (Rate of output + Rate of reaction) = Rate of accumulation

$$F_v \cdot C_{A0} - (F_v \cdot C_{A1} + (-r_A) \cdot V) = 0 \text{ (steady state)}$$

$$F_v (C_{A0} - C_{A1}) = (-r_A) \cdot V$$

$$(-r_A) = k C_A C_B,$$

di mana:

$$C_A = C_{A0} - C_{A0} \cdot X_A,$$

$$C_B = C_{B0} - C_{A0} \cdot X_A$$

sehingga:

$$V = \frac{\pi D^2 H}{4}$$

$$(-r_A) = k \cdot (C_{A0} - C_{A0} \cdot X_A) \cdot (C_{B0} - C_{A0} \cdot X_A)$$

$$(-r_A) = k.C_{A0} \cdot (1 - X_A) \cdot (M.C_{A0} - C_{A0} \cdot X_A)$$

$$(-r_A) = k.C_{A0}^2 \cdot (1 - X_A) \cdot (M - X_A)$$

di mana:

$$C_{B0} = M.C_{A0}$$

$$V = \frac{F_v (C_{A0} - C_{A1})}{(-r_A)}$$

Volume sebelum optimasi

Diketahui dimana

$$CaO = 6,74 \text{ kmol/m}^3$$

$$K = 0,046 \text{ m}^3/\text{kmol menit}$$

$$M = 1$$

$$F_v = 3,277 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$x = 93\%$$

$$\tau = 122,4 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} V &= F_v \times \tau \\ &= 3,38 \times 2,04 \\ &= 6,684 \text{ m}^3 \\ &= 6684 \text{ L} \end{aligned}$$

Faktor keamanan 20%

8020 L

Vse Alat:

Volume =reaktor

Jika D=H maka:

Keterangan: D= Diameter vessel, ft

V= Volume vessel, cuft

H= Tinggi vessel, cuft

Dengan formed dead. Untuk P operasi 15-200 pasig, dipilih bentuk:

(Brownell, 1959: 88) torispherical dished head

$$V_{to} = 0,000049 D^3$$

$$V \text{ sebuah head} = (V_{to})$$

$$V \text{ kedua reaktor } (V_i) = \text{Volume shell} + \text{Volume head}$$

Menghitung diameter reaktor $D=H$

$$V \text{ reaktor} = V \text{ shell} + V \text{ thorispherical}$$

$$= 8,02 \text{ m}^3$$

$$= 283,2558 \text{ cuft}$$

$$V \text{ shell} = 0,25 \times 3,14 \times (7,12 \text{ ft}^2) \times 7,12 \text{ ff}$$

$$= 283,2205 \text{ cuft}$$

$$V \text{ thorispherical} = 0,000049 \times D^3$$

$$283,2558 = 0,79 \times D^3$$

$$D^3 = 360,79$$

$$D = 7,12 \text{ ft} = 85,43 \text{ in}$$

Karena $D=H$ maka

$$H = 7,12 \text{ ft} = 85,45 \text{ in}$$

Menghitung volume dan jumlah cairan dalam shell

$$\text{Volume cairan} = \text{volume reaktor sebelum overdesign} = 6,684 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume head dasar} = 0,000049 D^3 = 0,0005 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume cairan di shell} = \text{volume cairan} - \text{volume head dasar} = 6,683 \text{ m}^3 = 236,003 \text{ cuft}$$

$$ZL = 1,808 \text{ m}$$

$$= 5,932 \text{ ft}$$

Menentukan tekanan design

P operasi 1 atm

$$P \text{ hidrostatik} = \rho_{camp} \times g \times H = 5,93 \text{ pa}$$

Faktor keamanan 20%

$$P \text{ design} = 17,64 \text{ psia}$$

Menentukan tebal sheel (ts)

Dirancang menggunakan stainless steel SA-type 167 (tipe 304)

$$ts = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C \quad (\text{Pers. 13.1, Brownell \& young, 1959; hal 254})$$

Dalam hubungan ini:

$$Ts = \text{tebal shsell, in} = 0,1723 \text{ in}$$

$$R = \text{jari-jari } -1/2 \text{ D reaktor} = 42,71 \text{ in}$$

$$\text{Efisiensi pengelasan} = 0,84 \text{ double welded}$$

$$\text{Faktor korosi} = 0,125$$

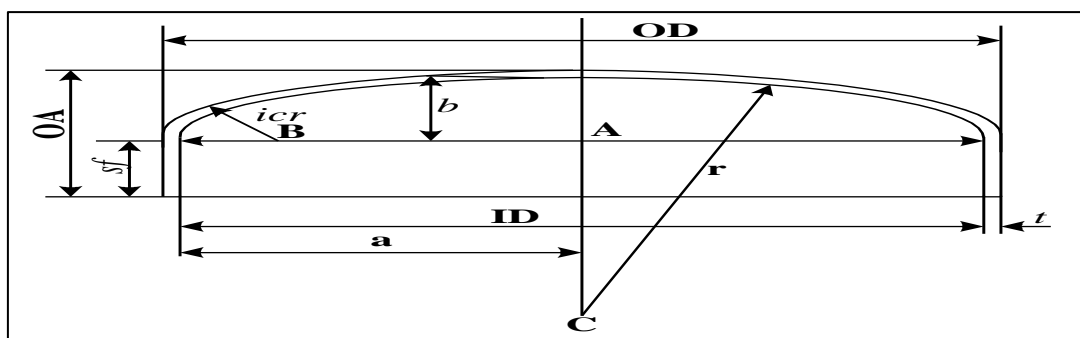
$$\text{Tegangan yang diizinkan} = 187450 \text{ psi (Brownell, hal 342)}$$

Standarisasi OD

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{ID} + 2ts \\ &= 85,43 + 2 \times 0,1875 \\ &= 85,8 \end{aligned}$$

$$\text{Icr} = 3 \frac{5}{8}$$

Perancangan Head Tangki



Menentukan dimensi tutup atas dan bawah

$$\text{th} = \frac{P \cdot rc \cdot W}{(2 \cdot f \cdot E - 0,2 \cdot P)} + C$$

th = Tebal head = 0,1837 in

W = Faktor intensifikasi stress

f = Allowable Stress = 18750 psi

E = Joint efficiency = 0,85

C = factor korosi = 0,125

P = tekanan Desain = 17,6409 psi

Tebal standar 3/16

Untuk tebal standar 3/16 maka:

$$\text{sf} = 1(1/2) - (2(1/4))$$

Dipilih sf = 2

(Brownswll page 94)

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right) = 1.767$$

$$AB = (ID/2) - icr = 39,09 \text{ in}$$

$$BC = rc - irc = 56,38$$

$$b = 19,38$$

$$OA = \text{th} + b + \text{sf} = 21,56$$

Jadi tinggi dished head = 21,56 in

Total cairan = (ZLs-OA)

$$= 4,14 \text{ ft}$$

Tinggi reaktor total = tinggi silinder + (2x tinggi head)

$$= 10,712 \text{ ft}$$

$$= 128,549 \text{ in}$$

$$= 3,26 \text{ m}$$

Perancangan Pengaduk

Dipakai impeller jenis turbin dengan 3 buah blade

Diameter impeller (D_a) = $1/3$ diameter shell

Lebar blade (W) = $0,2$ diameter impeller

Panjang blade = $0,25$ x diameter impeller

Perbandingan (Mc. Cabe Page 243)

$$D_a/D_t = 1/3$$

$$E/D_a = 1$$

$$L/D_a = 1/4$$

$$W/D_a = 1/8$$

$$J/D_t =$$

Penentuan putaran pengadukan

$$V = \rho \times D_a \times N$$

Untuk *Three blade propeller agitator* : kecepatan pengadukan tinggi 400-1750 rpm digunakan untuk senyawa dengan viscositas rendah (geankoplis page 141)

$$N = 400 \text{ rpm}$$

$$D_a = 2,37 \text{ ft} = 0,72 \text{ m}$$

$$V = 3,14 \times 0,72 \times 400$$

$$= 908,45 \text{ m/menit}$$

Penentuan jumlah pengaduk

Jumlah impeller = 2

Menghitung jarak pengaduk

Viscositas

KOMPONE N	A	B	C	D		x	$\mu \cdot x$
FeSO4 (s)	- 1.29E+00	9.30E+02	6.23E- 12	-3.08E- 15	20.322539 9	0.3405	6.9197
FeCl2					1.8612000	0.0214	0.0398
H2SO4	- 1.87E+01	3.50E+03	3.31E- 02	-1.70E- 05	5.2724269	0.0214	0.1127
HCl (l)	- 1.52E+00	1.95E+02	3.07E- 03	-1.38E- 05	0.02300	0.0165469	0.0003806
H2O	- 1.02E+01	1.79E+03	1.77E- 02	-1.26E- 05	0.3251781	0.1678435 3	0.0545790
Total					27.8043	0.5677	7.12717

Viscositas = 7,127

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot N \cdot D_i^2}{\mu m} = 1555914,785$$

Tebal baffle = $J/Dt = 0,0833$

Dari fig. 8.8 rase, diperoleh harga N_p sebesar : 5,5

Besarnya daya yang dibutuhkan untuk pengadukan :

P=

$$3.52 \times 10^{-3} \times N_p \times \left[\frac{\rho}{62,43} \right] \times \left[\frac{N}{60} \right]^3 \times \frac{D_i^5}{12}$$

Dimana

P = daya Pengadukan (HP)

N = Kecepatan pengadukan (rpm)

ρ = Desntas slurry (lb/cuft)

$P = 17,47$ HP

Untuk perancangan motor pengaduk ditambah 10% dan 0,5 HP :

Sehingga $P = 19,7$ HP

$= 14,7061$ kW

Desain Jacket Pemanas

$Q = 167462,8544$ kJ/jam

Pemanas yang digunakan adalah air (H₂O) dengan suhu masuk 120°C dan suhu keluar 100°C

T masuk 120 °C

T keluar 100 °C

$Q = 752,116$ Kj/jam

$C_p = 0,715$ kJ/kmol

Kebutuhan pemanas (m) = $Q / C_p \cdot \Delta T$

$= 19830,63$ lbm/jam

Menentukan spesifikasi alat

Suhu keluar reaktor 84,96 °F

Fluida panas °F		Fluida dingin °F
184.93	Higher temp	248.00
184.93	Lower temp	212.00

63.07

27.07

$T_1 = 248$ °F

$T_2 = 212$ °F

$\Delta t_2 = 63,07$ °F

$t_1 = 184,93$ °F

$t_2 = 184,93$ °F

$\Delta t_1 = 27,01$ °F

$$\Delta t_2 - \Delta t_1 = 36 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$2.3 \log \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right) = 42,61 \text{ }^\circ\text{F}$$

Untuk fluida air UD : 250-500 BTU/ft². °F.jam

(Table 8. Kern. 1969 : 840) diambil harga UD = 200

Luas permukaan transfer panas

$$A = Q / U_d \times \text{LMTD} = 20,73 \text{ ft}^2$$

Luas tangki reaktor = $\pi \times D \times H$

$$= 159,14 \text{ ft}^2$$

Luas Penampang = $\pi/4 D^2$

$$= 39,8 \text{ ft}^2$$

Luas = 198,92 ft²

Karena Luas permukaan transfer panas < dari Luas Tangki Reaktor maka dipilih pendingin jaket pemanas

Menghitung jaket pemanas

Jumlah air pemanas = 47,897 kg/jam

Rho air pada suhu kamar = 0,999 kg/L

Vair = m/rho = 47,945 L/jam

Diameter jaket (D1) = diameter dalam + (2*tebal dinding) = 2,16 m

Tinggi jaket = tinggi tangki = 3,26 m

Asumsi jarak jaket = 5 in

Diameter luar jaket (D2) = D1 + (2 x jarak jaket) = 2,423 m

Luas yang dilalui pemanas (A) =

$$A = \pi/4(D2 \text{ kuadrat} - D1 \text{ kuadrat}) = 1419,71 \text{ in}^2$$

Kecepatan superficial pemanas (V)

$$V = V \text{ pendingin} / A = 0,05 \text{ m/jam}$$

H jaket = 128,55 in = 3,265 m

$$P_h = \rho \times g \times h = 31,966 \text{ kg/m}^2 = 4,41 \text{ psia}$$

Factor kelonggaran (fa) = 20%

$$P \text{ desain} = (1 + f_k) \times (P_h + 14.7) = 22,9387 \text{ psia}$$

Menghitung tebal jaket

Dari persamaan. 13.1 hal 254; Brownell, 1979 :

$$t_{\min} = \frac{P r_i}{f E - 0,6 P} + C$$

dengan :

t_{\min} = tebal shell minimum; in

P = tekanan jaket ; psi

r_i = jari-jari jaket ; in ($\frac{1}{2} D$)

C = faktor korosi ; in (digunakan 0,125 in)

E = faktor pengelasan, digunakan double welded, E = 0,8

f = stress allowable

Bahan yang digunakan adalah stainless steel (SA-167) type 304 didapat:

Allowable stress (f) = 18750 psi

$r_i = D/2 = 42,71$ in

$r_i = 3,55$ ft

$t_{\min} = 0,19$ in

dirancang $\frac{1}{4}$ in

21. Pompa

Type : *Centrifugal Pump*, karena :a. Konstruksinya sederhana, harganya relatif murah dan banyak tersedia di pasaran

Biaya perawatan paling murah dibandingkan dengan tipe pompa yang lain

Bahan : *Stainless Steel*

Rate masuk = 3883,849266 kg/jam

Rate volumetrik (Q) = (100%+overdesign)*(100%+factor keamanan)*Q_f

= (100%+20%)*(100%+20%)*6,0589

= 0,0195 ft³/s

= 8,7249 gpm

Diperkirakan aliran fluida turbulen ($NRe > 2100$), sehingga digunakan persamaan

untuk $D_i \geq 1$ in, yaitu :

$$D_i \text{ opt} = 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \quad (\text{Pers. 45, Peters, hal 365})$$

Dimana :

$D_i \text{ opt}$ = diameter dalam optimum, in

Q = kecepatan volumetric, ft^3/s

ρ = density fluida, lb/ft^3

$$\begin{aligned} D_i \text{ opt} &= 3,9 \times (0,3688^{0,36}) \times (3,02^{0,18}) \\ &= 0,8863 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari Appendix A.5-1 Geankoplis halaman dipilih NPS 3 in sch 40 diperoleh

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

$$ID = 0,957 \text{ in}$$

$$A = 0,718 \text{ ft}^2$$

Menghitung kecepatan linier

Kecepatan linier fluida dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = Q/A$$

Dimana :

v = kecepatan linier aliran fluida, ft/s

Q = laju alir volumetric, ft^3/s

A = inside sectional area, ft^2

$$V = 0,0103/0,05$$

$$= 2,7089 \text{ ft}/\text{s}$$

$$= 0,826 \text{ m}/\text{s}$$

Menghitung Reynold Number (Nre)

$$Nre = \rho v D/\mu$$

Dimana :

ρ = densitas cairan (lb/ft^3)

v = kecepatan linier (ft/s)

D = diameter dalam pipa (ft)

μ = viskositas (lb/ft s)

$$\begin{aligned} Nre &= (0,11 \times 2,7089 \times 176,0749) / 0,002 \\ &= 25847,7079 \text{ (asumsi aliran turbulen benar)} \end{aligned}$$

Neraca Tenaga

Tenaga mekanik teoritik dihitung dengan pers Bernauli

$$\frac{\Delta v^2}{2 \cdot g_c} + \frac{\Delta z \cdot g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F = -W_f \quad (\text{Peters, hal 486})$$

Dimana :

Dv = beda kecepatan linier fluida

a = faktor koreksi terhadap tenaga kinetis s²/lb

gc = faktor koreksi = 32174 lb ft/ lbf s²

Dz = beda elevasi

g = konstanta gravitasi m/s²

p = densitas fluida lb/cuft

SF = total friksi pada sistem pemipaan

-Wf = Total head

Menghitung velocity head

Velocity head = $v^2 / 2 g_c$, dimana

g = 9,8 m/s

v = 0,8257 m/s

maka velocity head = 0,0348 m = 0,1140 ft

Menghitung static head Static head = $\frac{\Delta z g}{g_c}$

Tinggi cairan dalam shell = 1 m = 3,2808 ft

Tinggi cooler = 30,419 ft

Delta z = 27,1389 ft = 8,2719 m

Menghitung pressure head

Tekanan luar 1 atm

Tekanan dalam silo 1 atm

Pressure head = $\Delta P / \rho = 0$

Menghitung friction head

$NRe = 25847,7079$

ID = 0,9570 in, diperoleh :

Relative Roughness $\epsilon/D = 0,002$ (Grafik 126 Brown halaman 141)

$f = 0,006$ (Grafik 125 Brown halaman 140)

Komponen		Jumlah	Le/D		L atau Le
			ft	m	m
Pipa Lurus	Horizontal	3.0000	18.3727	5.6000	16.8000
	Vertikal	3.0000	18.3727	5.6000	16.8000
Fitting	Standar Elbow 90°	4.0000	41.01	12.5000	50.0000
	Check Valve	1.0000	49.21	15.0000	15.0000
	Gate Valve (fully open)	1.0000	1.20	1.2000	1.2000
Total					99.8000

Sumber : Coulson Richardson Halaman 203

Panjang ekuivalen pipa ($L + Le$) = 99,8 m = 327,43 ft

$$\sum F = \frac{f * (L + Le) * V^2}{2 * g * ID} \quad \text{Dimana}$$

f = faktor friksi = 0,006

V = kecepatan linier fluida = 2,7089 ft/s

Le = Panjang ekuivalen = 327,4278 ft

gc = faktor konversi = 32174 lb ft / lbf s²

D = diameter dalam pipa = 0,0798 ft

$$\Sigma F = 0,0028 \text{ ft lbf / lbm}$$

$$= 0,0009 \text{ m}$$

Menghitung total head

$$(-W_s) = \frac{\Delta P}{\rho * g} + \Delta z + \frac{\Delta V^2}{2 * g} + \Sigma F$$

$$-W_s = 8,3076 \text{ m} = 27,2558 \text{ ft}$$

$$Q = 1,377 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Total head = 8,3 m = 327,0693 in = 27,2558 ft (Grafik 5.6 Coulson Hal199)

Diperoleh jenis pompa : Centrifugal single stage 3500 rpm

Menghitung Pompa Teoritis

Tenaga pompa dapat dicari dengan persamaan

$$\text{BHP teoritis} = \frac{Q \cdot -W_f \cdot \rho}{550}$$

Diketahui :

$$Q = 0,0195 \text{ cuft/s}$$

$$-W_f = 8,3076 \text{ 58 ft}$$

$$p = 176,0749 \text{ lb/cuft}$$

sehingga

$$\text{BHP Teoritis} = 0,0517 \text{ HP}$$

Menghitung tenaga pompa actual

$$\text{BHP teoritis} = 0,0517 \text{ HP}$$

$$\text{Kapasitas pompa} = 6,0589 \text{ gpm}$$

Efisiensi centrifugal pump 0,2 (Grafik 12-17 Peters hal 516)

$$\text{BHP actual} = \text{BHP teoritis} / \text{efisiensi} = 0,0517 / 0,2 = 0,2587 \text{ HP}$$

Menghitung Power Motor

$$\text{BHP actual} = 0,2587 \text{ HP}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 80\%$$

$$\text{Power motor} = \text{BHP pompa} / \text{efisiensi motor}$$

Power motor = 0,2587 HP = 241,1075 watt

Standar NEMA = 1 HP

Menghitung Specific Pump Speed

$$N_s = \frac{N * Q^{0.5}}{(h)^{0.75}} \quad (\text{Pers 5.1 Coulson})$$

N = 3500 rpm (Grafik 5.6 Coulson hal 200)

Q = 6,0589 gpm

h = 27,2558 ft

N_s = 722,2240 rpm

Menurut Coulson and Richardson impeller pompa dapat dipilih berdasarkan Specific Speednya jika :

1. N_s = 400 – 1000, dipilih Radial Flow Impellers
2. N_s = 1000 – 7000 dipilih Mixed Flow Impellers
3. N_s > 7000 dipilih Axial Flow Impellers

Sehingga untuk pompa dengan N_s = 722,2240 rpm digunakan pompa jenis Radial Flow Impellers

Spesifikasi Pompa

Jenis : Centrifugal Single Stage 800 rpm

Impeller : Radial Flow Impellers

Driver : Motor electric 1 HP