

---

---

## BAB IX

### KESIMPULAN

#### 4.1 Kesimpulan

Pabrik asam fosfat secara batch dengan kapasitas 100.000 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 relative baik yaitu:

Tabel 33. Analisis kelayakan ekonomi

| No. | Analisis kelayakan | Kriteria         | Hasil perhitungan  |
|-----|--------------------|------------------|--------------------|
| 1   | Laba sebelum pajak |                  | 127.416.347.852,32 |
|     | Laba sesudah pajak |                  | 89.191.443.496,62  |
| 2   | ROI sebelum pajak  | Minimum 11%      | 39,95 %            |
|     | ROI sesudah pajak  |                  | 27,97%             |
| 3   | POT sebelum pajak  | Maksimum 5 tahun | 2,0016             |
|     | POT sesudah pajak  |                  | 2,634              |
| 4   | BEP                | 40%-60%          | 45,472%            |
| 5   | SDP                |                  | 21,151%            |
| 6   | DCF                |                  | 7,9%               |

## 4.1 Data perhitungan

### 1. Perancangan mixer

Fungsi : Mencampurkan batuan fosfat dengan penambahan air proses

Type : Silinder vertical dengan head dan bottom berbentuk torispherical

Bahan konstruksi : *Bahan stainless steell plate SA-167 type 304*

Kondisi operasi : T = 30 °C dan P = 1 atm

Menghitung viskositas

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2 \quad (\text{Yaws, 1999 hal 501})$$

| Komponen   | Cp     |
|--|--------|
| CaF <sub>2</sub> .3Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> | 0,3666 |
| CaO  | 0,5848 |
| CO <sub>2</sub>  | 0,0563 |
| SO <sub>3</sub>  | 1,4479 |
| SiO <sub>2</sub>   | 0,7789 |
| MgO  | 1,7296 |
| F  | 0,0215 |
| Cl   | 0,3344 |
| Na <sub>2</sub> O  | 0,3266 |
| H <sub>2</sub> O   | 0,825  |
| TOTAL  | 7,2770 |

T masuk : 30 °C

303,15 K

T keluar : 90 °C

363,15 K

Arus 1

p campuran : 2,3988 kg/L

Cp campuran : 118,7347 J/molK = 1,6072 J/kgK

Fv campuran : 2307,64 L/jam

#### Arus 2

p campuran : 0,9967 kg/L

Cp campuran : 377,48 J/molK = 20,9714 J/kgK

Fv campuran : 11107,90 L/jam

#### Arus 3

p campuran : 1,4251 kg/L

Cp campuran : 3789,25 J/molK = 87,5288 J/kgK

Fv campuran : 11653,02 L/jam

#### Perancangan Dimensi Tangki

Total rate volumetrik : 11653,02 L/jam

p campuran : 1,4251 kg/L = 1425,1133 kg/m<sup>3</sup>

waktu tinggal : 1 jam

direncanakan digunakan 1 tangki, sehingga volume tangki 11653,02 L/jam

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

Over design : 20%

Volume tangki : Total Fv / 80%

Volume tangki : 9322,41 L/jam = 9,3224 m<sup>3</sup>/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 hidrostatiknya semakin tinggi

Jenis : Silinder tegak dengan alas dan tutup berbentuk torispherical

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

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

Sehingga ,  $D = H : 2,2815 \text{ m} = 87,8225 \text{ in}$

V head

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

Dimana,

V dish :  $0,000049 D^3$  (brownell halaman 88)

$$: 0,0205 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{sf}} : V_{\text{sf}} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \frac{\text{sf}}{144}$$

$$: 0,6168 \text{ ft}^3$$

Sehingga,

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

$$= 1,2628 \text{ ft}^3$$

$$= 0,0358 \text{ m}^3$$

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

$$= 9,3224 + 0,0358$$

$$= 9,3582 \text{ m}^3$$

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

$$= 0,0179 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume cairan dalam shell} = \text{volume shell} - \text{volume bottom}$$

$$= 9,3045 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi cairan dalam shell} = (4 \times 8,7420) / (3,14 \times 2,23462)$$

$$= 2,2771 \text{ m}$$

$$= 7,4709 \text{ ft}$$

Dengan spesifikasi sebagai berikut :

Diameter shell : 2,2815 m

Tinggi shell : 2,2815 m

Volume shell : 9,3224 m<sup>3</sup>

Volume head : 0,0358 m<sup>3</sup>

Volume mixer : 9,3582 m<sup>3</sup>

Menentukan Tebal Shell

Dirancang menggunakan *stainless steel* 403

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

(Pers 13.1 Brownell and Young 1959)

Dengan :

$t_s$  : tebal shell (in)

$r$  : jari – jari = 0,5

Diameter : 0,5 x 87,9758 = 43,9879 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

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

$$= 0,1706 \text{ in}$$

Digunakan tebal standart 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 dan tekanan 15-200 psi sangat cocok

$P = P$  desain –  $P$  udara luar

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

$$\begin{aligned} OD &= ID + 2 \text{ ts} \\ &= 87,9757 + 2 \times 0,1875 \\ &= 90,1637 \end{aligned}$$

Dari tabel 5-7 Brownell hal 90

OD : 90 in    icr : 5,5 in    r : 90 in

Sehingga,

$$\begin{aligned} w &= \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right) \\ &= 0,8118 \text{ in} \end{aligned}$$

$$th = \frac{P.r.w}{(2.f.E - 0,2.P)} + C \quad (\text{Pers 7.77 Brownell n Young 1959})$$

Dimana,

P : 1,47 psi

r : 90 in

w : 0,8118 in

f : 18750 psi

E : 0,85

C : 0,125

$$\begin{aligned} th &= \frac{P.r.w}{(2.f.E - 0,2.P)} + C \\ &= 0,1284 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipakai tebal standar Brownell hal 350 adalah 3/16 in : 0,1875 in

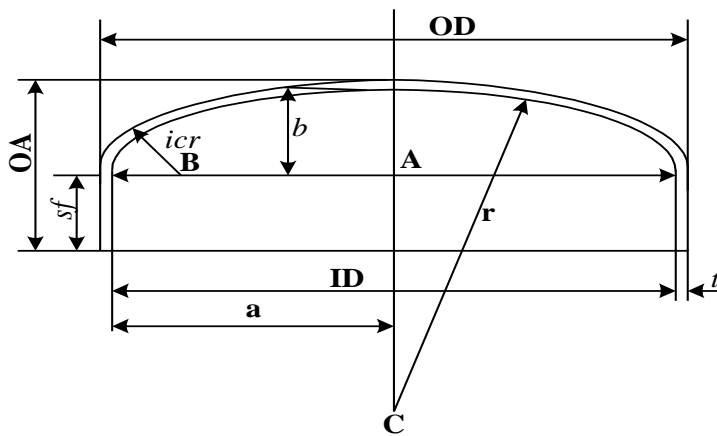
: 0,0048 m

Menentukan Tinggi Mixer Total

Untuk  $th = 3/16$  in dari Tabel 5.6 Brownell n Young hal 88, diperoleh  $sf = 1,5-2$

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

$$\begin{aligned} \text{ID} &= \text{OD} - (2 \times t_s) \\ &= 66 - (2 \times 0,1875) \\ &= 65,6250 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \text{ID}/2 \\ &= 65,6250 : 2 \\ &= 32,8125 \text{ (jari - jari dalam shell)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AB} &= a - \text{icr} \\ &= 32,8125 - 4 \\ &= 28,8125 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BC} &= r - \text{icr} \\ &= 66 - 4 \\ &= 62 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AC} &= (\text{BC}^2 - \text{AB}^2)^{1/2} \\ &= (62^2 - 28,8125^2)^{1/2} \\ &= 54,8985 \text{ in} \end{aligned}$$

$$b = r - \text{AC}$$

$$= 66 - 54,8985$$

$$= 11,1015 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi total head total (OA)} &= sf + b + th \\ &= 13,2890 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi mixer total} &= 2 \times \text{tinggi head total} + \text{tinggi shell} \\ &= 0,6751 + 2,2815 \\ &= 2,9566 \text{ m} \\ &= 116,4008 \text{ in} \end{aligned}$$

Menentukan Jumlah dan Jenis Pengaduk

Dipilih : Turbin karena

1. Memiliki jangkauan viskositas yang sangat luas
2. Pencampuran sangat baik
3. Menimbulkan arus yang sangat 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

(Ludwig,1991 Volume I)

Perbandingan ukuran secara umum:

$$D_i/D_R = 1/3$$

$$E/D_i = 1$$

$$W = D_i/5$$

$$L = D_i/4$$

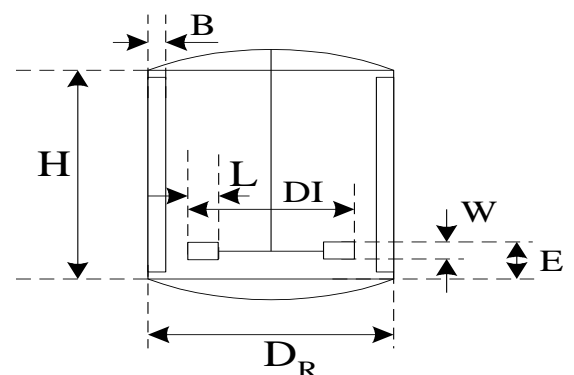
$$B = D_R/10$$

$$\text{Diameter mixer (DR)} : 2,2815 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pengaduk (Di)} : 0,7605 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi pengaduk (W)} : 0,1251 \text{ m}$$

$$\text{Lebar pengaduk (L)} : 0,1901 \text{ m}$$





Lebar Baffle (B) : 0,2281 m

Menghitung jumlah impeller (pengaduk)

WELH adalah Water Equivalen Liquid High

$$\begin{aligned} \text{WELH} &= \text{tinggi bahan} \times \frac{\rho \text{ cairan}}{\rho \text{ air}} \\ &= 2,2771 \times \frac{1425,1133}{995,68} \\ &= 3,2592 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah impeller} &= \text{WELH} / D \\ &= 3,2592 / 2,2815 \\ &= 1,4286 \\ &= 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Putaran pengaduk } N &= \frac{600}{\pi \cdot DI / 0,3048} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 \cdot DI}} \quad (\text{Rase, 1977 hal 345}) \\ &= 112,1067 \text{ rpm} \\ &= 1,8684 \text{ rps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Re } N_{Re} &= \frac{\rho \cdot N \cdot Di^2}{\mu_m} \\ &= 2184661 \end{aligned}$$

Dari grafik 8.8 Rase H.F dengan  $N_{Re} = 2184661$  didapatkan  $N_p = P_o = 5,5$

$$\begin{aligned} P &= \frac{N^3 \cdot Di^5 \cdot \rho \cdot N_p}{550 \cdot g_c} \\ &= 2,7994 \text{ Hp (Efisiensi motor} = 83\% \text{ (Fig 14.38 Peters hal 521))} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya motor} &= \frac{P}{\eta} = 3,3728 \text{ Hp} \\ \text{Over design } 10\% &= 3,7101 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dipilih power standart 5 Hp

Perancangan jaket pemanas

Dari NP arus 3

Kondisi operasi = 90 °C

Suhu setelah reaksi :  $Q = m \text{ cp } \Delta T$

$$\begin{aligned}\Delta T &= Q / m \cdot cp \\ &= 3151556 / (698,45 \times 3789) \\ &= 1,1908 \text{ }^\circ\text{C} \\ \Delta T &= T_2 - T_1 \\ T_1 &= T_2 - \Delta T \\ &= 90 - 1,1908 \\ &= 99,8092 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

a. Menghitung  $\Delta T$  LMTD

$$\text{Suhu fluida di mixer} = 88,8092 \text{ }^\circ\text{C} = 191,856 \text{ F}$$

$$\text{Suhu fluida pemanas masuk} = 110 \text{ }^\circ\text{C} = 230 \text{ F}$$

$$\Delta T \text{ LMTD} = 38,1434 \text{ F}$$

Untuk fluida brine dan air UD : 100-200 Btu/ft<sup>2</sup>·°F.jam

(Tabel 8. Kern, 1969 : 840) diambil harga UD = 200 Btu/ft<sup>2</sup>·°F.jam

b. Menghitung luas transfer panas

$$\begin{aligned}Q \text{ (beban pemanas)} &= 3304638,865 \text{ Kj/jam} \\ &= 3132359,113 \text{ btu/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas transfer panas} \quad A &= \frac{Q}{U_D \Delta T} \\ &= 3132359,113 / (200 \times 38,1434) \\ &= 410,60 \text{ ft}^2 \\ &= 38,145 \text{ m}^2\end{aligned}$$

c. Menghitung luas selubung mixer

$$\begin{aligned}A &= \pi \cdot D \cdot L \\ &= 3,14 \times 2,2815 \times 2,2815 \\ &= 16,34 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Luas transfer panas reaktor > dibandingkan dengan selubung reaktor sehingga digunakan jaket pemanas.

Jenis pemanas yang digunakan adalah pendingin air.

$$\text{Jumlah air} = 831,47 \text{ kg/jam}$$

$$\rho \text{ air pada } 30^\circ\text{C} = 995,68 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} V \text{ air} &= \text{massa} / \rho \\ &= (831,47 \text{ kg/jam}) / (995,68 \text{ kg/m}^3) \\ &= 0,8351 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter dalam jaket (D1)} &= \text{diameter dalam} + (2 \times \text{tebal dinding}) \\ &= 89,8225 + (2 \times 0,1706) \\ &= 90,16 \text{ in} \\ &= 2,2902 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi jaket : tinggi tangki = 2,2815 m

Asumsi jarak jaket 5 in

$$\begin{aligned} \text{Diameter luar jaket (D2)} &= D1 + (2 \times \text{Jarak Jaket}) \\ &= 90,1637 + (2 \times 5) \\ &= 100,1637 \text{ in} \\ &= 2,5442 \text{ m} \end{aligned}$$

Luas yang dilalui pendingin

$$\begin{aligned} A &= \pi/4 (D2^2 - D1^2) \\ A &= \frac{3,14}{4} \times (2,5442^2 - 2,2902^2) \\ A &= 0,9636 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

kec. superficial pendingin

$$\begin{aligned} V &= V \text{ pendingin} / A \\ V &= 0,8351 / 0,9636 \\ V &= 0,8663 \end{aligned}$$

P operasi = 1 atm

$$\begin{aligned} P \text{ hidrostatik} &= \rho \cdot g \cdot h \\ &= 0,00568 \times 9,8 \times 2,2815 \\ &= 3,0751 \text{ psi} \\ &= 0,209 \text{ atm} \end{aligned}$$

Faktor kelonggaran 10 %

$$\begin{aligned} P \text{ design} &= 1,1 ( P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik} ) \\ &= 1,1 ( 1 + 0,209) \\ &= 1,3299 \text{ atm} \end{aligned}$$

Menghitung tebal jaket

$$\frac{P r_i}{f E - 0,6 P} + C$$

Dimana ,

P : tekanan jaket

ri : jari-jari jaket

C : faktor korosi

f : faktor pengelasan

E : stress allowable , 18750

ri = D/2

$$= 89,8225/2$$

$$= 44,9112 \text{ in}$$

$$\text{Tebal jaket} = \frac{P r_i}{f E - 0,6 P} + C$$

$$= 0,1342 \text{ in}$$

Dirancang 3/16 = 0,1875 in

Kriteria

Diameter shell : 2,2815 m

Tinggi shell : 2,2815 m

Vollume shell : 93224 m<sup>3</sup>

Volume head : 0,0358 m<sup>3</sup>

Volume mixer : 9,3582 m<sup>3</sup>

Tinggi mixer total : 2,9566 m

Jenis pengaduk : Turbin dengan 6 blade disk standart

Jumlah pengaduk : 2

Putaran pengaduk : 112,1067 rpm

Power : 5 Hp

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

## 2. Silo batuan fosfat

Fungsi : menyimpan bahan baku batuan fosfat

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

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

1. Tahan lama dan tahan korosi
2. Memiliki kekerasan dan kekuatan yang tinggi (Brownell, hal 342)

NM Arus 1

Kondisi operasi : T = 30°C

P = 1 atm

| KOMPONEN  | INPUT<br>(kg/jam) | P<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Fraksi<br>X | $\rho \cdot x$ |
|---|-------------------|---------------------------|-------------|----------------|
| CaF <sub>2</sub> .3Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) | 2613,148532       | 1315,8                    | 0,472060089 | 621,1366653    |
| 2   |                   |                           |             |                |
| CaO   | 2324,424723       | 3340                      | 0,419902707 | 1402,475041    |
| CO <sub>2</sub>                                       | 183,4367717       | 1010,25                   | 0,033137488 | 33,47714752    |
| SO <sub>3</sub>                                       | 93,45603238       | 1478,4                    | 0,016882647 | 24,95930462    |
| SiO <sub>2</sub>                                      | 200,379659        | 5962,2                    | 0,036198187 | 215,8208316    |
| MgO   | 16,80114068       | 29495,7                   | 0,003035093 | 89,52218303    |
| F   | 57,00214301       | 652,2                     | 0,010297324 | 6,715914618    |
| Cl  | 7,389583589       | 1186                      | 0,001334914 | 1,583207518    |
| Na <sub>2</sub> O                                     | 2,067165657       | 1042                      | 0,000373429 | 0,389113401    |
| H <sub>2</sub> O                                      | 37,52115786       | 996,7                     | 0,006778123 | 6,755754796    |
| TOTAL   | 5535,626909       |                           | 1           | 2402,835163    |

Menentukan  $\rho$  campuran

$$\rho \text{ campuran} = 2402,83 \text{ kg/m}^3 = 150,009 \text{ lb/cuft}$$

$$F_v \text{ campuran} = 2,3038 \text{ m}^3/\text{jam} = 81,357 \text{ cuft/jam}$$

Menentukan kapasitas tangki

Lama penyimpanan = 7 hari

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{13668,08}{2} \\ &= 6834,04 \text{ cuft} \end{aligned}$$

Overdesign 20%

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} + 20\% &= 8200,85 \text{ cuft} \text{ (} < 71354 \text{ cuft termasuk small tank)} \\ &= 232,22 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menghitung dimensi tangki

Menghitung tinggi dan diameter tangki

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

$$\begin{aligned} D &= 21,8607 \text{ ft} \\ &= 262,32 \text{ in} \\ &= 6,66 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= 21,8607 \text{ ft} \\ &= 262,32 \text{ in} \\ &= 6,66 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung tekanan design pada tangki

---

Penentuan tekanan design pada tangki :

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

dimana ;  $P_B$  = tekanan vertikal dasar bejana

$\rho_B$  = bulk densitas bahan, lb/cuft

$\mu'$  = koefisien gesek = 0,35 – 0,55 diambil 0,45 [Mc.Cabe, hal 299]

$k'$  = ratio tekanan normal

$$k' = \frac{1 - \sin \alpha}{1 + \sin \alpha} = 0,334 \quad (\text{sudut} = 30^\circ)$$

$Z_T$  = tinggi total material dalam tangki = 54 x 80% = 43 ft

$r$  = jari-jari bin =  $\frac{1}{2}$  x 18 = 9,0 ft

Dimana :

$$\begin{aligned} Z_T &= H \times 80\% \\ &= 13,641 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\mu = 0,4500$$

$$k = 0,4330$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_B &= 2604,49 \text{ lb/ft}^2 \\ &= 18,08 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tekanan lateral [Mc.Cabe, hal 302]

$$\begin{aligned} P_L &= k.P_B \\ &= 0,4330 \times 18,08 \\ &= 6,0409 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{operasi}} &= P_B + P_L \\ &= 18,08 + 6,0409 \\ &= 24,127 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{design 10\%}} &= 24,127 \times 110\% \\ &= 26,540 \text{ psi} \end{aligned}$$

Menghitung tebal minimum shell

**Menentukan tebal minimum shell :**

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank :

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

dengan :

- $t_{\min}$  = tebal shell minimum; in
- P = tekanan tangki ; psi
- $r_i$  = jari-jari tangki ; in (  $\frac{1}{2}$  D )
- C = faktor korosi ; in (digunakan 1/8 in)
- E = faktor pengelasan, digunakan double welded, E = 0,8
- f = stress allowable, bahan konstruksi stainless steel 316

Dimana :

Densitas cairan = 2402,83 kg/m<sup>3</sup>  
= 150,02 lb/ft<sup>3</sup>

Efisiensi pengelasan = 0,8500

Faktor korosi = 0,1250

Tegangan diizinkan = 35000 psi

D = 262,32 in

r = 131,163 in

Sehingga :

tebal shell = 0,2420 in

dirancang = 0,25

= 0,00635 m

Menghitung tutup bawah , conis

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

dengan  $\alpha = \frac{1}{2}$  sudut conis =  $30^\circ/2 = 15^\circ$

Dimana :

P = 26,540 psi

D = 262,327 in

$2 \cos \alpha = 0,3085$

F = 35000 psi

E = 0,8500

Sehingga :

Tebal conical = 0,8840 in



Dirancang = 1 in

Menghitung tinggi conical

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

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

Dimana :

$$\alpha = 15^\circ$$

$$\tan \alpha = 0,268$$

$$D = 21,860$$

$$m = 1 \text{ ft}$$

Sehingga :

$$h = 2,7953 \text{ ft}$$

$$= 0,8520 \text{ m}$$

Spesifikasi

Volume = 8200,85 cuft

Diameter = 21,8607 ft

Tinggi = 21,8607 ft

Tekanan = 1 atm

Suhu = 30°C

Tebal shell = 0,2421 in

Tebal tutup atas = 0,8840 in

Tebal tutup bawah = 0,8840 in

Tinggi conical = 2,7953 ft

### 3. Tangki asam sulfat

Fungsi : Menyimpan bahan baku asam sulfat

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 :

$$\rho \text{ campuran} = 1991,47 \text{ kg/m}^3 = 124,327 \text{ lb/cuft}$$

$$F_v \text{ campuran} = 11,051 \text{ m}^3/\text{jam} = 290,288 \text{ cuft/jam}$$

Menentukan kapasitas tangki

Lama penyimpanan = 7 hari

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{65568,48}{2} \\ &= 32784,24 \text{ cuft} \end{aligned}$$

Overdesign 20%

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} + 20\% &= 39341,09 \text{ cuft} (< 71354 \text{ cuft termasuk small tank}) \\ &= 114,014 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menghitung dimensi tangki

Menghitung tinggi dan diameter tangki

$$D=1/2H \quad D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

Rumus small tank :

$$\begin{aligned} D &= 36,868 \text{ ft} \\ &= 442,425 \text{ in} \\ &= 11,23 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= 18,834 \text{ ft} \\ &= 221,218 \text{ in} \\ &= 5,61 \text{ m} \end{aligned}$$

Menentukan tinggi cairan tangki

Karena bagian tutup bawah berupa plate, tinggi larutan dapat dihitung sebelum menghitung volume tutupan.

$$\begin{aligned}
 H \text{ larutan} &= \frac{\text{volume larutan dalam tangki}}{1/4\pi D^2} \\
 &= \frac{32784,24}{2512} \\
 &= 13,0515 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Menghitung tebal Plat Shell

$$T_s = \frac{\rho (H-1) x D}{288 x f x E} + C$$

Dimana :

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

$$C \text{ (Faktor korosi)} = 0,125$$

$$f \text{ (Tegangan diijinkan)} = 18750 \text{ psi}$$

$$\rho = 22,495$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 T_s &= \frac{42411,6}{4320000} + 0,125 \\
 &= 0,1348 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Digunakan standar 0,25 in

Menghitung tinggi dan tebal head tangki

$$P \text{ operasi} = 1 \text{ atm}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \rho \times (\text{g/gc}) \times H \text{ cairan}$$

$$= 11,2838 \text{ lb/ft}^2$$

$$= 0,078 \text{ psi}$$

$$= 0,053 \text{ atm}$$

tekanan design 5-10 % diatas tekanan abs

$$P \text{ design} = 1,1 \times (P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik})$$

$$= 1,1583 \text{ atm}$$

Tebal *conical head* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$T_h = \frac{Pd x D}{2 \cos \theta ((f \cdot E) - (0,6 \cdot Pd))} + C$$

$$= (46,3320/27845,16) + 0,125$$
$$= 0,1267 \text{ in}$$

Dipilih tebal standart 0,1875 in

Tinggi conis

Tinggi *Conical Head* dapat dihitung menggunakan rumus aturan tangensial.

$$\tan \theta = Hh/0,5D$$

$$0,4009 = Hh/20$$

$$Hh = 8,0176 \text{ ft}$$

$$= 2,4438 \text{ m}$$

Menghitung tinggi tangki

$$\text{Total tinggi tangki} = H \text{ tutup} + H \text{ tangki}$$

$$= 8,0176 + 18,4344$$

$$= 26,4520 \text{ ft}$$

$$= 8,0626 \text{ m}$$

Spesifikasi

$$\text{Volume} = 1114,014 \text{ m}^3$$

$$\text{Diameter} = 11,23 \text{ m}$$

$$\text{Tebal shell} = \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$\text{Tebal tutup atas} = 0,1875 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi tangki} = 8,06 \text{ m}$$

#### 4. Tangki Asam Fosfat

Fungsi : Menyimpan produk asam fosfat

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 9 diketahui :

$$\rho \text{ campuran} = 1782,33 \text{ kg/m}^3 = 111,2712 \text{ lb/cuft}$$

$$F_v \text{ campuran} = 7,4089 \text{ m}^3/\text{jam} = 261,2460 \text{ cuft/jam}$$

Menentukan kapasitas tangki

Lama penyimpanan = 7 hari

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{43955,48}{2} \\ &= 21977,92 \text{ cuft} \end{aligned}$$

Overdesign 20%

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} + 20\% &= 26737,50 \text{ cuft} (< 71354 \text{ cuft termasuk small tank}) \\ &= 746,813 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menghitung dimensi tangki

Menghitung tinggi dan diameter tangki

$$D=1/2H$$

Rumus small tank :

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

$$\begin{aligned} D &= 32,2676 \text{ ft} \\ &= 387,210 \text{ in} \\ &= 9,8352 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= 16,1338 \text{ ft} \\ &= 193,605 \text{ in} \\ &= 4,9176 \text{ m} \end{aligned}$$

Menentukan tinggi cairan tangki

Karena bagian tutup bawah berupa plate, tinggi larutan dapat dihitung sebelum

menghitung volume tutupan.

$$\begin{aligned}
 H \text{ larutan} &= \frac{\text{volume larutan dalam tangki}}{1/4\pi D^2} \\
 &= \frac{21977,72}{2512} \\
 &= 8,7482 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Menghitung tebal Plat Shell

$$T_s = \frac{\rho (H-1) x D}{288 x f x E} + C$$

Dimana :

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

$$C \text{ (Faktor korosi)} = 0,125$$

$$f \text{ (Tegangan diijinkan)} = 18750 \text{ psi}$$

$$\rho = 22,495$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 T_s &= \frac{42411,6}{4320000} + 0,125 \\
 &= 0,1348 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Digunakan standar 0,25 in

Menghitung tinggi dan tebal head tangki

$$P \text{ operasi} = 1 \text{ atm}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \rho \times (\text{g/gc}) \times H \text{ cairan}$$

$$= 6,7978 \text{ lb/ft}^2$$

$$= 0,0471 \text{ psi}$$

$$= 0,034 \text{ atm}$$

tekanan design 5-10 % diatas tekanan abs

$$P \text{ design} = 1,1 \times (P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik})$$

$$= 1,1374 \text{ atm}$$

Tebal *conical head* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 T_h &= \frac{Pd x D}{2 \cos \theta ((f \cdot E) - (0,6 \cdot Pd))} + C \\
 &= (45,4950/29679,60) + 0,125 \\
 &= 0,1265 \text{ in}
 \end{aligned}$$

---

---

Dipilih tebal standart 0,1875 in

Tinggi conis

Tinggi *Conical Head* dapat dihitung menggunakan rumus aturan tangensial.

$$\tan \theta = Hh/0,5D$$

$$0,4009 = Hh/20$$

$$Hh = 8,0176 \text{ ft}$$

$$= 2,4438 \text{ m}$$

Menghitung tinggi tangki

$$\begin{aligned} \text{Total tinggi tangki} &= H \text{ tutup} + H \text{ tangki} \\ &= 8,0176 + 16,1338 \\ &= 24,1513 \text{ ft} \\ &= 7,3613 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi

$$\text{Volume} = 746,813 \text{ m}^3$$

$$\text{Diameter} = 9,83 \text{ m}$$

$$\text{Tebal shell} = \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$\text{Tebal tutup atas} = 0,1875 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi tangki} = 7,36 \text{ m}$$

## 5. Evaporator

Fungsi : memekatkan larutan asam fosfat

Type : standart vertical tube evaporator

Dasar pemilihan : sesuai untuk proses pemekatan larutan

Perhitungan dari nerca panas

$$Q = 58160 \text{ kJ/jam} = 55125,5 \text{ BTU/jam}$$

$$\text{Suhu masuk} = 80 \text{ }^\circ\text{C} (176^\circ\text{F})$$

$$\text{Suhu keluar} = 110 \text{ }^\circ\text{C} (230^\circ\text{F})$$

$$\Delta T = 36^\circ\text{F}$$

$$UD = 250 \text{ BTU/jam ft}^2\text{F (Kern)}$$

Digunakan 1 buah evaporator sehingga luas perpindahan panas evaporator

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

$$= 6,1250 \text{ ft}^2$$

$$= 0,5690 \text{ m}^2$$

Luas perpindahan panas maksimum 300 m<sup>2</sup> (Ulrich T-47)

Kondisi tube berdasarkan Badger halmana 146 :

Ukuran tube = 4 in

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 in<sup>2</sup> = 0,089 ft<sup>2</sup>

$$Nt = \frac{A'}{a'_t \times L}$$

Jumlah tube =

Jumlah tube = 6,1250 ft<sup>2</sup> / ( 0,089 ft<sup>2</sup> x 4 ft)

$$= 18 \text{ buah}$$

Dimensi evaporator

Luas penampang  $A = Nt \times a't$

$$= 0,0089 \text{ ft}^2 \times 18$$

$$= 1,5312 \text{ ft}^2$$

$$\text{Diameter evaporator} = \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}}$$

$$= 1,3966 \text{ ft}$$

$$= 0,4257 \text{ m}$$

$$= 5,1084 \text{ in}$$

Tinggi evaporator asumsi  $H = 4D$

$$= 5,5866 \text{ ft}$$

$$= 1,7028 \text{ m}$$

Menentukan tebal shell (ts)



Persamaan 13-1 Brownell n Young 1959

Dimana : 
$$ts = \frac{P.r}{(f.E - 0,6.P)} + C$$

r = jari jari

= 0,5 x diameter

= 0,5 x 5,1084

= 15,9062 in

E = 0,85

C = faktor korosi = 0,125

f = tegangan yang diijinkan = 18750 psi

mencari P dalam mixer

P operasi = 14,7 psi

P desain = 1,2 x 14,7

= 17,64 psi

Sehingga, ts bisa dihitung :

ts = 0,1278 in

digunakan standar 3/16 in (Brownell halaman 50)

Tebal conical bawah

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

(Brownell hal 118)

Dimana :

alfa = 30°C

f = 18750 psi (Brownell n Young tabel 13.1)

Sehingga :

tc = 0,2556

digunakan tebal 0,5 in (Brownell hal 50)

Spesifikasi :

Bagian shell

Diameter evaporator : 0,4257 m

Tinggi shell : 1,7028 m

Tebal shell : 3/16 in

Tebal tutup : 1/2 in  
Tube calandria  
Ukuran : 4 in sch 40 standart IPS  
OD : 4,5 in  
ID : 4,0260 in  
Panjang tube : 1,227 m  
Jumlah tube : 18 buah  
Bahan konstruksi : Stainless steel 304  
Jumlah evaporator : 1 buah

### 6. Silo gypsum

Fungsi : menyimpan produk gypsum

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

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

1. Tahan lama dan tahan korosi
2. Memiliki kekerasan dan kekuatan yang tinggi (Brownell, hal 342)

NM Arus 1

Kondisi operasi : T = 30°C

---

*Umul Lailatul Jannah*

21150285D

P = 1 atm

| KOMPONEN   | INPUT<br>(kg/jam) | $\rho$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Fraksi<br>X | $\rho \cdot x$ |
|--|-------------------|--------------------------------|-------------|----------------|
| CaF <sub>2</sub> .3Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> | 532,4290134       | 1263,9                         | 0,022507116 | 28,4467439     |
| CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O                               | 20443,50198       | 1350                           | 0,864198341 | 1166,667761    |
| CaO  | 2324,424723       | 3340                           | 0,09825929  | 328,1860288    |
| MgO  | 16,80114068       | 24545,9                        | 0,000710227 | 17,43314992    |
| Na <sub>2</sub> O  | 2,067165657       | 1042                           | 8,73843E-05 | 0,091054442    |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                     | 4,385422902       | 1746,7                         | 0,000185383 | 0,32380827     |
| H <sub>2</sub> O   | 3,214728574       | 958,4                          | 0,000135895 | 0,130241459    |
| H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>                                     | 128,826269        | 1793                           | 0,005445811 | 9,76433913     |
| SiO <sub>2</sub>   | 200,379659        | 0,6466                         | 0,008460206 | 0,005470369    |
| TOTAL  | 23656,0301        |                                |             | 1551,048597    |

Menentukan  $\rho$  campuran

$$\rho \text{ campuran} = 1551,048 \text{ kg/m}^3 = 96,8444 \text{ lb/cuft}$$

$$F_v \text{ campuran} = 15,2516 \text{ m}^3/\text{jam} = 538,6070 \text{ cuft/jam}$$

Menentukan kapasitas tangki

Lama penyimpanan = 7 hari

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{3770,24}{2} \\ &= 1885,12 \text{ cuft} \end{aligned}$$

Overdesign 20%

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} + 20\% &= 2262,14 \text{ cuft} \text{ (} < 71354 \text{ cuft termasuk small tank)} \\ &= 64,0569 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menghitung dimensi tangki

Menghitung tinggi dan diameter tangki

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

$$\begin{aligned} D &= 14,0324 \text{ ft} \\ &= 170,764 \text{ in} \end{aligned}$$

$$= 4,3374 \text{ m}$$

$$H = 2 \times D$$

$$= 28,4608 \text{ ft}$$

$$= 341,529 \text{ in}$$

$$= 8,8679 \text{ m}$$

Menghitung tekanan design pada tangki

**Penentuan tekanan design pada tangki :**

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

dimana ;  $P_B$  = tekanan vertikal dasar bejana

$\rho_B$  = bulk densitas bahan, lb/cuft

$\mu'$  = koefisien gesek = 0,35 – 0,55 diambil 0,45 [Mc.Cabe, hal 299]

$k'$  = ratio tekanan normal

$$k' = \frac{1 - \sin \alpha}{1 + \sin \alpha} = 0,334 \quad (\text{sudut} = 30^\circ)$$

$Z_T$  = tinggi total material dalam tangki = 54 x 80% = 43 ft

$r$  = jari-jari bin =  $\frac{1}{2} \times 18 = 9,0 \text{ ft}$

Dimana :

$$Z_T = H \times 80\%$$

$$= 22,7686 \text{ ft}$$

$$\mu = 0,4500$$

$$k = 0,4330$$

Sehingga :

$$P_B = 1912,14 \text{ lb/ft}^2$$

$$= 12,336 \text{ psi}$$

Tekanan lateral [Mc.Cabe, hal 302]

$$P_L = k \cdot P_B$$

$$= 0,4330 \times 12,336$$

$$= 4,1204 \text{ psi}$$

$$P \text{ operasi} = P_B + P_L$$

$$= 12,336 + 4,1204$$

$$= 16,4568 \text{ psi}$$

P design 10%

$$= 16,4568 \times 110\%$$

$$= 17,2796 \text{ psi}$$

Menghitung tebal minimum shell

**Menentukan tebal minimum shell :**

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank :

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

dengan :

- $t_{\min}$  = tebal shell minimum; in
- P = tekanan tangki ; psi
- $r_i$  = jari-jari tangki ; in (  $\frac{1}{2}$  D )
- C = faktor korosi ; in (digunakan 1/8 in)
- E = faktor pengelasan, digunakan double welded, E = 0,8
- f = stress allowable, bahan konstruksi stainless steel 316

Dimana :

$$\text{Densitas cairan} = 1551,04 \text{ kg/m}^3$$

$$= 96,844 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Efisiensi pengelasan} = 0,8500$$

$$\text{Faktor korosi} = 0,1250$$

$$\text{Tegangan diizinkan} = 35000 \text{ psi}$$

$$D = 170,704 \text{ in}$$

$$r = 85,382 \text{ in}$$

Sehingga :

$$\text{tebal shell} = 0,1732 \text{ in}$$

$$\text{dirancang} = 0,1875 \text{ in}$$

$$= 0,0047 \text{ m}$$

Menghitung tutup bawah , conis

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

$$\text{dengan } \alpha = \frac{1}{2} \text{ sudut conis} = 30^\circ / 2 = 15^\circ$$

Dimana :

$$P = 17,2796 \text{ psi}$$

$$D = 170,764 \text{ in}$$

$$2 \cos \alpha = 0,3085$$

$$F = 35000 \text{ psi}$$

$$E = 0,8500$$

Sehingga :

$$\text{Tebal conical} = 0,4377 \text{ in}$$

$$\text{Dirancang} = 0,5 \text{ in}$$

Menghitung tinggi conical

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

Keterangan :  $\alpha$  =  $\frac{1}{2}$  sudut conis ;  $15^\circ$   
 $D$  = diameter tangki ; ft  
 $m$  = flat spot center ; 12 in = 1 ft

Dimana :

$$\alpha = 15^\circ$$

$$\tan \alpha = 0,268$$

$$D = 14,2304$$

$$m = 1 \text{ ft}$$

Sehingga :

$$h = 21,7729 \text{ ft}$$

$$= 0,5404 \text{ m}$$

Spesifikasi

$$\text{Volume} = 2262,14 \text{ cuft}$$

$$\text{Diameter} = 14,2304 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi} = 28,4608 \text{ ft}$$

$$\text{Tekanan} = 1 \text{ atm}$$

$$\text{Suhu} = 30^\circ\text{C}$$

$$\text{Tebal shell} = 0,1732 \text{ in}$$

$$\text{Tebal tutup atas} = 0,4377 \text{ in}$$

$$\text{Tebal tutup bawah} = 0,4377 \text{ in}$$

Tinggi conical = 1,7729 ft

### 7. Filter

Fungsi : memisahkan filtrat dan slurry

Type : Standart rotary vacuum filter

Bahan konstruksi : Stainless steel (SA-167) type 304

Kondisi operasi

T = 80°C

P = 1 atm

| Komponen   | Input<br>(kg/jam)  | $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) | X           | BM<br>Kg/kmol | BM camp            |
|--|--------------------|-----------------------------|-------------|---------------|--------------------|
| H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>   | 12882,6269         | 1793                        | 0,346658999 | 98            | 33,97258189        |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>   | 438,5422902        | 1799,2                      | 0,011800748 | 98,08         | 1,157417346        |
| MgO  | 16,80114068        | 25570,7                     | 0,000452102 | 40,3          | 0,018219727        |
| SiO <sub>2</sub>   | 200,379659         | 5439,9                      | 0,005392022 | 60,08         | 0,323952702        |
| CaO  | 2324,424723        | 3340                        | 0,062548016 | 56,08         | 3,507692711        |
| Na <sub>2</sub> O  | 2,067165657        | 1042                        | 5,56254E-05 | 61,98         | 0,003447664        |
| CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O                                   | 20443,50198        | 1350                        | 0,550114816 | 172,17        | 94,7132679         |
| H <sub>2</sub> O total   | 321,4728574        | 965,3                       | 0,008650523 | 18            | 0,155709412        |
| CaF <sub>2</sub> .3Ca <sub>3</sub> (P<br>O <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> | 532,4290134        | 1275,7                      | 0,014327149 | 94,97         | 1,360649294        |
| <b>TOTAL</b>   | <b>37162,24573</b> |                             | <b>1</b>    |               | <b>135,2129386</b> |

$$\begin{aligned} \rho \text{ campuran} &= 1544,704 \text{ kg/m}^3 \\ &= 96,344 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

Rate bahan masuk

$$= 37162,34 \text{ kg/jam}$$

$$= 81928,72 \text{ lb/jam}$$

Flowrate volumetrik (Fv)

$$= \frac{\text{rate bahan masuk}}{\rho \text{ campuran}}$$

Umul Lailatul Jannah

21150285D

---

---

$$\begin{aligned} &= \frac{81928,72}{96,344} \\ &= 849,5794 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,2360 \text{ ft}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Asumsi waktu filtrasi 240 detik

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan} &= \text{Flowrate volumetrik} \times \text{waktu filtrasi} \\ &= 849,5794 \times 240 \\ &= 56,6386 \text{ ft}^3 \\ &= 1,6038 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Spesifikasi

Volume bahan : 1,6038 m<sup>3</sup>

BERDASARKAN BUKU PERRY TABEL 12-27, MAKA DIPILIH :

Kapasitas maximal : 3,5 m<sup>3</sup>

Diameter : 1,2 m

Panjang : 6,1 m

Putaran : 6 rpm

Power : 10 Hp

Bahan : Stainless steel (SA-167) type 304

Jumlah : 1

Tekanan : tekanan vacum, dibawah 0

Bahan penyaring : canvas dengan casing logam

## 8. Rotary Dryer

Fungsi : Meringankan bahan dengan bantuan udara panas

Dasar pemilihan : sesuai untuk pengeringan padatan

Dari neraca massa dan neraca panas :

Feed masuk = 10382,3999 kg/jam = 22889,272 lb/jam

Total panas Q = 779425,27 kJ/jam = 738752,7 BTU/jam

Kebutuhan udara = 29922,153 kg/jam = 65967,069 lb/jam

Allowed mass velocity (G) = 200 - 1000 lb/ft<sup>2</sup> jam

Diambil = 1000 lb/ft<sup>2</sup>jam



$$\begin{aligned} \text{Luas penampang (A)} &= \text{udara masuk/G} \\ &= 65967,069 / 1000 \\ &= 65,9671 \text{ ft}^2 \\ &= 6,1285 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter (D)} &= \text{akar (4 x A /}\pi\text{)} \\ &= 1,3351 \text{ m} \\ &= 4,3801 \text{ ft} \end{aligned}$$

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

$$\text{Suhu bahan keluar} = 110^\circ\text{C} = 230 \text{ }^\circ\text{F}$$

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

$$\text{Suhu udara keluar} = 100 \text{ }^\circ\text{C} = 212 \text{ }^\circ\text{F}$$

LMTD (Log Mean Temperatur Difference)

$$\text{dt 1} = 36^\circ\text{F (dt udara)}$$

$$\text{dt 2} = 144^\circ\text{F (dt bahan)}$$

$$\text{dt2-dt1} = 108^\circ\text{F}$$

$$\text{dt2/dt1} = 4^\circ\text{F}$$

$$\ln \text{ dt2/dt1} = 1,3863$$

$$\text{LMTD} = (\text{dt2-dt1})/\ln(\text{dt2/dt1})$$

$$= 77,9055 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$= 25,5030^\circ\text{C}$$

$$= 298,5030 \text{ K}$$

$$\text{Panjang (L)} = \frac{Qp}{0,125 \cdot \pi \cdot D \cdot Gs^{0,67} \cdot \Delta T \text{ LMTD}}$$

$$= 53,9030 \text{ ft}$$

$$= 16,4293 \text{ m}$$

Kecepatan putaran rotary dryer

Kecepatan linier batasannya 0,25 – 0,5 m/detik, diambil  $v = 0,5$  m/detik

$$N = \frac{V}{\pi \cdot D}$$

Putaran rotary dryer =

$$= 0,0716 \text{ rps}$$

$$= 4,2938 \text{ rpm}$$

Diambil putaran 5 rpm

Flight

Perhitungan berdasarkan Perry 7ed 12-56 ketentuan :

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

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

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

$$D = 1,3351 \text{ m}$$

$$L = 16,4293 \text{ m}$$

Pengambilan data

$$\text{Tinggi flight : } 1/8 D = 0,1169 \text{ m}$$

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

$$\text{Jumlah flight 1 circle : } 3 D = 4,0052$$

$$\text{Total circle} = \text{panjang drum} / \text{panjang flight}$$

$$= 16,4293 / 2$$

$$= 8,2147 \text{ buah}$$

$$= 9 \text{ buah}$$

$$\text{Total flight} = \text{total circle} \times \text{jumlah flight tiap 1 circle}$$

$$= 8,2147 \times 4,0052$$

$$= 32,90 \text{ buah}$$

$$= 33 \text{ buah}$$

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

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

$$= 81,1795 \text{ ft}^3$$

Waktu rerata padatan dalam dryer :

$$F_v = 257,9521 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$t = (\text{hold up} \times \rho \text{ campuran})/\text{feed}$$

$$= 0,3147 \text{ jam}$$

$$= 18,8824 \text{ menit}$$

$$= 1132,94 \text{ detik}$$

Perhitungan tebal shell drum :

Rotary ini dibuat dengan *Stainless stell 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)

$$D = 1,3351 \text{ m}$$

$$= 4,3801 \text{ ft}$$

$$H = 0,16 D$$

$$= 0,2136 \text{ m}$$

$$= 0,7008 \text{ ft}$$

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

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

$$P \text{ dalam rotary} = 16,17 \text{ psi}$$

$$ts = \frac{P \cdot D}{2 \cdot f \cdot e - P} + C$$

$$= 0,1638 \text{ in}$$

$$\text{dirancang } 3/16 \text{ in} = 0,0048 \text{ m}$$

Isolasi

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

$$\text{Diameter dalam rotary} = 4,3801 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter luar rotary} = 4,3809 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter rotary terisolasi} = \text{diameter luar} + 2 \times \text{tebal isolasi}$$

$$\text{Diameter terisolasi} = 4,3809 + 2 \times (4/12)$$

$$= 5,0475 \text{ ft}$$

Berat isolasi dicari dengan

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

$$D_o = \text{diameter luar isolasi} = 4,3809 \text{ ft}$$

Di = diameter dalam isolasi = 4,3801 ft

L panjang isolasi = 53,9020 ft

Density isolasi = 19 lb/cuft

Sehingga :

We = 5,5907 lb

Berat bahan dalam drum

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

Rate massa = 22889,27 lb/jam

Berat bahan = 26322,26 lb/jam

Berat total (W) = 26470,08 lb/jam

Berat lain diasumsikan 15%

maka berat total = 115% x 26470,08

= 30440,59 lb/jam

Perhitungan Power Rotary

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

Dimana :

N = putaran rotary = 4,2938 rpm

d = diameter shell = 4,3801 ft

w = berat bahan = 22889,27 lb

D = d + 2 = 6,3801 ft

W = berat total = 30440,59 lb

Maka didapatkan Hp = 2,0357 HP

Dengan efisiensi motor 80% (Perry 6ed 20-37)

maka P = 3,7046 HP

diambil 4 HP (Standar NEMA)

Spesifikasi

Kapasitas : 10382,3999 kg/jam

Diameter : 1,3351 m

Panjang : 16,4293 m

Tebal shell : 3/16 in

---

*Umul Lailatul Jannah*

21150285D

Tinggi bahan : 0,2002 m  
 Sudut rotary : 1°  
 Waktu : 18,9 menit  
 Jumlah flight : 33 buah  
 Power : 4 HP  
 Jumlah : 1

### 9. Heat Exchanger

Fungsi : Memanaskan asam sulfat dari suhu 30°C ke 90°C

Alat : 1-2 shell dan tube heat exchanger

Shell : Bahan

Tube : Steam

Perancangan Heater

Fluida dingin : Suhu masuk = 30°C

Suhu keluar = 90°C

Massa masuk = 22009,239 kg/jam  
 = 48521,25 lb/jam

Fluida dingin : Suhu masuk = 110°C

Suhu keluar = 90°C

kebutuhan pemanas = 284,2524 kg/jam  
 = 626,658 lb/jam

Beban pemanas = 2064525,289 kJ/jam  
 = 2178074,18 BTU/jam

| Fluida dingin |             | Fluida panas | $\Delta t$ |
|---------------|-------------|--------------|------------|
| 86            | Lower temp  | 194          | 108        |
| 194           | Higher temp | 230          | 36         |
| 108           | $\Delta t$  | 36           |            |

$$T1 = 86 \text{ F} \quad T2 = 184 \text{ F}$$

$$t1 = 230 \text{ F} \quad t2 = 194 \text{ F}$$

$$\Delta t = 65,0169 \text{ F}$$

$$t_a = (t1+t2)/2 \\ = 212 \text{ F}$$

$$T_a = (T1+T2)/2 \\ = 140 \text{ F}$$

$$R = (T1 - T2) / (t2 - t1) = 3$$

$$S = (t2 - t1) / (T1 - t1) = 0,25$$

Dari (D.Q Kern hal 828) Fig. 18, HE 1-2 didapatkan  $F_t : 0,8$

$$\Delta t \text{ LMTD} = \Delta t \times F_t \\ = 65,0169 \times 0,8 \\ \Delta t_c / \Delta t_h = 36/108 \\ = 0,33$$

Dengan menggunakan Fig 17 (D.Q Kern hal 827) dan bilangan api gravity untuk slury biasanya 30-35 diperoleh :

$$K_c = 0,35$$

$$F_c = 0,43$$

$$T_c = T2 + f_c (T1-T2) \\ = 12,6$$

$$t_c = t1 + f_c (t2-t1) \\ = 123,8$$

\*Menghitung densitas

#### FLUIDA DINGIN

| KOMPONEN | Massa | $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) | x | $\rho \cdot x$ |
|----------|-------|-----------------------------|---|----------------|
|----------|-------|-----------------------------|---|----------------|

*Umul Lailatul Jannah*

21150285D

|                                | (kg/jam)    |        |             |             |
|--------------------------------|-------------|--------|-------------|-------------|
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 21927,11451 | 1981,5 | 0,996268595 | 1974,106221 |
| H <sub>2</sub> O               | 82,12539143 | 996,7  | 0,003731405 | 3,719091527 |
| TOTAL                          | 22009,2399  |        |             | 1977,825312 |

$\rho$  campuran = 1977,825 kg/m<sup>3</sup>  
= 123,416 lb/ft<sup>3</sup>

#### FLUIDA PANAS

| KOMPONEN         | Massa<br>(kg/jam) | $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) | x | P . x |
|------------------|-------------------|-----------------------------|---|-------|
| H <sub>2</sub> O | 284,2584          | 958,4                       | 1 | 958,4 |
| TOTAL            | 284,2584          |                             |   | 958,4 |

$\rho$  campuran = 958,40 kg/m<sup>3</sup>  
= 59,8042 lb/ft<sup>3</sup>

\*Menghitung viscositas

#### FLUIDA DINGIN

| KOMPONEN                       | Massa<br>(kg/jam) | $\mu$ (cP) | X           | $\mu . x$ |
|--------------------------------|-------------------|------------|-------------|-----------|
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 21927,11451       | 8,3553     | 0,996268595 | 8,3241    |
| H <sub>2</sub> O               | 82,12539143       | 0,4672     | 0,003731405 | 0,00174   |
| TOTAL                          | 22009,2399        |            |             | 8,3259    |

#### FLUIDA PANAS

| KOMPONEN         | Massa<br>(kg/jam) | $\mu$ (cP) | X | $\mu . x$ |
|------------------|-------------------|------------|---|-----------|
| H <sub>2</sub> O | 284,2584          | 958,4      | 1 | 958,4     |
| TOTAL            | 284,2584          |            |   | 958,4     |

\*Harga konduktivitas thermal

FLUIDA DINGIN

| KOMPONEN                       | Massa<br>(kg/jam) | k (W/m.K) | X           | k.x<br>(Btu/jam.ft. °F) |
|--------------------------------|-------------------|-----------|-------------|-------------------------|
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 21927,11451       | 0,3690    | 0,9962      | 0,2124                  |
| H <sub>2</sub> O               | 82,12539143       | 0,6459    | 0,003731405 | 0,0013                  |
| TOTAL                          | 22009,2399        |           |             | 0,2138                  |

FLUIDA PANAS

| KOMPONEN         | Massa<br>(kg/jam) | k (W/m.K) | X | k.x<br>(Btu/jam.ft. °F) |
|------------------|-------------------|-----------|---|-------------------------|
| H <sub>2</sub> O | 284,2584          | 0,6739    | 1 | 0,3894                  |
| TOTAL            | 284,2584          |           |   | 0,3894                  |

\*Spesific gravity

FLUIDA DINGIN

| KOMPONEN                       | Massa (kg/jam) | s    | X           | s.x    |
|--------------------------------|----------------|------|-------------|--------|
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 21927,11451    | 1,85 | 0,9962      | 1,8430 |
| H <sub>2</sub> O               | 82,12539143    | 1    | 0,003731405 | 0,0037 |
| TOTAL                          | 22009,2399     |      |             | 1,8468 |

FLUIDA PANAS

| KOMPONEN | Massa<br>(kg/jam) | s | X | s.x |
|----------|-------------------|---|---|-----|
|----------|-------------------|---|---|-----|



|       |          |   |   |   |
|-------|----------|---|---|---|
| H2O   | 284,2584 | 1 | 1 | 1 |
| TOTAL | 284,2584 |   |   | 1 |

|                                    | Fluida dingin | Fluida panas |
|------------------------------------|---------------|--------------|
| $\rho$ camp, (lb/ft <sup>3</sup> ) | 123,4163      | 59,8042      |
| $\mu$ camp (cp)                    | 8,3259        | 0,2787       |
| k (Btu/jam.ft.°F)                  | 0,2138        | 0,3894       |
| c (Btu/lb.°F)                      | 45,3507       | 72,1055      |
| s camp                             | 1,8468        | 1,0000       |

\*Untuk Heater-01 dengan pemanas steam dan fluida dingin merupakan aqueous solution

UD = 200-700 Btu/ft<sup>2</sup>.°F.jam (Kern, hal 840)

Diambil harga UD 400 Btu/ft<sup>2</sup>.°F.jam

$$A = \frac{Q}{U_D \Delta T_{LMTD}}$$

$$= 2107074/20995,48$$

$$= 103,7401 \text{ ft}^2$$

Jumlah tube (Nt) = A / (a' x L)

$$= 103,7401 / (0,261 \times 7)$$

$$= 56,60$$

$$= 57$$

Tabel 9 Kern hal 841, dirancang aquare pitch

Parameter Design :

Pipe = 1 in. OD tubes

Pitch = 1,25 square pitch

|            |   |       |
|------------|---|-------|
| Shell side |   | in    |
| ID         | = | 13,25 |
| Baffle     | = | 3     |

|      |   |   |
|------|---|---|
| Pass | = | 2 |
|------|---|---|

| Tube side       |   | In  |
|-----------------|---|-----|
| Number & length | = | 56  |
| OD              | = | 1   |
| BWG             | = | 12  |
| Pitch           | = | 1,2 |
| Pass            | = | 4   |

\*koreksi Ud

$$A = a'' \times N_t \times L$$

$$= 103,740 \text{ ft}^2$$

$$UD = Q / A \times \Delta T \text{ LMTD}$$

$$= 2178074 / 5445,18$$

$$= 400 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$$

Shell side

FLUIDA DINGIN

\*flow area

$$a_s = \frac{ID \cdot C' \cdot B}{144 \cdot P_t}$$

Dimana :

$$C' = \text{pitch} - \text{OD tube} = 1,25 - 1 = 0,25$$

$$B = \text{Baffle space} = 3$$

$$P_t = \text{Tube pitch} = 1,25 \text{ in}$$

$$\text{Sehingga, } a_s = 0,0964 \text{ ft}^2$$

\*Fluks massa melalui shell (Gs)

$$Gs = \frac{w}{a_s}$$

$$= \frac{48521,25}{0,0964}$$

$$= 503028,09 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$$

\*Menentukan Re

$$\begin{aligned} \text{Re}_s &= \frac{Gs \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{(503028,09 \times 0,0833)}{201487} \\ &= 2080,48 \end{aligned}$$

JH yang diperoleh : 28 (Fig 28 Kern, hal 838)

\*Menentukan k dan c

$$k \left( \frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 3,4698 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot (\text{°F/ft})$$

\*Menentukan

$$h/\phi_s = 1165,855 \text{ Btu/jam.ft.°F}$$

\*Menentukan tube wall temperatur

$$t_w = t_c + \frac{\frac{h_o}{\phi_s}}{\frac{h_{i0}}{\phi_s} + \frac{h_o}{\phi_s}} (T_c - t_c)$$

$$= 22,935 \text{ F}$$

$$= 268,11 \text{ K}$$

| KOMPONEN                       | $\mu$ (cP) | $\mu \cdot x$ |
|--------------------------------|------------|---------------|
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 8,3553     | 8,3241        |
| H <sub>2</sub> O               | 0,4672     | 0,0017        |
| TOTAL                          |            | 8,3259        |

$$\phi_s = \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

$$= 1,1317$$

\*Menentukan corrected coefficient

$$h_o = \frac{h_o}{\phi_s} \times \phi_s$$

$$= 1319,40 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Tube side

FLUIDA PANAS

\*Flow area

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

Dimana :

$$N_t = 56$$

$$a' t = 0,479 \text{ in}^2$$

$$n = 4$$

Sehingga,  $a_t = 0,0466 \text{ ft}^2$

\*Fluks massa melalui tube (Gt)

$$Gt = \frac{w}{a_t}$$

$$Gt = 626,658/0,0466$$

$$= 13456,43 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$$

\*Menentukan Re

$$\begin{aligned} \text{Re}_t &= \frac{Gt \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{13456,43 \times 0,0652}{0,6744} \\ &= 1300,30 \end{aligned}$$

\*Menentukan Jh

$$L/D = 107,41 \text{ ft}$$

Didapatkan jh sebesar 4 (Fig.24, Kern hal 834)

\*Menentukan k dan c

Ummul Qailatul Jannah

21150285D

$$1,9463 \text{ Btu/jam.ft}^2.(^{\circ}\text{F/ft})$$

\*Menentukan hio

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

$$Hi/\phi = 119,46 \text{ Btu/jam.ft.}^{\circ}\text{F}$$

\*Menentukan tube wall temperatur

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

$$= 22,935 \text{ F}$$

$$= 268,11 \text{ K}$$

| KOMPONEN         | $\mu$ (cP) | $\mu \cdot x$ |
|------------------|------------|---------------|
| H <sub>2</sub> O | 0,2787     | 0,2787        |
| TOTAL            |            | 0,2787        |

$$\phi_s = (\mu / \mu_w)^{0.14}$$

$$= 1,1320$$

\*Menentukan corrected coefficient

$$h_{io} = \frac{h_{io}}{\phi_s} \cdot \phi$$

$$= 135,2331 \text{ Btu/jam.ft}^2.^{\circ}\text{F}$$

\* Clean overall coefficient, U<sub>c</sub>:

$$U_c = \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o}$$

$$= 122,66 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

\* Design overall coefficient,  $U_d$  :

$$U_D = 400 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

\* Dirt Factor (  $R_d$  )

$$R_D = \frac{U_C - U_D}{U_C \times U_D}$$

$$= -0,0057 \text{ jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F/Btu (tidak boleh lebih dari 0,003)}$$

\*Menentukan pressure drop

Fluida Dingin

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5.22 \cdot 10^{10} \cdot D_e s \phi_s}$$

Dimana :

$$Re_s = 2080,42$$

$$F = 0,0028 \text{ ft}^2/\text{in}^2 \text{ (Fig. 29 Kern hal.839)}$$

$$De = 1,1042$$

$$N+1 = L/B = 48$$

$$\text{Sehingga, } \Delta P_s = 7,62 \text{ psi} \quad \text{Allowable } \Delta P_s < 10 \text{ psi}$$

Fluida Panas

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5.22 \cdot 10^{10} D_t \cdot \phi_t}$$

Dimana :

$$Re_t = 1300,30$$

$$F = 0,0032 \text{ ft}^2/\text{in}^2 \text{ (Fig. 29 Kern hal.839)}$$

S = 1

Sehingga,  $\Delta Pt = 0,0021$  psi Allowable  $\Delta Ps < 10$  psi

Spesifikasi

|             |            |             |
|-------------|------------|-------------|
| 1319,4069   | h outside  | 135,2331468 |
| Uc          | Calculated | 122,660962  |
| Ud          | Trial      | 400         |
| Ud          | Calculated | 400         |
| Rd          | Calculated | -0,0057     |
| Rd          | Required   | 0,0030      |
| $\Delta Ps$ | Calculated | 7,6277      |
| $\Delta Pt$ | Calculated | 0,0021      |

## 10. Screening 1

Fungsi : Menyeragamkan ukuran batuan fosfat

Jenis : Dipilih Vibrating screen dengan permukaan horizontal dan miring karena ayakan jenis ini mempunyai kapasitas tinggi, dengan efisiensi pemisahan yang baik

Bahan permukaan ayakan : Dipilih batang baja karena Batang-batang baja berjarak sedikit satu sama lain. Batang ini digunakan untuk mengayak bahan kasar seperti: batu, batu bara

Bahan konstruksi : Carbon steel karena semakin tinggi kandungan karbon pada suatu material maka tingkat kekerasan, ketahanan, dan kekuatan semakin besar

Faktor kelonggaran : 20% (tab. 21.7 Perry 1999)

Kapasitas =  $(1+fu) \times$  laju alir massa

$$= (1+0,2) \times 17901,92516$$

$$= 6642,75 \text{ kg/jam}$$

$$= 6,64 \text{ ton/jam}$$

Berdasarkan Tabel 21-6 Perry 1999, ayakan yang dipilih :

beban ayakan : 0,029 in

diameter wire : 0,021 in

\* menghitung faktor bukaan area (foa)

$$Foa = 100 \times a^2 \times m^2$$

Dimana :

A = bukaan ayakan (0,0029 in)

$$M = 1/a + d$$

$$= (1/0,0029) + 0,0021$$

$$= 200$$

D = diameter wire (0,0021 in)

$$foa = 100 \times 0,0029^2 \times 200^2$$

$$= 33,64\%$$

\*Perhitungan luas screen (A)

$$A = 0,4 \times ct / co \times foa \times fs \text{ (pers. 21-3 Perry 1999)}$$

Dimana :

Ct = laju bahan yang lewat

Co = 0,51 ton/jam ft<sup>2</sup> (Fig. 21-15 Perry 1999)

Foa = faktor bukaan area

Fs = 1,3 (tab. 21.7 Perry 1999)

$$\text{Sehingga, } A = (0,4 \times 21,4823) / (0,51 \times 0,3364 \times 1,3)$$

$$= 11,913 \text{ ft}^2$$

$$= 3,57 \text{ m}$$

\*Menentukan panjang dan lebar ayakan

$$P = 1,3 \times L$$

$$L = (A/fs)^{0,5}$$



$$= (38,5275/1,3)^{0,5}$$

$$= 3,0272 \text{ ft}$$

$$= 1,65 \text{ m}$$

$$P = 1,3 \times L$$

$$= 1,3 \times 1,6593$$

$$= 2,15 \text{ m}$$

\*Perhitungan efisiensi screen

Ukuran yang tersaring mempunyai ukuran 80 mesh

Asumsi : Produk oversize 5% (v)

Produk fix size 95% (e)

$$E = 100 \times \frac{100(e-v)}{e(100-v)}$$

$$= 100 \times \frac{100(95-5)}{5(100-95)}$$

$$= 99,72\%$$

Spesifikasi

Kapasitas : 6,64 ton/tahun

Sieve no. : 90 mesh

Sieve design : 177 micron (Perry tabel 19-6)

Sieve opening : 0,177 mm (Perry tabel 19-6)

Panjang : 2,15 m

Lebar : 1,65 m

Kemiringan : 18°

## 11. Screening 2

Fungsi : Menyeragamkan ukuran gypsum

Jenis : Dipilih Vibrating screen dengan permukaan horizontal dan miring karena ayakan jenis ini mempunyai kapasitas tinggi, dengan efisiensi pemisahan yang baik

Bahan permukaan ayakan : Dipilih batang baja karena Batang-batang baja berjarak sedikit satu sama lain. Batang ini digunakan untuk mengayak bahan kasar seperti: batu, batu bara

Bahan konstruksi : Carbon steel karena semakin tinggi kandungan karbon pada suatu material maka tingkat kekerasan, ketahanan, dan kekuatan semakin besar

Faktor kelonggaran : 20% (tab. 21.7 Perry 1999)

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas} &= (1+fu) \times \text{laju alir massa} \\ &= (1+0,2) \times 25975,28371 \\ &= 28146,78 \text{ kg/jam} \\ &= 28,14 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 21-6 Perry 1999, ayakan yang dipilih :

beban ayakan : 0,029 in

diameter wire : 0,021 in

\* menghitung faktor bukaan area (foa)

$$Foa = 100 \times a^2 \times m^2$$

Dimana :

A = bukaan ayakan (0,0029 in)

$$M = 1/a + d$$

$$= (1/0,0029) + 0,0021$$

$$= 200$$

D = diameter wire (0,0021 in)

$$foa = 100 \times 0,0029^2 \times 200^2$$

$$= 33,64\%$$

\*Perhitungan luas screen (A)

$$A = 0,4 \times ct / co \times foa \times fs \text{ (pers. 21-3 Perry 1999)}$$

Dimana :

Ct = laju bahan yang lewat

Co = 0,51 ton/jam ft<sup>2</sup> (Fig. 21-15 Perry 1999)

Foa = faktor bukaan area

Fs = 1,3 (tab. 21.7 Perry 1999)

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, } A &= (0,4 \times 31,1703) / (0,51 \times 0,3364 \times 1,3) \\ &= 50,4799 \text{ ft}^2 \\ &= 5,19 \text{ m} \end{aligned}$$

\*Menentukan panjang dan lebar ayakan

$$P = 1,3 \times L$$

$$\begin{aligned} L &= (A/f_s)^{0,5} \\ &= (50,4799/1,3)^{0,5} \\ &= 6,2314 \text{ ft} \\ &= 1,99 \text{ m} \end{aligned}$$

$$P = 1,3 \times L$$

$$\begin{aligned} &= 1,3 \times 1,99 \\ &= 2,58 \text{ m} \end{aligned}$$

\*Perhitungan efisiensi screen

Ukuran yang tersaring mempunyai ukuran 35 mesh

Asumsi : Produk oversize 5% (v)

Produk fix size 95% (e)

$$\begin{aligned} E &= 100 \times \frac{100(e-v)}{e(100-v)} \\ &= 100 \times \frac{100(95-5)}{5(100-95)} \\ &= 99,72\% \end{aligned}$$

Spesifikasi

Kapasitas : 28,14 ton/tahun

Sieve no. : 45 mesh

Sieve design : 420 micron (Perry tabel 19-6)

Sieve opening : 0,42 mm (Perry tabel 19-6)

Panjang : 2,58 m

Lebar : 1,99 m

Kemiringan : 25°

### 12. Ballmill 1

Fungsi : menghaluskan gypsum

Jenis : Ball mill grinding, karena sesuai dengan bahan

Bahan : Carbon steel

Faktor kelonggaran : 20%

Laju alir massa

| komponen   | Kg/jam      |
|--|-------------|
| CaF <sub>2</sub> .3Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> | 2613,148532 |
| CaO  | 2324,424723 |
| CO <sub>2</sub>  | 183,4367717 |
| SO <sub>3</sub>  | 93,45603238 |
| SiO <sub>2</sub>   | 200,379659  |
| MgO  | 16,80114068 |
| F  | 57,00214301 |
| Cl   | 7,389583589 |
| MgO  | 2,067165657 |
| H <sub>2</sub> O   | 37,52115786 |
| TOTAL  | 5535,626909 |

Kapasitas = ((1+fu) x laju alir massa) / jumlah alat

$$= ((1+0,2) \times 17901,9251/1)$$

$$= 6642,75 \text{ kg/jam}$$

$$= 21,48 \text{ ton/jam}$$

Maka berdasarkan tabel 20-16, Perry 1999 dipilih kapasitas dengan spesifikasi :

Ukuran : 8 x 6 ft

Kecepatan : 19 rpm

Daya motor : 9 Hp

### 13. Ballmill 2

Fungsi : menghaluskan gypsum

Jenis : Ball mill grinding, karena sesuai dengan bahan

Bahan : Carbon steel

Faktor kelonggaran : 20%

Laju alir massa

| Komponen   | Kg/jam      |
|--|-------------|
| CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O                               | 20443,50198 |
| CaF <sub>2</sub> .3Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> | 532,4290134 |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                     | 4,385422902 |
| MgO  | 16,80114068 |
| CaO  | 2324,424723 |
| Na <sub>2</sub> O  | 2,067165657 |
| H <sub>2</sub> O   | 3,214728574 |
| H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>                                     | 128,826269  |
| TOTAL  | 23455,65044 |

Kapasitas =  $((1+fu) \times \text{laju alir massa}) / \text{jumlah alat}$

$$= ((1+0,2) \times 25975,28371/1)$$

$$= 28146,78 \text{ kg/jam}$$

$$= 28,14 \text{ ton/jam}$$

Maka berdasarkan tabel 20-16, Perry 1999 dipilih kapasitas dengan spesifikasi :

Ukuran : 9 x 7 ft

Kecepatan : 21 rpm

Daya motor : 9 Hp

### 14. Scrubber

Fungsi : Untuk menangkap gas dari reaktor dengan menggunakan air sebagai pembantu

Bentuk : Scrubber kolom packing

Bahan : *Stainless Steel type 304*

menentukan laju minimum air kekolom tray

a. Menghitung fraksi mol dari kandungan gas

$$y_b = 0,7198$$

standart aman kandungan gas 4 ppm (Muhammad & GadelHak, 2014), sehingga :

$$y_t = 0,000004$$

asumsi,  $x_t = 0$  (fraksi mol dalam puncak kolom scrubber diasumsikan tanpa kandungan HF)

b.menghitung rasio mol kandungan gas

$$\begin{aligned} Y_b &= y_b / 1 - y_b \\ &= 0,7198 / 0,2802 \\ &= 2,5688 \end{aligned}$$

$Y_b$  : rasio antara mol HF dgn mol gas lain dibawah kolom wet scrubber

$$\begin{aligned} Y_t &= y_t / 1 - y_t \\ &= 0,000004 / 0,999996 \\ &= 0,00000401 \end{aligned}$$

$Y_t$  : rasio antara mol HF dgn mol gas lain diatas kolom wet scrubber

c. Laju minimum alir

$$\begin{aligned} G_b &= 52,3649 \text{ kmol/jam} \\ G_s &= G_b(1 - y_b) \\ &= 52,3649(1 - 0,7198) \\ &= 14,67 \end{aligned}$$

karena gas keluar pada suhu 90°C dan tekanan 1 atm

$$x = 0,0015$$

$$y = 0,9402$$

$$P = y \times P$$

$$= 0,9402 \times 1$$

$$= 0,9402$$

Berdasarkan hukum Henry :

$$P = H \cdot x$$

$$0,9402 = H (0,0015)$$

$$H = 626,8$$

Maka pers. Garis VLE diperoleh :

$$Y = (H \cdot x) / P$$

$$= 626,8 \times x$$

Menentukan nilai x saat y 0,7198

$$0,7198 = 626,8 \times x$$

$$X = 0,001148$$

Laju minimum air kekolom

$$L_s = G_s \cdot ((Y - Y_T) / (X - X_T))$$

$$= 14,6726 \times ((0,7198 - 0,000004) / (0,001148 - 0))$$

$$= 9199,72 \text{ kmol/jam}$$

Menentukan jumlah kolom tray

Kandungan gas HF pada air dibawah kolom

$$X_b = (G_s / L_s) \times (Y_b - Y_t) + (x_t)$$

$$= (14,6726 / 9199,72) \times (0,7198 - 0,000004) + 0$$

$$= 0,001148$$

$$L_b = L_s (1 + x_b)$$

$$= 9199,72 (1 + 0,001148)$$

$$= 9213,33 \text{ kmol/jam}$$

nilai absorption faktor bawah kolom

nilai m : 626,71

$$(e_a)_b = L_b / m \cdot G_b$$

$$= 9213,33 / (626,71) \times (52,3649)$$

$$= 0,28$$

$$L_t = L_s (1 + x_t)$$

$$= 9199,72 (1+0)$$

$$= 9199,72 \text{ kmol/jam}$$

nilai absorption faktor atas kolom

$$G_t = G_s(1+Y_t)$$

$$= 14,6726 (1+0,000004)$$

$$= 14,6726$$

$$(ea)_t = L_t/m.G_t$$

$$= 9199,72/(626,71) \times (14,6726)$$

$$= 1,0004$$

nilai absorption faktor total

$$ea = \text{akar dari } (ea)_b \cdot (ea)_t$$

$$= \text{akar dari } 0,28 \times 1,0004$$

$$= 0,53$$

Jumlah kolom teoritis

$$N_T = \frac{\log \left( \frac{Y_b - m.X_t}{Y_t - m.X_t} \left( 1 - \frac{1}{e_a} \right) + \frac{1}{e_a} \right)}{\log e_a}$$

$$= 21,29$$

$$= 22$$

pemilihan tray : sieve tray karena biaya, perawatan, dan efek korosi rendah

type sieve tray dari perry tabel 14-6 didapatkan :

diameter = 3,2 ft

spasi kolom = 15,7 in

Menghitung tinggi kolom

Jenis packing yang digunakan adalah random packing. Random packing yang dipilih adalah jenis Pall Ring dengan material plastik. Pall Ring dipilih sebab dapat digunakan dalam proses absorpsi (Koch-Glitch, 2010). Material plastik digunakan sebab lebih murah dibandingkan dengan material jenis lain.

Nilai HETP untuk pall ring dengan material plastik adalah 0,4045

$$H = N_T \times \text{HETP}$$



$$= 22 \times 0,4045$$

$$= 8,89 \text{ m}$$

Spesifikasi

Laju air minimum : 9199,72 kmol/jam

Jumlah kolom : 22

Diameter : 3,2 ft = 0,99 m

Tinggi : 8,89

### 15. Tangki HF

Fungsi : Menyimpan produk Hidrogen Flouride

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 :

$$\rho \text{ campuran} = 1118,34 \text{ kg/m}^3 = 69,8184 \text{ lb/cuft}$$

$$F_v \text{ campuran} = 2,2994 \text{ m}^3/\text{jam} = 81,2026 \text{ cuft/jam}$$

Menentukan kapasitas tangki

Lama penyimpanan = 7 hari

$$\text{Volume tangki} = \frac{13642,03}{2}$$

$$= 6821,01 \text{ cuft}$$

Overdesign 20%

$$\text{Volume tangki} + 20\% = 8185,223 \text{ cuft} (< 71354 \text{ cuft termasuk small tank})$$

$$= 231,77 \text{ m}^3$$

Menghitung dimensi tangki

Menghitung tinggi dan diameter tangki

$$D=1/2H$$

Rumus small tank :

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

$$D = 21,84 \text{ ft}$$

$$= 262,16 \text{ in}$$

$$= 6,65 \text{ m}$$

$$H = 10,92 \text{ ft}$$

$$= 131,08 \text{ in}$$

$$= 3,32 \text{ m}$$

Menentukan tinggi cairan tangki

Karena bagian tutup bawah berupa plate, tinggi larutan dapat dihitung sebelum menghitung volume tutupan.

$$\begin{aligned} H \text{ larutan} &= \frac{\text{volume larutan dalam tangki}}{1/4\pi D^2} \\ &= \frac{6821,01}{1256} \\ &= 5,43 \text{ ft} \end{aligned}$$

Menghitung tebal Plat Shell

$$T_s = \frac{\rho (H-1) x D}{288 x f x E} + C$$

Dimana :

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

$$C \text{ (Faktor korosi)} = 0,125$$

$$f \text{ (Tegangan diijinkan)} = 18750 \text{ psi}$$

$$\rho = 22,495$$

Sehingga :

$$T_s = \frac{42411,6}{4320000} + 0,125$$

$$= 0,1348 \text{ in}$$

Digunakan standar 0,25 in

Menghitung tinggi dan tebal head tangki

$$P \text{ operasi} = 1 \text{ atm}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \rho \times (\text{g/gc}) \times H \text{ cairan}$$

$$= 2,6330 \text{ psi}$$

$$= 0,273 \text{ atm}$$

tekanan design 5-10 % diatas tekanan abs

$$P \text{ design} = 1,1 \times (P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik})$$

$$= 1,257 \text{ atm}$$

Tebal *conical head* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$T_h = \frac{Pd \times D}{2 \cos \theta ((f \cdot E) - (0,6 \cdot Pd))} + C$$

$$= (61,1040/27844,16) + 0,125$$

$$= 0,1272 \text{ in}$$

Dipilih tebal standart 0,1875 in

Tinggi conis

Tinggi *Conical Head* dapat dihitung menggunakan rumus aturan tangensial.

$$\tan \theta = Hh/0,5D$$

$$0,4009 = Hh/20$$

$$Hh = 8,0176 \text{ ft}$$

$$= 2,4438 \text{ m}$$

Menghitung tinggi tangki

$$\text{Total tinggi tangki} = H \text{ tutup} + H \text{ tangki}$$

$$= 8,0176 + 10,9234$$

$$= 18,94 \text{ ft}$$

$$= 5,77 \text{ m}$$

Spesifikasi

---

---

Volume : 231,77 m<sup>3</sup>  
Diameter : 4,56 m  
Tebal shell : ¼ in  
Tebal tutup atas : 0,1875 in  
Tinggi tangki : 5,77 m

### 16. Bucket elevator

Fungsi : memindahkan bahan baku batuan fosfat dari screening ke silo penyimpanan

Type : Continuous Discharge Bucket Elevator

Dasar pemilihan : Untuk memindahkan bahan dengan ketinggian tertentu

Rate massa = 5535,62 kg/jam  
= 5,5356 ton/jam

Tinggi bucket = (Tinggi silo + jarak dari dasar)  
= 6,66 m + 1 m  
= 7,66 m  
= 25,14 ft

Perhitungan Power (Perry 7 ed tabel 21-8) :

Kapasitas maximum : 27 ton/jam

Power pada head shaft : 1 Hp

Power tambahan : 0,04 hp tiap ft  
= 25,14 ft x 0,04  
= 1,0057 hp

Power total = 1,0057 + 1  
= 2,0057 hp

Efisiensi motor = 0,8

Power total = 2,0057/0,8  
= 2,5071 hp

Dari Perry 7ed tabel 21-8 sesuai kapasitas dipilih spesifikasi sebagai berikut :

Ukuran = 8 in x 5 in x 5 ¼ in

$$= 0,2032 \text{ m} \times 0,127 \text{ m} \times 0,1397 \text{ m}$$

Bucked spacing = 14 in = 0,3556 m

Pusat elevator = 75 ft = 7,62 m

Ukuran feed maxium = 1 in = 0,0254 m

Bucked speed = (rate massa x 225) / (kapasitas max)

$$= (5,5356 \times 225)/27$$

$$= 46,13 \text{ ft/menit}$$

$$= 0,2343 \text{ m/detik}$$

Putaran head shaft = (rate massa x 43 rpm)/ (kapasitas max)

$$= (5,5356 \times 43)/27$$

$$= 8,81 \text{ rpm}$$

Lebar belt 9 in = 0,2286 m

Spesifikasi

Kapasitas maximal : 27 ton/jam

Ukuran : 8 in x 5 in x 5 ¼ in

Bucket Spacing : 14 in

Tinggi elevator : 25,1415 ft

Ukuran Feed (maximum) : 1 in

Bucket Speed : 46,13022424 ft/menit

Putaran Head Shaft : 8,8160 rpm

Lebar belt : 9 in

Power total : 3 hp

| Nama alat         | Power, Hp | Tinggi elevator |
|-------------------|-----------|-----------------|
| Bucket elevator 1 | 3         | 7,6 m           |
| Bucket elevator 2 | 2         | 3,9 m           |
| Bucket elevator 3 | 3         | 9,6 m           |

---

---

## 17. Screw Conveyor

Fungsi : Memindahkan produk dari reaktor ke filter

Type : Plain spouts or chutes

Dasar pemilihan : Umum digunakan pada sistem tertutup

$\rho$  campuran = 1661,93 kg/m<sup>3</sup> = 103,75 lb/ft<sup>3</sup>

rate bahan masuk = 37162,52 kg/jam

= 81928,72 lb/jam

Flowrate volumetrik (Fv) = Rate Bahan Masuk /  $\rho$  campuran

= 81928,72/103,75

= 789,65 ft<sup>3</sup>/jam

= 13,16 ft<sup>3</sup>/menit

Untuk densitas = 103,75 lb/ft<sup>3</sup>

Bahan termasuk kelas D dengan F = 3 (Badger, table 16-6)

Power motor = C . L . W F/33000 (Badger, pers 16-4)

Dengan :

C = 13,1609 ft<sup>3</sup>/menit

L = 16,40 ft

W = 103,75 lb/ft<sup>3</sup>

F = 3

Power motor = 2,036 Hp

Efisiensi 80%

Power motor = 2,5454 Hp

Dari Badger, fig 16-20 untuk kapasitas = 789,65 ft<sup>3</sup>/jam

Digunakan diameter ukuran = 16 in = 0,4064 m

Kecepatan putaran = 23 rpm

Spesifikasi

Kapasitas : 789,6513 ft<sup>3</sup>/jam

Panjang : 5 m

Diameter : 0,4064 m

Kecepatan putaran : 23 rpm

---

*Umul Lailatul Jannah*

21150285D

Power : 3 hp

Jumlah : 1

| Nama alat        | Power, Hp | Diameter |
|------------------|-----------|----------|
| Screw conveyor 1 | 3         | 0,40 m   |
| Screw conveyor 2 | 2         | 0,35 m   |
| Screw conveyor 3 | 1,5       | 0,35 m   |

### 18. Belt conveyor

Fungsi : Mengangkut gypsum dari rotary dryer ke ballmill

Jenis : Horizontal Belt Conveyor

Bahan : canvas

Laju alir massa = 23656,0301 kg/jam

Faktor kelonggaran (fh) = 20%

Kapasitas = (1 + fh) x laju alir massa

$$= (1 + 20\%) \times 25975,2837$$

$$= 28387,2361 \text{ kg/jam}$$

$$= 28,3872 \text{ ton/jam}$$

Tabel 21-7 Perry 1999, Hal 7-10, spesifikasinya adalah sebagai berikut :

Untuk Belt Conveyor kapasitas = 28,3872 ton/jam

Kapasitas maksimal = 32 ton/jam

Digunakan :

Lebar belt = 14 in

$$= 35,56 \text{ cm}$$

$$= 0,3556 \text{ m}$$

Luas area = 0,11 ft<sup>2</sup>

$$= 0,0102 \text{ m}^2$$

Kecepatan belt normal = 100 ft/min

$$= 60,96 \text{ m/min}$$

$$= 1,0160 \text{ m/s}$$

Kecepatan Belt Maximum = 300 ft/min

$$= 91,4400 \text{ m/min}$$

$$= 1,5240 \text{ m/s}$$

Belt Plies Maximum = 5

Belt Plies Minimum = 3

Kecepatan belt = 100 ft/min  
= 30,4800 m/min  
= 0,5080 m/s

Untuk kapasitas = 28,3872 ton/jam

Maka kecepatan belt = (kapasitas/kapasitas maximum) x kecepatan belt  
= (28,3872/32) x 100  
= 88,7101 ft/min

Power belt conveyor

Persamaan design Brown, hal 57

$$H_p = \frac{F(L + L_o)(T + 0,03 WS) + T \Delta Z}{990}$$

asumsi panjang belt conveyor 5 m = 16,4042 ft

Dimana :

$H_p$  = Tenaga yang diperlukan

$F$  = Faktor friksi, dipakai 0,05

$L$  = Panjang belt conveyor = 16,4042 ft

$L_o$  = 100 ft

$S$  = Kecepatan belt = 100 ft/min

$T$  = kapasitas , 28,3872 ton/jam

$DZ$  = Kenaikan elevasi material

$W$  = Massa bagian yang bergerak per ft jarak, lb

Ditetapkan = 1 x lebar belt

$$= 1 \times 14$$

$$= 14 \text{ in}$$

Sehingga,  $h_p = 0,413807$



Efisiensi motor 80%

Power motor = hp total/efiseinsi

$$= 0,413807/0,8$$

$$= 0,517258 \text{ hp}$$

Spesifikasi

Kapasitas maximal : 32 kg/jam

Lebar belt : 0,3556 m

Luas area : 0,0102 m<sup>2</sup>

Kecepatan belt normal : 1,0160 m/s

Kecepatan belt maximal : 1,5240 m/s

Belt piles maximum : 5

Belt piles minimum : 3

Kecepatan belt : 0,5080 m/s

Panjang belt : 5 m

Power motor : 0,5173 hp

| Nama alat       | Power, Hp |
|-----------------|-----------|
| Belt conveyor 1 | 1         |
| Belt conveyor 2 | 1         |
| Belt conveyor 3 | 0,5       |
| Belt conveyor 4 | 0,5       |
| Belt conveyor 5 | 0,5       |

## 19. Pompa

Type : *Centrifugal Pump*, karena :a. Konstruksinya sederhana, harganya relatif murah dan banyak tersedia di pasaran

b. Biaya perawatan paling murah dibandingkan dengan tipe pompa yang lain

Bahan : *Stainless Steel*

Rate masuk = 22009,2399 kg/jam = 13,4783 lb/s

Densitas = 1981,4000 kg/m<sup>3</sup> = 123,6948 lb/ft<sup>3</sup>

$$\begin{aligned}\text{Rate volumetrik (Q)} &= \text{massa/densitas} \\ &= 13,4783 / 123,6948 \\ &= 0,10896 \text{ ft}^3/\text{s} \\ &= 48,90650 \text{ gpm}\end{aligned}$$

Diperkirakan aliran fluida turbulen ( $N_{Re} > 2100$ ), sehingga digunakan persamaan untuk  $D_i \geq 1$  in, yaitu :

$$D_i \text{ opt} = 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \text{ (Pers. 45, Peters, hal 365)}$$

Dimana :

$D_i \text{ opt}$  = diameter dalam optimum, in

$Q$  = kecepatan volumetric,  $\text{ft}^3/\text{s}$

$\rho$  = density fluida,  $\text{lb}/\text{ft}^3$

$$\begin{aligned}D_i \text{ opt} &= 3,9 \times 0,3688 \times 1,8707 \\ &= 2,690 \text{ in}\end{aligned}$$

Dari Appendix A.5-1 Geankoplis halaman dipilih NPS 3 in sch 40 diperoleh

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

$$ID = 3,06 \text{ in}$$

$$A = 0,0513 \text{ ft}^2$$

Menghitung kecepatan linier

Kecepatan linier fluida dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = Q/A$$

Dimana :

$v$  = kecepatan linier aliran fluida,  $\text{ft}/\text{s}$

$Q$  = laju alir volumetric,  $\text{ft}^3/\text{s}$

$A$  = inside sectional area,  $\text{ft}^2$

$$\begin{aligned}V &= 0,1090/0,0513 \\ &= 2,1241 \text{ ft/s} \\ &= 0,6474 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Menghitung Reynold Number ( $N_{re}$ )

$$N_{re} = \rho v D/\mu$$

Dimana :

$\rho$  = densitas cairan (lb/ft<sup>3</sup>)

$v$  = kecepatan linier (ft/s)

$D$  = diameter dalam pipa (ft)

$\mu$  = viskositas (lb/ft s)

$N_{re} = (123,6948 \times 2,1241 \times 0,2557) / 0,0039$

$= 17167,92696$  (asumsi aliran turbulen benar)

*Head Losses* ( $H_F$ )

a). *Sudden Contraction Losses*

$h_c = k_c \times (V^2 / 2 \times g_c \times \alpha)$  (Pers. 2.10-16, Geankoplis, hal 98)

( $A_1 \gg A_2$ ),dimana:

$A_1 = 0,3380 \text{ ft}^2$

$A_2 = 0,0513 \text{ ft}^2$

Karena ,  $A_2/A_1 = 0,0513/0,3380 = 0,15177 < 0,715$

Maka ,  $k_c = 0,4 \times (1,25 - (A_2/A_1))$

$= 0,4393$

$\alpha = 1$  untuk aliran turbulen

sehingga,  $h_c = k_c \times (V^2 / (2 \times g_c \times \alpha))$

$= 0,0308 \text{ lb}_f \cdot \text{ft}/\text{lb}_m$

b). *Sudden Enlargement Losses*

( $A_2 \gg A_1$ ),dimana:  $A_1 = 0,0513 \text{ ft}^2$   $A_2 = 1256 \text{ ft}^2$

Dimana :

$K_{ex} = (1 - (A_1/A_2))^2$

$= 0,999$

Sehingga,  $h_{ex} = k_{ex} \times (V^2 / (2 \times g_c \times \alpha))$  (Pers. 2.10-15 , Geankoplis, hal 98)

$= 0,0701 \text{ lb}_f \cdot \text{ft}/\text{lb}_m$

c). *Losses in fitting and valve*

$h_f = k_f \times (V^2 / (2 \times g_c \times \alpha))$  (Pers. 2.10-17 , Geankoplis, hal 99)

Dari Tabel 2.10-1 Geankoplis, hal 99 didapat :

*Elbow*, 90° ->  $k_f = 0,75$

*Gate valve (wide open)*->  $k_f = 0,17$

*Coupling* ->  $k_f = 0,04$

Asumsi , panjang pipa = 18 m

Maka :

3 elbow 90° = 3  $k_f = 2,25$

1 gate valve = 1  $k_f = 0,17$

3 coupling = 3  $k_f = 0,12$

Total  $k_f = 2,54$

Sehingga,  $h_f = k_f \cdot (V^2 / (2 \cdot g_c \cdot \alpha)) = 0,0781 \text{ lb}_f \cdot \text{ft} / \text{lb}_m$

d). *Losses in pipe straight*

$H_f = (4f \cdot v^2 \cdot \Sigma L_e) / (2 \cdot ID \cdot G_c)$  (Pers. 2.10-6, Geankoplis, hal 92)

Dari tabel 2.10-1 Geankoplis hal 99, didapat :

*Elbow*, 90° ->  $L/D = 35$

*Gate valve (wide open)* ->  $L/D = 9$

*Coupling* ->  $L/D = 2$

Maka :

3 elbow 90° = 3 . ID .  $L/D = 26,845$

1 gate valve = 1 . ID .  $L/D = 2,301$

3 coupling = 3 . ID .  $L/D = 1,534$

Total  $L_e = 30,68$

$\Sigma L = L + L_e$

= 59,0544 + 30,68

= 89,7344 ft

= 27,3510 m

\* Menghitung *Fanning Friction Factor* (f)

Dari Fig. 2.10-3 Geankoplis, hal 94 didapat :

Untuk commercial steel ->  $\epsilon = 0,0001509 \text{ ft}$

Sehingga ,  $\epsilon/D = 0,0006$

Dari Figure 2.10-3 Geankoplis, dengan nilai  $N_{re} = 17167,92696$

didapatkan nilai  $f = 0,009$

Sehingga  $H_f = 0,8859 \text{ lb}_f \cdot \text{ft}/\text{lb}_m$

\* Menghitung energi yang hilang karena gesekan ( $\Sigma F$ )

$$\Sigma F = H_F = h_c + h_{ex} + h_f + h_F$$

$$= 1,1469 \text{ lb}_f \cdot \text{ft}/\text{lb}_m$$

\* Menghitung *Static Head*

$$Z_1 = 0 \text{ ft}$$

$$Z_2 = 13,05 \text{ ft}$$

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1$$

$$= 13,0511 - 0$$

$$= 13,0511 \text{ ft}$$

$$g/g_c = 1 \text{ lb}_m/\text{lb}_f$$

$$\Delta Z (g/g_c) = 13,0511 \times 1$$

$$= 13,0511 \text{ ft lb}_f/\text{lb}_m$$

Karena pada 2 titik reference dianggap sama, maka  $V_1 = V_2$

Sehingga *velocity head* ( $V^2 / 2agc$ ) = 0,0701

\* Menghitung *Pressure Head*

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 2116 \text{ lb}/\text{ft}^2$$

$$\Delta P = P_1 \times \text{velocity}$$

$$= 2116 \times 0,0701$$

$$= 148,3595 \text{ lb}/\text{ft}^2$$

Sehingga,  $\Delta P/\rho = 1,1994 \text{ ft}$

\* Menghitung Energi Mekanik Pompa

$$W_f = \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times g_c} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F$$

$$= 15,48 \text{ ft. lb}_f/\text{lb}_m$$

\* Menghitung *Broke Horse Power* (BHP)

$$\text{BHP} = (Q_f \cdot \rho \cdot (W_f)) / (550 \cdot \eta)$$

dari Figure 10.62 coulson, untuk  $Q_f = 48,9065 \text{ gpm} = 11,10 \text{ m}^3/\text{jam}$

diperoleh  $\eta$  pompa = 65%

Sehingga, BHP = 0,5838

Menghitung Tenaga Motor

Dari figure 14-38, Peters hal 521, untuk BHP 0,5838

Hp = 0,4354

diperoleh  $\eta$  motor = 0,8

P motor = BHP/ $\eta$

$$= 0,5838/0,8$$

$$= 0,7298 \text{ hp}$$

Dipilih motor standar dengan power = 1 hp

Spesifikasi

Rate Volumetrik : 0,1090 ft<sup>3</sup>/s

Kecepatan aliran : 2,1241 ft/s

Ukuran Pipa : NPS = 3 in

Sch. Number = 40

OD = 3,5 in

ID = 3,068 in

Flow area = 7,3872 in<sup>2</sup>

Power pompa : 0,5838 hp

Power motor : 1 hp

| Nama alat | Power, Hp | Diameter, in |
|-----------|-----------|--------------|
| Pompa 1   | 1         | 3,06         |
| Pompa 2   | 1         | 3,06         |
| Pompa 3   | 1         | 2            |
| Pompa 4   | 0,5       | 2            |
| Pompa 5   | 0,5       | 2            |
| Pompa 6   | 0,5       | 2            |
| Pompa 7   | 0,5       | 1,38         |

## 20. Gudang

Fungsi : Menyimpan bahan baku batuan fosfat

Bahan : beton

Jumlah : 1 buah

Lama penyimpanan : 21 hari

Menentukan kapasitas penyimpanan

Kebutuhan batuan fosfat : 6393,58 kg/jam

Batuan fosfat = 6393,58 x 24 x 21

$$= 3222364,32 \text{ kg}$$

$\rho$  campuran = 1784,92 kg/m<sup>3</sup>

$$= 111,4308 \text{ lb/ft}^3$$

V bahan = massa /  $\rho$  campuran

$$= 929985,3207/1784,92$$

$$= 1805,32 \text{ m}^3$$

Faktor keamanan 20%, sehingga volume gudang :

V gudang = V bahan/0,8

$$= 1805,32/0,8$$

$$= 2256,65 \text{ m}^3$$

Menentukan dimensi gudang

Volume gudang = panjang x lebar x tinggi

$$2256,65 \text{ m}^3 = (2x) (2x) (x)$$

$$2256,65 \text{ m}^3 = 4x^3$$

$$x^3 = 2256,65 \text{ m}^3/4$$

$$x = \sqrt[3]{564,16}$$

$$x = 8,6 \text{ m}$$

Tinggi gudang (t) : 8,6 m

Panjang gudang (p) : 2 x 71,25 = 17,2 m

Lebar gudang (l) : 2 x 71,25 = 17,2 m

Spesifikasi :

Suhu penyimpanan : 30°C

---

---

Waktu penyimpanan : 21 hari  
Volume gudang : 651,2798 m<sup>3</sup>  
Panjang gudang : 17,2 m  
Lebar gudang : 17,2 m  
Tinggi gudang : 8,6 m  
Jumlah : 1 buah

## 21. Crusher

Fungsi : Menyimpan bahan baku batuan fosfat

Bahan : beton

Jumlah : 1 buah

menentukan daya crusher

dari tabel 29-1 McCabe, edisi 5 work index untuk batuan fosfat adalah 12,74

kebutuhan power untuk crusher :

$$P/m = 0,3162W_i \left( \frac{1}{\sqrt{D_{pb}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{pa}}} \right)$$

Dimana :

m : laju umpan masuk

W<sub>i</sub> : work index

D<sub>pb</sub> : ukuran produk rata-rata = 50,8 mm

D<sub>pa</sub> : ukuran feed = 381 mm

$$6363,98 \text{ P} = 0,3162 \times 12,74 \times (0,1404 - 0,0512)$$

$$\text{P} = 2285,947 \text{ Kw}$$

$$\text{P} = 3,06 \text{ Hp} = 4 \text{ Hp}$$

Spesifikasi

Type : Blake jaw crusher

Kapasitas : 6363,98 kg/jam

Kecepatan putaran : 235 rpm

Daya : 4 Hp

Jumlah : 1 buah



## UTILITAS

Unit Penyediaan dan Pengolahan air

- A. Air untuk keperluan umum jumlah total 1430 kg/jam
- B. Air proses total 3215,454 kg/jam dan make up 321,5454 kg/jam
- C. Air untuk boiler total 681,0165 kg/jam dan make up 68,1017 kg/jam
- D. Air untuk cooling tower 1638,775 kg/jam dan make up 163,8775 kg/jam

### 1. Udara Tekan

Udara dalam utilitas digunakan sebagai instrumentasi alat kendali untuk menggerakkan kontrol pneumatic dan instrument – instrument lain

Tugas : Menekan udara lingkungan untuk keperluan instrumentasi

Kebutuhan udara diperkirakan  $50 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,8333 \text{ m}^3/\text{min}$

Kompresor udara

Tugas = menaikkan tekanan udara dari atmosferis menjadi 1,3 atm

$T_1 = 30^\circ\text{C}$  RH (kelembaban relative) 70%

$P'$  = tekanan uap air = 0,04 atm

$P_1$  = tekanan udara = 1 atm

$V_w = V_d (T_1/T_s) \cdot (P_1/(P_1-P'))$

$V_w = 50 ((273+30)/273) \times (1/(1-0,04))$

$V_w = 57,8 \text{ m}^3/\text{jam} = 2037,4138 \text{ cuft}/\text{jam} = 33,9569 \text{ cuft}/\text{min}$

Dari fig 1 Branen, didapat kompresor yang digunakan reciprocating

$P_2 = 1,3 \text{ atm}$

Compresor ratio = 1,3

Dipilih reciprocating compressor 1 stage horizontal

BM rata – rata = 28,14

$$\text{BHP} = -W = \frac{Z.R.T_1}{M} \cdot \frac{n}{n-1} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{(n-1)/n} - 1 \right] \quad (\text{Coulson, 2005})$$

$R = 8,324 \text{ J}/\text{molK}$

$n = 1,4$

$T_1 = 303 \text{ K}$

$P_2/P_1 = 1,3$

---

---

BHP = 892,24 J/mol

Untuk reciprocating compressor, efisiensi 65% (Coulson,2005)

Actual work required = BHP/efisiensi =  $892,24 / 65\% = 1372,6715$  J/mol

Kecepatan udara masuk =  $(P1 Vw) / (R T1) = 2,3$  kmol/jam

Power motor =  $(1372,6715/3600) \times 2,3 = 0,8865$  kW = 1,1879 HP

Standart NEMA = 2 HP

2. Alat yang digunakan

2.1 Cooling Tower

Fungsi : Tempat mendinginkan air pendingin dan mensirkulasikan kembali

Suhu air masuk cooling :  $85^\circ\text{C} = 185^\circ\text{F}$

Suhu air keluar cooling :  $30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$

Kecepatan pemasukan :  $47177,47901$  kg/jam = 211,5063434 gpm

Digunakan udara sebagai medium pendingin dengan RH = 80%

Dry bulb temp  $90^\circ\text{F}$

Wet bulb temp  $80^\circ\text{F}$

Tabel 17.2 Kern hal 585 diperoleh humidity udara  $30^\circ\text{C} = 0,0262$  lb air/lb udara kering

Maka setiap lb udara kering membawa 0,0262 lb air

Kehilangan air akibat penguapan ( $W_e$ )

$W_e = 0,00085 W_c (T_2 - T_1)$  (Perry 1999), dimana  $W_c$  adalah jumlah air yang diinginkan

$W_c = 47177,4790$  kg/jam

$W_e = 2205,5471$  kg/jam = 4862,3933 lb/jam

Udara yang dipindahkan ke fan = (air menguap / humidity udara)

Udara yang dipindahkan =  $179027,7373$  lb udara kering / jam

Kecepatan air 5 gpm

Wet bulb  $80^\circ\text{F}$

$\rho$  air =  $997$  kg/m<sup>3</sup> = 28,23356 kg/cuft

$\mu$  air =  $0,85$  cp = 2,057 lb/ft jam = 3,0611 kg/ m jam

laju alir massa = 786,2913 kg/menit

Holding time = 30 menit

$Q_t = 27,8475 \text{ cuft/menit} = 207,5115 \text{ gpm}$

Cooling tower area = debit air yang diinginkan / keceptan air =  $41,5023 \text{ ft}^2$

Over design 20%

Luas cooling area =  $49,8028 \text{ ft}^2 = 4,6268 \text{ m}^2$

Tinggi = volume/luas = 5,1136 m

Kebutuhan make up air cooling tower

$W_m = W_e + W_d + W_b$  (Perry 12-9)

$W_b = W_e / (s-1)$  (Perry 12-12)

$W_d = 0,0002 W_e$  (Perry 12-17)

Dimana

$W_m$  = jumlah make up water

$W_e$  = air hilang karena penguapan

$W_d$  = air hilang karena dikeluarkan

$W_b$  = air hilang untuk blowdown

$s$  = cycle of cooling tower = 5

$W_b = W_e / (s-1) = 1215,5983 \text{ lb/jam}$

$W_d = 0,9725 \text{ lb/jam}$

Jadi,

$W_m = W_e + W_d + W_b = 6078,9642 \text{ lb/jam} = 2757,3750 \text{ kg/jam} = 66177,0009 \text{ kg/hari}$

Daya penggerak fan cooling tower

Performance cooling tower 90%

Daya penggerak fan cooling tower =  $0,03 \text{ hp/ft}^2$

Tenaga yang dibutuhkan (BHP) = luas tower x daya penggerak fan = 1,4941 HP

Efisiensi motor 80%

Power motor = BHP = 1,8676 HP

Digunakan 1 fan dengan motor 2 HP

2.2 Bak Penampung sementara (BU01)

Tugas : menampung air dan selanjutnya didistribusikan ke semua pengolahan air

---

---

Kapasitas : 66646,39 kg/jam

Dirancang overdesign 20% dan waktu tinggal dalam tangki 1 jam

Volume tangki = 66,8671 m<sup>3</sup>/jam

Dimensi bak dirancang

P = 4,3132 m

L = 2,1566 m

T = 8,6264 m

Bahan digunakan adalah beton

### 2.3 Demineralizer

Kation Exchanger

Bahan : Stainless steel 304

Tugas : Menurunkan kesadahan air umpan boiler

Resin : Natural Greensand Zeolit

Kapasitas

Jumlah air diolah (W) : 2954,2584 kg/jam

Densitas (p) : 997 kg/m<sup>3</sup>

Overdesign : 20%

Kapasitas :  $1,2 \times W / p = 1,2 \times 2954,2584 / 997 = 3,5568 \text{ m}^3/\text{jam}$

Perancangan waktu siklus kation exchanger

Waktu operasi :  $t_o = 16 \text{ jam}$

Waktu pencucian :  $t_w = 4 \text{ jam}$

Waktu regenerasi :  $t_r = 4 \text{ jam}$

Waktu siklus :  $t_c = 24 \text{ jam}$

Kisaran laju air melalui bed zeolite 3 – 8 gpm / ft<sup>2</sup> (Powell 1954)

Dirancang :

Kecepatan air diambil 3 gpm / ft<sup>2</sup> = 7,3334 m<sup>3</sup>/jam m<sup>2</sup>

Luas tampang kolom A = Q / kec air = 0,4850 m<sup>2</sup>

Diameter = D =  $(4 A / \pi)^{0,5} = 0,7860 \text{ m}$

Setelah proses pelunakan awal di Bak pengendapan awal kesadahan air berkisar  
50 – 70 ppm

---

---

Kapasitas Natural Green Sand Zeolit = 3000 grain hardness/ cuft (Nalco, 1978)  
tiap 1 cuft zeolite dapat menghilangkan 2000 – 12000 grain hardness dalam 1  
galon air rata terdapat 10 grain hardness (Powl 1954)

Diperkirakan :

Kesadahan air sebelum lewat KEU = 70 ppm

Kesadahan air setelah lewat KEU = 0 ppm

Kesadahan yang dihilangkan selama waktu operasi = 3,3088 kg = 51062,0553  
grain

Volum bed zeolite  $V = \text{kesadahan air yang dihilangkan} / \text{kapasitas zeolite} =$   
17,0207 cuft = 0,4820 m<sup>2</sup>

Tinggi bed zeolite : 0,9937 m

Tinggi cairan di atas bed : 0,25 m

Tinggi cairan di bawah bed : 0,25 m

Tinggi kolom : 1,4940 m

Kebutuhan HCl untuk regenerasi

Efisiensi regenerasi : 0,5 lb / 1000 grain hardness

Jumlah HCl = 11,5807 kg/waktu siklus

Anion Exchanger

Tugas : Menghilangkan anion dari air keluaran kation exchanger

Resin : Synthetix resin anion exchanger

Kapasitas :  $W = 2954,2584 \text{ kg/jam}$

$p : 997 \text{ kg/m}^2$

Overdesign: 20%

Kapasitas :  $1,2 \times W / p = 1,2 \times 2954,2584 / 997 = 3,5568 \text{ m}^3/\text{jam}$

Perancangan waktu siklus anion exchanger

Waktu operasi :  $t_o = 22,5 \text{ jam}$

Waktu pencucian :  $t_w = 0,5 \text{ jam}$

Waktu regenerasi :  $t_r = 1 \text{ jam}$

Waktu siklus :  $t_c = 24 \text{ jam}$

Karakteristik synthertic resin anion exchanger

---

---

Kapasitas = 10000 – 22000 grain / cuft (Nalco, 1978)

Kecepatan aliran air = 5 – 7,5 gpm / ft<sup>2</sup>

Kebutuhan regenerasi NaOH = 12 lb/cuft

Dirancang :

Kecepatan air diambil 5 gpm / ft<sup>2</sup> = 12,2224 m<sup>3</sup> / jam m<sup>2</sup>

Luas kolom A = Q / kec air = 0,2910 m<sup>2</sup>

Diameter =  $(4 \times A / \pi)^{0,5} = 0,6089$  m

Setelah proses pelunakan awal di bak penampungan awal, kesadahan air biasanya 50-70 ppm

Dipakai kapasitas resin = 10000 grain / cuft

Diperkirakan :

Total anion sebelum lewat AEU = 70 ppm

Total anion setelah lewat AEU = 0 ppm

Total anion yang dihilangkan selama waktu operasi = 4,6530 kg = 71806,0152 grain

Volume bed resin V = kesadahan air dihilangkan / kapasitas resin = 7,1806 cuft

Volume bed resin V = 0,2033 m<sup>3</sup>

Tinggi bed zeolite = 0,0619 / 0,0432 = 0,6989 m

Tinggi cairan diatas bed = 0,25 m

Tinggi cairan dibawah bed = 0,25

Tinggi kolom = 1,1989 m

Kebutuhan NaOH untuk regenerasi

Efisiensi regenerasi = 12 lb/cuft

Jumlah NaOH = 1,6712 lb/waktu siklus = 0,7580 kg/waktu siklus

#### 2.4 Tangki Air Demin (TU-05)

Bahan : Carbon steel

Tugas : Menampung sementara air make up boiler dan ion exchanger

Kecepatan volumetric : 3,5568 m<sup>3</sup>/jam

Waktu tinggal : 6 jam (Perry 1997)

Volume terisi : 80%

Volume bak :  $F_v \times t / 80\% = 6,6691 \text{ m}^3$

Diambil  $H/D = 1,5$

Diameter tangki = 1,7825

Tinggi tangki =  $1,7825 \times 1,5 = 2,6738 \text{ m}$

2.5 Daerator

Bahan : Stainless stell 304

Tugas : Melepaskan gas – gas yang terlarut dalam air seperti  $O_2$  dan  $CO_2$

Jenis : Silinder tegak dengan bahan isian

Perancangan

Bahan isian : Raschig ring ceramic

$D_p : 1 \text{ in} = 25,4 \text{ mm}$

Packing faktor : 160 (tabel 11.2 Coulson,1983)

Kecepatan air :  $2954,2584 \text{ kg/jam} = 67,1270 \text{ kmol/jam}$

Kecepatan steam:  $1000 \text{ kg/jam} = 55,6 \text{ kmol/jam}$

Massa jenis air:  $997 \text{ kg/m}^3$

Massa jenis steam :  $955,7704 \text{ kg/m}^3$

Viskositas air :  $1 \text{ cP} = 0,001 \text{ Ns/m}^2$

$FL_v = L / v (MJ_v / MJ_1)^{0,5}$

$FL_v = 1,18$

Dari fig 11.44 Coulson dengan  $dP/m$  diambil  $8 \text{ mm air/m}$

Didapat  $K_4 = 0,48$

$V_w' = ((K_4 \times MJ_v \times (MJ_1 - MJ_v) / (42,9 \times F_p \times (vis_1 / MJ_1)^{0,1}))^{0,5}$

$V_w' = ((0,5 \times 955,7704 \times (997 - 955,7704) / (42,9 \times 160 \times (0,001/997)^{0,1}))^{0,5}$

$V_w' = 3,300 \text{ kg/m}^2\text{s}$

Luas penampang =  $1000 / (3,380 \times 3600) = 0,08 \text{ m}^2$

Diameter bed = 0,3275 m

Dipakai  $D = 0,33 \text{ m}$

Untuk diameter packing 1 in tinggi bed diperkirakan  $0,4 - 0,5 \text{ m}$  (Coulson,1983)

$H_o$  (tinggi bed) =  $0,5 \text{ m}$

$H_1$  tinggi ruang diatas bed =  $H_o/2 = 0,25 \text{ m}$

---

---

H2 (tinggi ruang dibawah bed = Ho = 0,25 m

Hs = Ho + H1 + H2 = 1 m

Digunakan elliptical dished head dengan a/b = 2

Hh = D/4 = 0,0825 m

H total = Hs + 2 Hh = 1,165 m

Volume = 0,10 m<sup>3</sup>

Volume = 26,3122 gallon

## 2.6 Boiler

Tugas : menyediakan steam jenuh untuk memenuhi kebutuhan steam

Jenis : Water tube boiler

Jumlah steam : 2954,2584 kg/jam = 6514,4353 lb/jam

Dari steam table

P = 14,5 psi

T = 260,6 oF (suhu dipakai 120° C, tetapi dibuat 127°C asumsi hilang 7°C saat berjalan ke proses

Hg = 2706 BTU/lb

Hf = 503,81 BTU/lb

Hfg = 2202,19 BTU/lb

Efisiensi boiler 85%

Air umpan = 2954,2584 kg/jam / 85% = 3475,6 kg/jam

Suhu air umpan T1 = 86 °F = 30 °C

Cp air = 1 BTU/lb °F

Beban boiler = m cp dt air + m air (Hv-Hd)

Beban boiler = 1697237 BTU/jam = 17590431 kJ/jam

Digunakan bahan bakar fuel oil (solar) dengan spesifikasi

Normal heating value (F) = 45600 kJ/kg (<http://indonesia-property.com>)

Densitas 0,85 kg/L

Efisiensi 80%

Kebutuhan solar = Q / (F x p) = 1608756/ (45600 x 0,85 x 80%) = 569,97 L/jam



Kebutuhan solar = 13679,26 L/hari

## 2.7 Tangki Larutan N<sub>2</sub>H<sub>2</sub>

Tugas : membuat larutan N<sub>2</sub>H<sub>2</sub> yang mencegah pembentukan kerak dalam proses Air yang diolah sebanyak 2954,2584 kg/ jam = 2,9543 m<sup>3</sup>/jam = 780,4737 gallon/jam

Kebutuhan N<sub>2</sub>H<sub>2</sub> = 30 ppm = 0,0886 kg/jam = 4,6894 lb/hari

p N<sub>2</sub>H<sub>2</sub> = 62,40 lb/cuft

Volume N<sub>2</sub>H<sub>2</sub> = 0,0752 cuft/hari

Waktu tinggal = 30 hari = 720 jam

Overdesign 20%

Dibuat larutan N<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 5 %

Volume larutan = 45,0902 cuft = 1,2768 m<sup>3</sup>

Volume tangki = 1,5322 m<sup>3</sup>

Bentuk tangki = silinder tegak

Ukuran tangki = H/D = 1

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot (D) \quad V = \frac{\pi}{4} \cdot D^3 \quad D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}}$$

= 1,2497 m , jadi H = D = 1,2497 m

Digunakan motor listrik 0,5 HP dengan putaran pengadukan 20 rpm

Spesifikasi :

Jenis

Volume : 1,53 m<sup>3</sup>

Diameter : 1,2497 m

Tinggi : 1,2497 m

Jenis pengaduk : marine propeller 3 blade

Bahan : Stainless steel

## 2.8 Tangki Karbon Aktif

Fungsi : Membersihkan air dari bau dan rasa yang kurang sedap

Bahan : Carbon steel

Air diolah sebanyak : 1160 kg/jam = 220648,1472 gallon/bulan

Kebutuhan karbon aktif : 6 lb/ 100000 gallon

Kebutuhan karbon aktif =  $6 \times 220648,1472 / 100000 = 13,2389$  lb/bulan

p karbon aktif = 27 lb/cuft

Volume =  $13,2389 / 27 \times 1$  bulan = 0,4903 cuft

Overdesign 20% maka V = 0,5884 cuft

Bentuk tangki H/D = 2

$V = (\pi/4) \times D \times D \times (2 \times D)$

$D = (2 \times V / \pi)^{(1/3)}$

D = 0,7210 ft = 0,2198 m

H = 1,4420 m = 0,4395 ft

### 2.9 Tangki kaporit

Tugas : Menyiapkan dan menyimpan larutan kaporit 5% untuk persediaan 1 minggu

Jumlah air yang diolah = 1160 kg/jam

Kebutuhan kaporit = 5 ppm

Kebutuhan kaporit =  $(5/1000000) \times 1160 = 0,0058$  kg/jam

Kebutuhan larutan kaporit 5% =  $(100/5) \times 0,0058 = 0,1160$  kg/jam

Densitas larutan dianggap 997 kg/m<sup>3</sup>

Keperluan 1 bulan :

Volume cairan –  $30 \times 24 \times (0,1160/997) = 0,0838$  m<sup>3</sup>

Overdesign 20% maka = 0,1005 m<sup>3</sup>

$V = (\pi/4) D \times D \times D$

$D = (4 \times V / \pi)^{(1/3)}$

D = 0,4001 m

H = 0,8001 m

Bahan = Fyber

### 2.10 Tangki Air Sanitasi

Fungsi : menampung air bersih untuk perkantoran sehari - hari

Bahan : Fyber

Air ditampung : 1160 kg/ jam = 1,1600 m<sup>3</sup> / jam

---

Kapasitas 7 hari kedepan:

Overdesign 20%

Bentuk : silinder vertical

Volume : 33,4080 m<sup>3</sup>

D/H = 2

$H = (2 \times V / \pi)^{1/3}$

H = 4,3988 m

D = 2,1994 m

### 3.12 Tangki Larutan HCl

Tugas :Membuat larutan HCl yang akan digunakan regenerasi Kation exchanger

Densitas : 62,2 lb/cuft

Dibuat larutan HCl : 5%

Volume kation exchanger : 17,0207 cuft = 0,4820 m<sup>3</sup>

HCl dibutuhkan : 765,9308 lb

Overdesign : 20%

Volume tangki : 0,4182 m<sup>3</sup>

Bentuk tangki : silinder tegak

Ukuran tangki : H/D = 1

$V = (\pi/4) D \times D \times D$

D = 0,8106 m

H = 0,8106 m

Digunakan motor listrik 0,5 HP dengan putaran 20 rpm

Spesifikasi :

Jenis : silinder tegak

Volume : 110,4743 gallon

Diameter : 0,8106 m

Tinggi : 0,8106 m

Jenis pengaduk : Marine Propeler 3 blade

Bahan : Stainless steel 304

## 2.12 Tangki Larutan NaOH

Tugas : Membuat larutan NaOH yang akan digunakan regenerasi Anion exchanger.

Densitas : 62,2 lb/cuft

Dibuat larutan NaOH : 5%

Volume anion exchanger: 7,1806 cuft = 0,2033 m<sup>3</sup>

NaOH dibutuhkan : 50,1351 lb

Volume NaOH : 0,8055 cuft = 0,0228 m<sup>3</sup>

Overdesign : 20%

Volume tangki : 0,0274 m<sup>3</sup>

Bentuk tangki : silinder tegak

Ukuran tangki : H/D = 1

$$D = \sqrt[3]{\frac{4.V}{\pi}}$$

D = 0,3267 m

H = 0,3267 m

Digunakan motor listrik 0,5 HP dengan putaran 20 rpm

Spesifikasi :

Jenis : silinder tegak

Volume : 7,231162 gallon

Diameter : 0,3267 m

Tinggi : 0,3267 m

Jenis pengaduk: Marine Propeler 3 blade

Bahan : Stainless steel 304

## 2.13 Tangki Penampung Sementara Air Cooling tower

Tugas : Menampung air make up dan air pendingin yang telah digunakan

Jenis : tangki silinder tegak

Jumlah air : 47177,4790 kg/jam = 47,1775 m<sup>3</sup>/jam

Overdesign 10% waktu tinggal 1 jam

V tangki : 51,8952 m<sup>3</sup>

---

Dimensi tangki :  $D = H = (4 \times V / \pi)^{1/3} = 4,0435 \text{ m}$

Bahan : Carbon steel

#### 2.14 Tangki Air Pendingin Cooling tower

Tugas : Menampung air yang keluar dari cooling tower

Jenis : tangki silinder tegak

Jumlah air : 47177,4790 kg/jam = 47,1775 m<sup>3</sup>/jam

Overdesign 10% waktu tinggal 1 jam

V tangki : 51,8952 m<sup>3</sup>

Dimensi tangki :  $D = H = (4 \times V / \pi)^{1/3} = 4,0435 \text{ m}$

Bahan : Carbon steel

#### 2.15 Pompa

Type : *Centrifugal Pump*, karena :

- 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 = 1160,0000 kg/jam = 0,7104 lb/s

Densitas = 995,6470 kg/m<sup>3</sup> = 62,1563 lb/ft<sup>3</sup>

Rate volumetrik (Q) = massa/densitas

= 0,7104 / 62,1563

= 0,0114 ft<sup>3</sup>/s

= 5,1296 gpm

Diperkirakan aliran fluida turbulen (NRe > 2100), sehingga digunakan persamaan untuk  $Di \geq 1 \text{ in}$ , yaitu :

$Di_{opt} = 3,6 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13}$  (Pers. 45, Peters, hal 365)

Dimana :

$Di_{opt}$  = diameter dalam optimum, in

Q = kecepatan volumetric, ft<sup>3</sup>/s

$\rho$  = density fluida, lb/ft<sup>3</sup>

$Di_{opt} = 3,6 \times 0,1337 \times 1,7106$

$$= 0,8233 \text{ in}$$

Dari Appendix A.5-1 Geankoplis halaman dipilih NPS 3/4 in sch 40 diperoleh

$$OD = 1,05 \text{ in}$$

$$ID = 0,824 \text{ in}$$

$$A = 0,00371 \text{ ft}^2$$

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<sup>3</sup>/s

$A$  = inside sectional area, ft<sup>2</sup>

$$V = 0,0114/0,00371$$

$$= 3,0806 \text{ ft/s}$$

$$= 0,9390 \text{ m/s}$$

Menghitung Reynold Number (Nre)

$$Nre = \rho v D/\mu$$

Dimana :

$\rho$  = densitas cairan (lb/ft<sup>3</sup>)

$v$  = kecepatan linier (ft/s)

$D$  = diameter dalam pipa (ft)

$\mu$  = viskositas (lb/ft s)

$$Nre = (62,1563 \times 3,0806 \times 0,0687) / 0,0005$$

$$= 24005 \text{ (asumsi aliran turbulen benar)}$$

*Head Losses* ( $H_F$ )

a). *Sudden Contraction Losses*

$$h_c = k_c \times (V^2 / 2 \times g_c \times \alpha) \text{ (Pers. 2.10-16, Geankoplis, hal 98)}$$

$(A_1 \gg A_2)$ , dimana:

$$A_1 = 192,4814 \text{ ft}^2$$

$$A_2 = 0,00371 \text{ ft}^2$$

Karena ,  $A_2/A_1 = 0,00371 / 192,4814 = 1,9275E-05 < 0,715$

$$\begin{aligned} \text{Maka , } k_c &= 0,4 \times (1,25 - (A_2/A_1)) \\ &= 0,5 \end{aligned}$$

$\alpha = 1$  untuk aliran turbulen

$$\begin{aligned} \text{sehingga, } h_c &= k_c \times (V^2 / (2 \times g_c \times \alpha)) \\ &= 0,0737 \text{ lb}_f \cdot \text{ft/lb}_m \end{aligned}$$

b). *Sudden Enlargement Losses*

$(A_2 \gg A_1)$ , dimana:  $A_1 = 0,00371 \text{ ft}^2$   $A_2 = 0,4081 \text{ ft}^2$

Dimana :

$$\begin{aligned} K_{ex} &= (1 - (A_1/A_2))^2 \\ &= 0,9819 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, } h_{ex} &= k_{ex} \times (V^2 / (2 \times g_c \times \alpha)) \quad (\text{Pers. 2.10-15 , Geankoplis, hal 98}) \\ &= 0,1448 \text{ lb}_f \cdot \text{ft/ lb}_m \end{aligned}$$

c). *Losses in fitting and valve*

$$h_f = k_f \times (V^2 / (2 \times g_c \times \alpha)) \quad (\text{Pers. 2.10-17 , Geankoplis, hal 99})$$

Dari Tabel 2.10-1 Geankoplis, hal 99 didapat :

*Elbow, 90°*  $\rightarrow k_f = 0,75$

*Gate valve (wide open)*  $\rightarrow k_f = 0,17$

*Coupling*  $\rightarrow k_f = 0,04$

Asumsi , panjang pipa = 18 m

Maka :

$$3 \text{ elbow } 90^\circ = 3 k_f = 2,25$$

$$1 \text{ gate valve} = 1 k_f = 0,17$$

$$3 \text{ coupling} = 3 k_f = 0,16$$

$$\text{Total } k_f = 2,58$$

$$\text{Sehingga, } h_f = k_f \times (V^2 / (2 \times g_c \times \alpha)) = 0,3805 \text{ lb}_f \cdot \text{ft/ lb}_m$$

d). *Losses in pipe straight*

$$H_f = (4f \cdot v^2 \cdot \Sigma L_e) / (2 \cdot ID \cdot G_c) \quad (\text{Pers. 2.10-6, Geankoplis, hal 92})$$

Dari tabel 2.10-1 Geankoplis hal 99, didapat :

$$\text{Elbow, } 90^\circ \rightarrow L/D = 35$$

$$\text{Gate valve (wide open)} \rightarrow L/D = 9$$

$$\text{Coupling} \rightarrow L/D = 2$$

Maka :

$$3 \text{ elbow } 90^\circ = 3 \cdot ID \cdot L/D = 7,21$$

$$1 \text{ gate valve} = 1 \cdot ID \cdot L/D = 0,8160$$

$$3 \text{ coupling} = 3 \cdot ID \cdot L/D = 0,5493$$

$$\text{Total } L_e = 8,3773$$

$$\Sigma L = L + L_e$$

$$= 118,1088 + 8,3773$$

$$= 126,4861 \text{ ft}$$

$$= 38,5530 \text{ m}$$

\* Menghitung *Fanning Friction Factor* (f)

Dari Fig. 2.10-3 Geankoplis, hal 94 didapat :

Untuk commercial steel  $\rightarrow \varepsilon = 0,0001509 \text{ ft}$

Sehingga,  $\varepsilon/D = 0,0022$

Dari Figure 2.10-3 Geankoplis, dengan nilai  $N_{re} = 24005,79188$

didapatkan nilai  $f = 0,08$

Sehingga  $H_f = 86,93 \text{ lb}_f \cdot \text{ft}/\text{lb}_m$

\* Menghitung energi yang hilang karena gesekan ( $\Sigma F$ )

$$\Sigma F = H_F = h_c + h_{ex} + h_f + h_F$$

$$= 87,52 \text{ lb}_f \cdot \text{ft}/\text{lb}_m$$

\* Menghitung *Static Head*

$$Z_1 = 0 \text{ ft}$$

$$Z_2 = 0,4395 \text{ ft}$$

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1$$

$$= 0,4395 - 0$$



$$= 0,4395 \text{ ft}$$

$$g/gc = 1 \text{ lbf/lbm}$$

$$\Delta Z (g/gc) = 0,4395 \times 1$$

$$= 0,4395 \text{ ft lbf/lbm}$$

Karena pada 2 titik reference dianggap sama, maka  $V_1 = V_2$

Sehingga *velocity head* ( $V^2 / 2agc$ ) = 0,1475

\* Menghitung *Pressure Head*

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 2116 \text{ lb/ft}^2$$

$$\Delta P = P_1 \times \text{velocity}$$

$$= 2116 \times 0,1475$$

$$= 312,0625 \text{ lb/ft}^2$$

Sehingga,  $\Delta P/\rho = 5,0206 \text{ ft}$

\* Menghitung Energi Mekanik Pompa

$$W_f = \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F$$

$$= 93,13 \text{ ft. lbf/lbm}$$

\* Menghitung *Broke Horse Power* (BHP)

$$\text{BHP} = (Q_f \cdot \rho \cdot (W_f)) / (550 \cdot \eta)$$

dari Figure 10.62 coulson, untuk  $Q_f = 5,12 \text{ gpm} = 1,16 \text{ m}^3/\text{jam}$

diperoleh  $\eta$  pompa = 40%

Sehingga, BHP = 0,3007

Menghitung Tenaga Motor

Dari figure 14-38, Peters hal 521, untuk BHP 0,3007

$$H_p = 0,2243$$

diperoleh  $\eta$  motor = 0,8

$$P \text{ motor} = \text{BHP}/\eta$$

$$= 0,3007/0,8$$

$$= 0,3759 \text{ hp}$$

Dipilih motor standar dengan power = 1 hp

### Spesifikasi

Rate Volumetrik : 0,0114 ft<sup>3</sup>/s

Kecepatan aliran : 3,0806 ft/s

Ukuran Pipa : NPS = 3/4 in

Sch. Number = 40

OD = 1,05 in

ID = 0,824 in

Flow area = 0,5342 in<sup>2</sup>

Power pompa : 0,3007 hp

Power motor : 0,5 hp

| Nama alat | Power, Hp | Diameter, in |
|-----------|-----------|--------------|
| Pompa 1   | 0,5       | 0,824        |
| Pompa 2   | 0,5       | 0,824        |
| Pompa 3   | 3         | 4,813        |
| Pompa 4   | 0,5       | 1,38         |
| Pompa 5   | 0,5       | 1,38         |
| Pompa 6   | 0,5       | 1,38         |
| Pompa 7   | 0,5       | 1,38         |
| Pompa 8   | 0,5       | 1,38         |
| Pompa 9   | 0,5       | 1,38         |
| Pompa 10  | 2         | 4,813        |
| Pompa 11  | 3         | 4,813        |
| Pompa 12  | 0,5       | 0,824        |
| Pompa 13  | 1         | 2,323        |
| Pompa 14  | 0,5       | 0,957        |

## Perancangan Kebutuhan Listrik

Kebutuhan listrik untuk pabrik meliputi :

### 1. Listrik untuk keperluan proses dan pengolahan air

| Nama alat proses | Power, hp | Jumlah | $\Sigma$ Power, Hp |
|------------------|-----------|--------|--------------------|
| Mixer            | 5         | 1      | 5                  |
| Reaktor          | 11        | 5      | 11                 |
| Filter           | 10        | 1      | 10                 |
| Dryer            | 10        | 1      | 10                 |
| Blower           | 3         | 1      | 14                 |
| Ballmill 1       | 9         | 1      | 9                  |
| Ballmill 2       | 9         | 1      | 11                 |
| Pompa 1          | 1         | 1      | 1                  |
| Pompa 2          | 1         | 1      | 1                  |
| Pompa 3          | 1         | 1      | 1                  |
| Pompa 4          | 0,5       | 1      | 0,5                |
| Pompa 5          | 0,5       | 1      | 0,5                |
| Pompa 6          | 0,5       | 1      | 0,5                |
| Pompa 7          | 0,5       | 1      | 0,5                |
| BE 1             | 3         | 1      | 3                  |
| BE 2             | 2         | 1      | 2                  |
| BE 3             | 3         | 1      | 3                  |
| SC 1             | 3         | 1      | 3                  |
| SC 2             | 2         | 1      | 2                  |
| SC 3             | 1,5       | 1      | 1,5                |
| BC 1             | 1         | 1      | 1                  |
| BC 2             | 1         | 1      | 1                  |
| BC 3             | 0,5       | 1      | 0,5                |
| BC 4             | 0,5       | 1      | 0,5                |
| BC 5             | 0,5       | 1      | 0,5                |

|         |   |   |     |
|---------|---|---|-----|
| Crusher | 4 | 1 | 4   |
| TOTAL   |   |   | 128 |

Power yang dibutuhkan 95,449 kW

## 2. Listrik untuk utilitas

| Nama alat proses                     | Power, hp | jumlah | $\Sigma$ Power, Hp |
|--------------------------------------|-----------|--------|--------------------|
| Cooling tower                        | 0,5       | 1      | 0,5                |
| Pompa 1                              | 0,5       | 1      | 0,5                |
| Pompa 2                              | 0,5       | 1      | 0,5                |
| Pompa 3                              | 3         | 1      | 3                  |
| Pompa 4                              | 0,5       | 1      | 0,5                |
| Pompa 5                              | 0,5       | 1      | 0,5                |
| Pompa 6                              | 0,5       | 1      | 0,5                |
| Pompa 7                              | 0,5       | 1      | 0,5                |
| Pompa 8                              | 0,5       | 1      | 0,5                |
| Pompa 9                              | 0,5       | 1      | 0,5                |
| Pompa 10                             | 2         | 1      | 2                  |
| Pompa 11                             | 3         | 1      | 3                  |
| Pompa 12                             | 0,5       | 1      | 0,5                |
| Pompa 13                             | 1         | 1      | 1                  |
| Pompa 14                             | 0,5       | 1      | 0,5                |
| Tangki N <sub>2</sub> H <sub>2</sub> | 0,5       | 1      | 0,5                |
| Tangki NaOH                          | 0,5       | 1      | 0,5                |
| Tangki HCl                           | 0,5       | 1      | 0,5                |
| TOTAL                                |           |        | 16                 |

Diketahui 1 HP = 0,7457 kW

Power dibutuhkan = 11,9312 KW

## 3. Listrik untuk penerangan dan AC

Listrik untuk AC diperkirakan sebesar 5000W = 5 kW

Listrik untuk penerangan diperkirakan sebesar = 100 kW

#### 4. Listrik untuk laboratorium dan bengkel

Listrik untuk laboratorium dan bengkel diperkirakan sebesar = 40 kW

#### 5. Listrik untuk Instrumentasi

Listrik yang digunakan diperkirakan sebesar = 5 kW

listrik untuk kebutuhan pengering rotary dryer = 216,5488 kW

Total kebutuhan listrik = 379,2257kW

Emergency generator yang digunakan mempunyai efisiensi 80%

Maka input generator =  $379,2257 / 80\% = 474,0321$  kW

Digunakan input generator 500 kW

Untuk keperluan lainnya =  $27,8321 \text{ kW} \times 80\% = 22,2657 \text{ kW}$

Spesifikasi generator

Tipe = AC Generator

Kapasitas = 500 Kw

Tegangan = 220/360 volt

Efisiensi = 80%

Frekuensi = 50 Hz

Bahan bakar = Solar

Kebutuhan bahan bakar untuk generator set

Jenis bahan bakar = Solar

Heating value = 18315 ( <http://Indonesia-property.com> )

Efisiensi bahan bakar = 80%

p solar = 53 lb/cuft ( <http://indonesia-property.com> )

Kapasitas input generator = 1706206 BTU/jam

Kebutuhan solar =  $1706026 / (80\% \times 53 \times 18315) = 2,1971$  cuft/jam

Tangki bahan bakar untuk generator

Fungsi : menampung bahan bakar solar untuk generator

Jenis : Tangki silinder horizontal

Kebutuhan solar:  $0,0622 \text{ m}^3/\text{jam} = 1,4923 \text{ m}^3/\text{hari}$

Kebutuhan solar boiler :  $569,9691 \text{ L}/\text{jam} = 0,5007 \text{ m}^3/\text{hari}$

Kebutuhan solar total :  $0,6321 \text{ m}^3/\text{jam} = 455,1468 \text{ m}^3/\text{th}$

Waktu tinggal : 1 hari

Tangki dirancang 20%

V tangki : 18,2059 m<sup>3</sup>

D = H maka

$V = \pi/4 \times D \times D \times D$

$D = (4 \times V \times \pi)^{1/3}$

D = 2,8518 m

H = 2,8518 m

Bahan Carboon Steel

## EKONOMI TEKNIK

Dalam prarancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lama modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas atau suatu titik dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan atau tidak dan layak atau tidak jika didirikan

Dasar perhitungan : Kapasitas produksi : 100.000 ton / tahun

Pabrik beroperasi : 330 hari kerja

Umur alat : 10 tahun

Nilai kurs 1 USD : 13966 (02 januari 2020, kursdollar.net)

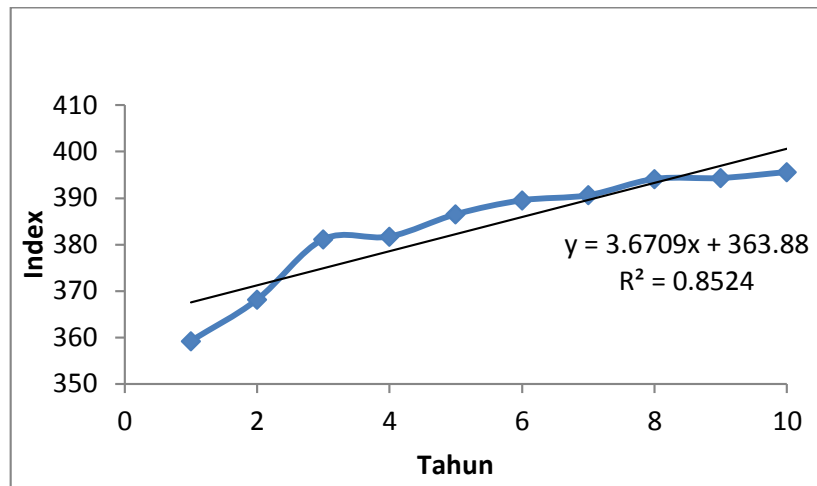
Tahun evaluasi : 2020

Harga alat pada tahun : 2014

Pabrik didirikan pada tahun 2024

Indeks dari Peters,2003

| Tahun ke- | index  | tahun |
|-----------|--------|-------|
| 1         | 359,20 | 1993  |
| 2         | 368,10 | 1994  |
| 3         | 381,10 | 1995  |
| 4         | 381,70 | 1996  |
| 5         | 386,50 | 1997  |
| 6         | 389,50 | 1998  |
| 7         | 390,60 | 1999  |
| 8         | 394,10 | 2000  |
| 9         | 394,30 | 2001  |
| 10        | 395,60 | 2002  |



Dari grafik diatas diperoleh persamaan :

$$Y = 3,6709x + 363,88$$

Dari persamaan tersebut, dicari index pada tahun perancangan, yaitu :

Tahun 2014 adalah tahun ke 22 = 444,6398

Tahun 2019 adalah tahun ke 27 = 462,9943

Tahun 2024 adalah tahun ke 32 = 481,3488

Present cost = original cost x index value at time/ indext value at time original cost

Harga upah buruh di Banten (Cilegon) Rp. 4.197.030 = 19230,76923 / jam

**Harga alat diperhitungkan dari (www.matche.com)**

| N<br>O | Nama alat    | Variabel penting | Jumlah | Harga 2014 (\$) | Harga 2024 (\$) | Harga Total (\$) | Harga Total (Rp) |
|--------|--------------|------------------|--------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| 1      | Silo batuan  | Volumen          | 3      | 34700           | 37564,79595     | 75129,59191      | 1049259881       |
| 2      | Tangki H2SO4 | Volumen          | 2      | 76200           | 82490,99284     | 82490,99284      | 1152069206       |
| 3      | Mixer        | Volumen          | 1      | 668300          | 723474,1538     | 723474,1538      | 10104040032      |



|    |                           |            |   |       |                 |                 |                 |
|----|---------------------------|------------|---|-------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 4  | Heat<br>exchange<br>r     | Luas       | 1 | 3400  | 3680,7004<br>68 | 3680,7004<br>68 | 51404662,<br>74 |
| 5  | Reaktor                   | Volum<br>e | 5 | 20980 | 227120,87<br>01 | 681362,61<br>02 | 951591021<br>4  |
| 6  | Filter                    | Luas       | 1 | 84100 | 91043,208<br>64 | 91043,208<br>64 | 127150945<br>2  |
| 7  | Dryer                     | Luas       | 1 | 72700 | 78702,036<br>48 | 78702,036<br>48 | 109915264<br>1  |
| 8  | Screenin<br>g 1           | Luas       | 1 | 19600 | 21218,155<br>64 | 21218,155<br>64 | 296332761<br>,7 |
| 9  | Screenin<br>g 2           | Luas       | 1 | 18700 | 20243,852<br>57 | 20243,852<br>57 | 282725645<br>,1 |
| 10 | Ballmill<br>1             | Luas       | 1 | 16700 | 18078,734<br>65 | 18078,734<br>65 | 252487608<br>,2 |
| 11 | Ballmill<br>2             | Luas       | 1 | 21200 | 22950,249<br>98 | 22950,249<br>98 | 320523191<br>,2 |
| 12 | Evaporat<br>or            | Vluas      | 1 | 81700 | 88445,067<br>13 | 88445,067<br>13 | 123522380<br>8  |
| 13 | Tangki<br>produk          | Volum<br>e | 2 | 57300 | 62030,628<br>48 | 62030,628<br>48 | 866319757<br>,3 |
| 14 | Silo<br>produk<br>samping | Volum<br>e | 1 | 29800 | 32260,257<br>04 | 32260,257<br>04 | 450546749<br>,9 |
| 15 | Tangki<br>HF              | Volum<br>e | 2 | 39500 | 42761,078<br>97 | 42761,078<br>97 | 597201228<br>,9 |
| 16 | Scrubber                  |            | 1 | 36900 | 39946,425<br>67 | 39946,425<br>67 | 557891780<br>,9 |
| 17 | Pompa 1                   | D          | 1 | 4100  | 4438,4917       | 4438,4917       | 61987975,       |

|    |         |                   |   |       |                 |                 |                 |
|----|---------|-------------------|---|-------|-----------------|-----------------|-----------------|
|    |         |                   |   |       | 41              | 41              | 65              |
| 18 | Pompa 2 | D                 | 1 | 4100  | 4438,4917<br>41 | 4438,4917<br>41 | 61987975,<br>65 |
| 19 | Pompa 3 | D                 | 1 | 4100  | 4438,4917<br>41 | 4438,4917<br>41 | 61987975,<br>65 |
| 20 | Pompa 4 | D                 | 1 | 3200  | 3464,1886<br>76 | 3464,1886<br>76 | 48380859,<br>05 |
| 21 | Pompa 5 | D                 | 1 | 3200  | 3464,1886<br>76 | 3464,1886<br>76 | 48380859,<br>05 |
| 22 | Pompa 6 | D                 | 1 | 3200  | 3464,1886<br>76 | 3464,1886<br>76 | 48380859,<br>05 |
| 23 | Pompa 7 | D                 | 1 | 3200  | 3464,1886<br>76 | 3464,1886<br>76 | 48380859,<br>05 |
| 24 | BE 1    | Tinggi            | 1 | 10800 | 11691,636<br>78 | 11691,636<br>78 | 163285399<br>,3 |
| 25 | BE 2    | Tinggi            | 1 | 9200  | 9959,5424<br>43 | 9959,5424<br>43 | 139094969<br>,8 |
| 26 | BE 3    | Tinggi            | 1 | 13900 | 15047,569<br>56 | 15047,569<br>56 | 210154356<br>,5 |
| 27 | SC 1    | D,<br>panjan<br>g | 1 | 5300  | 5737,5624<br>94 | 5737,5624<br>94 | 80130797,<br>8  |
| 28 | SC 2    | D,<br>panjan<br>g | 1 | 3900  | 4221,9799<br>49 | 4221,9799<br>49 | 58964171,<br>96 |
| 29 | SC 3    | D,<br>panjan<br>g | 1 | 3900  | 4221,9799<br>49 | 4221,9799<br>49 | 58964171,<br>96 |
| 30 | BC 1    | Lebar,            | 1 | 5600  | 6062,3301       | 6062,3301       | 84666503,       |

|    |       |                        |   |      |                 |                 |                 |
|----|-------|------------------------|---|------|-----------------|-----------------|-----------------|
|    |       | panjang<br>g           |   |      | 83              | 83              | 33              |
| 31 | BC 2  | Lebar,<br>panjang<br>g | 1 | 5600 | 6062,3301<br>83 | 6062,3301<br>83 | 84666503,<br>33 |
| 32 | BC 3  | Lebar,<br>panjang<br>g | 1 | 5600 | 6062,3301<br>83 | 6062,3301<br>83 | 84666503,<br>33 |
| 33 | BC 4  | Lebar,<br>panjang<br>g | 1 | 5600 | 6062,3301<br>83 | 6062,3301<br>83 | 84666503,<br>33 |
| 34 | BC 5  | Lebar,<br>panjang<br>g | 1 | 5600 | 6062,3301<br>83 | 6062,3301<br>83 | 84666503,<br>33 |
|    | TOTAL |                        |   |      |                 | 2192181,8<br>6  | 306160123<br>66 |

#### Physical Plant Cost (PPC)

Purchased equipment cost total (PEC) = \$2.186.119,57 = Rp 30.531.345.862,45  
(Biaya selama pengangkutan, cara pengangkutan, berat, ukuran)

#### 1. Delivered Equipment Cost (DEC)

Diperkirakan biaya transportasi alat sampai tempat 10% PEC (Peters hal 244)

$$\text{DEC} = 10\% \times \text{Rp } 30.531.345.862,45$$

$$= \text{Rp } 3.053.134.586,25$$

#### 2. Instalasi (Biaya pasang alat) (25% sd 55% PEC Peters hal 245)

$$\text{Material } 11\% \text{ PEC} = 11\% \times \text{Rp } 30.531.345.862,45$$

$$= \text{Rp } 3.358.448.044,87$$

$$\text{Buruh (32\% PEC)} = 32\% \times \text{Rp } 30.531.345.862,45$$

$$= \text{Rp } 9.770.030.675,98$$

$$\text{Jumlah manhour} = \text{Rp } 9.770.030.675,98 / \text{Rp } 19.230,77$$

*Umul Lailatul Jannah*

21150285D

$$= \text{Rp } 508.041,60$$

$$\text{Buruh lokal (100\%)} = 100\% \times 19.230,77 \times 508.041,60$$

$$= \text{Rp } 9.770.030.675,98$$

$$\text{Total Cost} = \text{Rp } 13.128.478.720,85$$

3. Pemipaan (biaya pasang pipa) untuk cairan sampai 80% Peters hal 245

$$\text{Material (43\% PEC)} = 43\% \times \text{Rp } 30.531.345.862,45$$

$$= \text{Rp } 13.128.478.720,85$$

$$\text{Buruh (37\% PEC)} = 37\% \times \text{Rp } 30.531.345.862,45$$

$$= \text{Rp } 11.296.597.969,11$$

$$\text{Jumlah Manhour} = \text{Rp } 11.296.597.969,11 / \text{Rp } 19.230,77$$

$$= \text{Rp } 587.423,09$$

$$\text{Buruh lokal (100\%)} = 100\% \times 19.230,77 \times 587.423,09$$

$$= \text{Rp } 11.296.597.969,11$$

$$\text{Total Cost} = \text{Rp } 24.425.076.689,96$$

4. Instrumentasi (biaya pemasangan alat-alat kontrol) 8-50% peters hal 245

$$\text{Material (30\% PEC)} = 30\% \times \text{Rp } 30.531.345.862,45$$

$$= \text{Rp } 9.159.403.758,74$$

$$\text{Buruh (10\% PEC)} = 10\% \times \text{Rp } 30.531.345.862,45$$

$$= \text{Rp } 3.053.134.586,25$$

$$\text{Jumlah Manhour} = \text{Rp } 3.053.134.586,25 / 19.230,77$$

$$= \text{Rp } 158.763,00$$

$$\text{Buruh lokal (100\%)} = 100\% \times 19.230,77 \times 158.763,00$$

$$= \text{Rp } 3.053.134.586,25$$

$$\text{Total Cost} = \text{Rp } 12.212.538.344,98$$

5. Listrik 15-30% PEC Peters hal 273

$$\text{Material (25\% PEC)} = 25\% \times \text{Rp } 30.531.345.862,45$$

$$= \text{Rp } 7.632.836.465,61$$

$$\text{Buruh (5\% PEC)} = 5\% \times \text{Rp } 30.531.345.862,45$$

$$= \text{Rp } 1.526.567.293,12$$

$$\text{Jumlah Manhour} = \text{Rp } 1.526.567.293,12 / 19.230,77$$

$$= \text{Rp } 79.381,50$$

$$\text{Buruh lokal (100\%)} = 100\% \times 19.230,77 \times 79.381,50$$

$$= \text{Rp } 1.526.567.293,12$$

$$\text{Total cost} = \text{Rp } 9.159.403.758,74$$

6. Isolasi (Biaya pemasangan isolasi pada sistem pipa) = 8% -9% PEC

$$\text{Material (5\% PEC)} = 5\% \times \text{Rp } 30.531.345.862,45$$

$$= \text{Rp } 1.526.567.293,12$$

$$\text{Buruh (4\% PEC)} = 4\% \times \text{Rp } 30.531.345.862,45$$

$$= \text{Rp } 1.221.253.834,50$$

$$\text{Jumlah Manhour} = \text{Rp } 1.221.253.834,50 / 19.230,77$$

$$= \text{Rp } 63.505,20$$

$$\text{Buruh lokal (100\%)} = 100\% \times 19.230,77 \times 63.505,20$$

$$= \text{Rp } 1.221.253.834,50$$

$$\text{Total cost} = \text{Rp } 2.747.821.127,62$$

Bangunan

Luas masing-masing bangunan =

| NO | Nama bangunan     | P (m) | L(m) | jumlah | Luas (m2) |
|----|-------------------|-------|------|--------|-----------|
| 1  | Kantor            | 35    | 25   | 1      | 875       |
| 2  | Gedung Pertemuan  | 35    | 15   | 1      | 525       |
| 3  | Perpustakaan      | 20    | 12   | 1      | 240       |
| 4  | Masjid            | 10    | 12   | 1      | 120       |
| 5  | Kantin            | 10    | 12   | 1      | 120       |
| 6  | Poliklinik        | 10    | 12   | 1      | 120       |
| 7  | Koperasi          | 10    | 12   | 1      | 120       |
| 8  | pos keamanan      | 5     | 5    | 2      | 50        |
| 9  | Gudang            | 10    | 10   | 1      | 100       |
| 10 | pengolahan limbah | 50    | 10   | 1      | 500       |
| 11 | K3                | 10    | 10   | 1      | 100       |
| 12 | LAB               | 15    | 15   | 1      | 225       |

|    |                   |    |    |   |       |
|----|-------------------|----|----|---|-------|
| 13 | Ruang kontrol     | 15 | 15 | 1 | 225   |
| 14 | pemadam kebakaran | 11 | 10 | 1 | 110   |
| 15 | Utilitas          | 20 | 46 | 1 | 920   |
| 16 | area proses       | 30 | 50 | 1 | 1500  |
| 17 | Bengkel           | 20 | 10 | 1 | 200   |
| 18 | Taman             |    |    | 1 | 1000  |
| 19 | tempat parkir     | 30 | 25 | 1 | 750   |
| 20 | Area pengembangan | 25 | 80 | 1 | 2000  |
| 21 | parkir truk       | 40 | 25 | 1 | 1000  |
| 22 | Jalan             |    |    | 1 | 1000  |
|    | TOTAL             |    |    |   | 11800 |

Harga di Kawasan Industri Gresik

Tahun 2014 \$ 250,00 = Rp 3.491.500,00/m<sup>2</sup>

Tahun 2024 = Rp 3.326.710,16/m<sup>2</sup>

Biaya bangunan = Rp 20.126.596.462,06

7. Pengembangan Lahan (Yard Improvment) = 10% -20% PEC

Biaya ini meliputi biaya untuk pagar, jalan raya, jalan alternatif, pertamanan, dan lainnya.

Harga = Rp 1.500.000,00 /m<sup>2</sup> untuk biaya taman, pagar, dan area parkir

Biaya = Rp 8.625.000.000,00

Luas Jalan = 1000/m<sup>2</sup>

Harga Jalan aspal = Rp 150.000/m<sup>2</sup>

([www.pengaspalanhotmix.com/2017/01/tukang-borong-an-aspal-hotmix-di-sentul.html](http://www.pengaspalanhotmix.com/2017/01/tukang-borong-an-aspal-hotmix-di-sentul.html))

Biaya Jalan = Rp 150.000.000

Biaya Pengembangan = Rp 8.775.000.000,00

8. Tanah

Luas tanah = 11800 m<sup>2</sup>

Harga tanah = Rp 2.000.000,00/m<sup>2</sup>tahun 2014

= Rp 2.064.974,33/m<sup>2</sup> tahun 2024

Biaya tanah = Rp 24.366.697.051,38

#### 9. Peralatan Utilitas (PEC-UT)

| No | Nama alat                                       | Jumlah | Harga<br>2014 (\$) | Harga 2024<br>(\$) | Harga Total<br>(\$) | Harga Total (Rp) |
|----|---|--------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|
| 1  | Demineralizer                                   | 1      | 16300              | 17645,71107        | 17645,71107         | 246440000,8      |
| 2  | Dearator  | 1      | 14900              | 16130,12852        | 16130,12852         | 225273374,9      |
| 3  | Boiler  | 1      | 284900             | 308421,048         | 308421,048          | 4307408357       |
| 4  | Tangki larutan<br>N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> | 1      | 32600              | 35291,42214        | 35291,42214         | 492880001,5      |
| 5  | Tangki karbon<br>aktif                          | 1      | 2200               | 2381,629715        | 2381,629715         | 33261840,59      |
| 6  | Pompa Utilitas<br>(P1)                          | 1      | 3900               | 4221,979949        | 4221,979949         | 58964171,96      |
| 7  | Pompa Utilitas<br>(P2)                          | 1      | 3900               | 4221,979949        | 4221,979949         | 58964171,96      |
| 8  | Pompa Utilitas<br>(P3)                          | 1      | 3900               | 4221,979949        | 4221,979949         | 58964171,96      |
| 9  | Pompa Utilitas<br>(P4)                          | 1      | 3900               | 4221,979949        | 4221,979949         | 58964171,96      |
| 10 | Pompa Utilitas<br>(P5)                          | 1      | 3900               | 4221,979949        | 4221,979949         | 58964171,96      |
| 11 | Pompa Utilitas<br>(P6)                          | 1      | 3900               | 4221,979949        | 4221,979949         | 58964171,96      |
| 12 | Pompa Utilitas<br>(P7)                          | 1      | 3900               | 4221,979949        | 4221,979949         | 58964171,96      |
| 13 | Pompa Utilitas                                  | 1      | 3900               | 4221,979949        | 4221,979949         | 58964171,96      |

|    |                         |   |        |             |             |             |  |
|----|-------------------------|---|--------|-------------|-------------|-------------|--|
|    | (P8)                    |   |        |             |             |             |  |
| 14 | Pompa Utilitas (P9)     | 1 | 3900   | 4221,979949 | 4221,979949 | 58964171,96 |  |
| 15 | Pompa Utilitas (P10)    | 1 | 4100   | 4438,491741 | 4438,491741 | 61987975,65 |  |
| 16 | Pompa Utilitas (P11)    | 1 | 4800   | 5196,283014 | 5196,283014 | 72571288,57 |  |
| 17 | Pompa Utilitas (P12)    | 1 | 3900   | 4221,979949 | 4221,979949 | 58964171,96 |  |
| 18 | Pompa Utilitas (P13)    | 1 | 4100   | 4438,491741 | 4438,491741 | 61987975,65 |  |
| 19 | Pompa Utilitas (P14)    | 1 | 3900   | 4221,979949 | 4221,979949 | 58964171,96 |  |
| 20 | Tangki HCl              | 1 | 20500  | 22192,4587  | 22192,4587  | 309939878,3 |  |
| 21 | Tangki NaOH             | 1 | 10700  | 11583,38088 | 11583,38088 | 161773497,4 |  |
| 22 | Tangki kaporit          | 1 | 8800   | 9526,518859 | 9526,518859 | 133047362,4 |  |
| 23 | Tangki anion exchanger  | 1 | 7700   | 8335,704001 | 8335,704001 | 116416442,1 |  |
| 24 | Tangki kation exchanger | 1 | 13200  | 14289,77829 | 14289,77829 | 199571043,6 |  |
| 25 | Tangki pendingin 1      | 1 | 46800  | 50663,75938 | 50663,75938 | 707570063,6 |  |
| 26 | Tangki pendingin 2      | 1 | 46800  | 50663,75938 | 50663,75938 | 707570063,6 |  |
| 27 | Tangki air sanitasi     | 1 | 89500  | 96889,02703 | 96889,02703 | 1353152151  |  |
| 28 | Tangki air umpan boiler | 1 | 34300  | 37131,77237 | 37131,77237 | 518582332,9 |  |
| 29 | Cooling tower           | 1 | 101900 | 110312,7581 | 110312,7581 | 1540627980  |  |



|    |       |  |  |  |            |                   |
|----|-------|--|--|--|------------|-------------------|
| 30 | TOTAL |  |  |  | 851.973,90 | 11.898.667.521,91 |
|----|-------|--|--|--|------------|-------------------|

Harga alat lokal Rp 800.000,00 /m<sup>3</sup>

| NO | Nama alat     | Jumlah | Volume (m <sup>3</sup> ) | Harga total (Rp) |
|----|---------------|--------|--------------------------|------------------|
| 1  | Bak penampung | 1      | 80,2405                  | 64.192.369       |

Physical Plant Cost (PPC)

Purchased Equipment Cost total (PEC) = Rp 11.962.859.891,08

(Biaya selama pengangkutan, cara pengangkutan, berat, ukuran)

1. Delivered Equipment Cost (DEC)

Diperkirakan biaya transportasi alat sampai tempat 10% PEC (Peters hal 244)

DEC = 10% x Rp 11.962.859.891,08

= Rp 1.196.285.989,11

2. Instalasi (Biaya pasang alat) (25% sd 55% PEC Peters hal 245)

biaya pembangunan untuk menyokong PEC

Material 11% PEC = 11% x Rp 11.962.859.891,08

= Rp 1.315.914.588,02

Buruh (32% PEC) = 32% x Rp 11.962.859.891,08

= Rp 3.828.115.165,15

Jumlah manhour = Rp 3.828.115.165,15 / Rp 19.230,77

= Rp 199.061,99

Buruh lokal (100%) = 100% x 19.230,77 x 199.061,99

= Rp 3.828.115.165,15

Total Cost = Rp 5.144.029.753,16

3. Pemipaan (biaya pasang pipa) untuk cairan sampai 80% Peters hal 245

Material (43% PEC) = 43% x Rp 11.962.859.891,08

= Rp 5.144.029.753,16

Buruh (37% PEC) = 37% x Rp 11.962.859.891,08

*Umul Lailatul Jannah*

21150285D

---

---

$$\begin{aligned} &= \text{Rp } .426.258.159,70 \\ \text{Jumlah Manhour} &= \text{Rp } 4.426.258.159,70 / \text{Rp } 19.230,77 \\ &= \text{Rp } 230.165,42 \\ \text{Buruh lokal (100\%)} &= 100\% \times 19.230,77 \times 230.165,42 \\ &= \text{Rp } 4.426.258.159,70 \\ \text{Total Cost} &= \text{Rp } 9.570.287.912,86 \end{aligned}$$

4. Instrumentasi (biaya pemasangan alat-alat kontrol) 8-50% peters hal 245

$$\begin{aligned} \text{Material (30\% PEC)} &= 30\% \times \text{Rp } 11.962.859.891,08 \\ &= \text{Rp } 3.588.857.967,32 \\ \text{Buruh (10\% PEC)} &= 100\% \times \text{Rp } 11.962.859.891,08 \\ &= \text{Rp } 1.196.285.989,11 \\ \text{Jumlah Manhour} &= \text{Rp } 1.196.285.989,11 / \text{Rp } 19.230,77 \\ &= \text{Rp } 62.206,87 \\ \text{Buruh lokal (100\%)} &= 100\% \times 19.230,77 \times 62.206,87 \\ &= \text{Rp } 1.196.285.989,11 \\ \text{Total Cost} &= \text{Rp } 4.785.143.956,43 \end{aligned}$$

5. Listrik 15-30% PEC Peters hal 273

$$\begin{aligned} \text{Material (20\% PEC)} &= 20\% \times \text{Rp } 11.962.859.891,08 \\ &= \text{Rp } 2.392.571.978,22 \\ \text{Buruh (5\% PEC)} &= 5\% \times \text{Rp } 11.962.859.891,08 \\ &= \text{Rp } 598.142.994,55 \\ \text{Jumlah Manhour} &= \text{Rp } 598.142.994,55 / \text{Rp } 19.230,77 \\ &= \text{Rp } 31.103,44 \\ \text{Buruh lokal (100\%)} &= 100\% \times 19.230,77 \times 31.103,44 \\ &= \text{Rp } 598.142.994,55 \\ \text{Total Cost} &= \text{Rp } 2.990.714.972,77 \end{aligned}$$

6. Isolasi (Biaya pemasangan isolasi pada sistem pipa) = 8% -9% PEC

$$\begin{aligned} \text{Material (5\% PEC)} &= 5\% \times \text{Rp } 11.962.859.891,08 \\ &= \text{Rp } 598.142.994,55 \\ \text{Buruh (4\% PEC)} &= 4\% \times \text{Rp } 11.962.859.891,08 \end{aligned}$$

$= \text{Rp } 478.514.395,64$   
 Jumlah Manhour  $= \text{Rp } 478.514.395,64 / \text{Rp } 19.230,77$   
 $= \text{Rp } 24.882,75$   
 Buruh lokal (100%)  $= 100\% \times 19.230,77 \times 24.882,75$   
 $= \text{Rp } 478.514.395,64$   
 Total Cost  $= \text{Rp } 1.076.657.390,20$   
 PPC UTILITAS  $= \text{Rp } 24.763.119.974,54$

| FIXED CAPITAL INVESMENT        | Rp                        |
|--------------------------------|---------------------------|
| PEC                            | 42.494.205.753,53         |
| Isolasi                        | 3.824.478.517,82          |
| Instalasi                      | 18.272.508.474,02         |
| Pemipaan                       | 33.995.364.602,83         |
| Instrument                     | 16.997.682.301,41         |
| Listrik                        | 12.150.118.731,51         |
| Tanah + jalan                  | 24.366.697.051,38         |
| Bangunan                       | 20.126.596.462,06         |
| Pengembangan                   | 8.775.000.000,00          |
| Jumlah PPC                     | <b>181.002.651.894,55</b> |
| Engineering & construction 20% | 54.300.795.568,37         |
| Jumlah DPC                     | <b>235.303.447.462,92</b> |
| Contractor's fee 15%           | 47.060.689.492,58         |
| Contingency 15%                | 35.295.517.119,44         |
| Jumlah FCI                     | <b>317.659.654.074,94</b> |

## MANUFACTURING COST (BIAYA PRODUKSI)

### DIRECT MANUFACTURING COST

#### 1. BAHAN BAKU

| Harga bahan | Kebutuhan<br>(kg/jam) | Rp/kg | Harga (Rp) |
|-------------|-----------------------|-------|------------|
|             |                       |       |            |

|                 |             |        |                    |
|-----------------|-------------|--------|--------------------|
| Batuan fosfat   | 5535,626909 | 5586,4 | 244.919.871.208,23 |
| Asam sulfat 98% | 22009,2399  | 2808   | 489.471.409.488,50 |
| TOTAL           |             |        | 734.391.280.696,74 |

## 2. Gaji Karyawan

Gaji karyawan / tahun = Rp 6.244.800.000,00

## 3. Supervisi (15% karyawan)

(15% labor Peter 266) = Rp 936.720.000,00

## 4. Maintenance (5% FCI) = Rp 31.765.965.407,49 (2-10% FCI Peter 268)

## 5. Plant supplies (15% maintenance) = Rp 4.764.894.811,12

(15% maintenance Peter 268)

| Harga produk                   | kebutuhan<br>(kg/jam) | USD/kg | Harga USD            |
|--------------------------------|-----------------------|--------|----------------------|
| H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | 13205,08228           | 0,8600 | 89.942.456,42        |
| Gypsum                         | 23684,96266           | 0,0910 | 17.070.226,28        |
| HF                             | 876,8073616           | 0,3500 | 2.430.510,01         |
|                                |                       | TOTAL  | 109.443.192,71       |
|                                |                       |        | 1.528.483.629.423,12 |

## 6. Royalty dan patent (6% sales) = Rp 91.709.017.765,39 (0-6% total produk Peter hal 269)

## 7. Kebutuhan bahan utilitas

Bahan baku

| bahan   | Kebutuhan<br>(kg/jam) | Kg/tahun | Harga<br>(Rp/kg) | Harga total<br>(Rp/tahun) |
|---------|-----------------------|----------|------------------|---------------------------|
| Natural | 0,194                 | 1.539,66 | 35000,00         | 53.888.024,88             |

|   |         |              |          |                          |
|---|---------|--------------|----------|--------------------------|
| Greensand<br>Zeolit                         |         |              |          |                          |
| Resin anion<br>exchanger                    | 0,648   | 5.132,19     | 30000,00 | 153.965.785,38           |
| N <sub>2</sub> H <sub>4</sub><br>(Hidrazin) | 0,089   | 701,93       | 20000,00 | 14.038.636,14            |
| Karbon aktif                                | 0,007   | 55,44        | 11000,00 | 609.840,00               |
| Kaporit                                     | 0,006   | 45,94        | 3000,00  | 137.808,00               |
| HCl   | 411,194 | 3.256.657,57 | 1500,00  | 4.884.986.353,28         |
| NaOH  | 48,584  | 384.788,26   | 4700,00  | 1.808.504.830,32         |
| Solar (L/jam)                               | 569,969 | 4.514.155,15 | 6150,00  | 27.762.054.159,80        |
| <b>TOTAL</b>                                |         |              |          | <b>34.678.185.437,80</b> |

| Bahan        | Kebutuhan<br>(m <sup>3</sup> /jam) | m <sup>3</sup> /tahun | Harga<br>(Rp/m <sup>3</sup> ) | Harga total<br>(Rp/tahun) |
|--------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Air          | 66,6464                            | 66,6464               | 13000                         | 866403,0693               |
| Air make up  | 10,727                             | 84.961,58             | 13000                         | 1.104.500.475,57          |
| <b>TOTAL</b> |                                    |                       |                               | <b>1.105.366.878,64</b>   |

Kebutuhan biaya utilitas = Rp 35.783.552.316,45

Total Direct Manufacturing Cost (DMC) = Rp 905.596.230.997,19

#### 8. Indirect Manufacturing cost

Payroll Overhead 15% kary = Rp 1.248.960.000,00 ( 10-20% dari labor cost, hal 273 peter)

Laboratorium 15% kary = Rp 1.248.960.000,00 ( 10-20% dari labor cost, hal 273 peter)

Pack dan Shipping 15% FCI = Rp 63.531.930.814,99 ( 10-20% FCI, hal 274 peter)

Plant Overhead 60% kary = Rp 4.371.360.000,00 ( 50-70% dari labor cost, hal 274 peter)

Total Indirect Manufacturing Cost (IMC) = Rp 70.401.210.814,99

Fixed manufacturing Cost

Depreciation 10% FCI = Rp 31.765.965.407,49 (10 % FCI, Hal 273 peter)

Property tax 2% FCI = Rp 12.706.386.163,00 (1-4% FCI hal 273 peter)

Asuransi 1% FCI = Rp 3.176.596.540,75 (0,4-1% FCI hal 273 peter)

Total Fixed Manufacturing Cost (FMC) = Rp 47.648.948.111,24

TOTAL MANUFACTURING COST = Rp 1.023.646.389.923,42

Rangkuman:

| Manufacturing Cost                 | Rp                          |
|------------------------------------|-----------------------------|
| Bahan Baku                         | 734.391.280.696,74          |
| Buruh(Labor)                       | 6.244.800.000,00            |
| Supervisi                          | 936.720.000,00              |
| Perawatan                          | 31.765.965.407,49           |
| Plant Suplies                      | 4.764.894.811,12            |
| Royalty                            | 91.709.017.765,39           |
| Utilitas                           | 35.783.552.316,45           |
| <b>Direct Manufacturing Cost</b>   | <b>905.596.230.997,19</b>   |
| Payroll                            | 1.248.960.000,00            |
| Laboratorium                       | 1.248.960.000,00            |
| Plant Overhead                     | 4.371.360.000,00            |
| Packed                             | 63.531.930.814,99           |
| <b>Indirect Manufacturing Cost</b> | <b>70.401.210.814,99</b>    |
| Depresiasi                         | 31.765.965.407,49           |
| Pajak                              | 12.706.386.163,00           |
| Asuransi                           | 3.176.596.540,75            |
| <b>Fixed Manufacturing Cost</b>    | <b>47.648.948.111,24</b>    |
| <b>Manufacturing Cost</b>          | <b>1.023.646.389.923,42</b> |

### Working Capital (MODAL KERJA)

|                       |                        |           |                           |
|-----------------------|------------------------|-----------|---------------------------|
| Persediaan bahan baku | 1/12 x bahan baku      | Rp        | 61.199.273.391,39         |
| Bhn baku dlm proses   | 0,5/330x manufacturing | Rp        | 1.550.979.378,67          |
| Biaya sebelum terjual | 1/12 x manufacturing   | Rp        | 85.303.865.826,95         |
| Persediaan uang       | 1/12 x manufacturing   | Rp        | 85.303.865.826,95         |
|                       | <b>Total WC</b>        | <b>Rp</b> | <b>233.357.984.423,97</b> |

### General Expense

|                                 |                      |           |                           |
|---------------------------------|----------------------|-----------|---------------------------|
| Administrasi                    | 5%MC                 | Rp        | 51.182.319.496,17         |
| Distribution and marketing cost | 10%MC                | Rp        | 204.729.277.984,68        |
| Finance                         | 1%MC                 | Rp        | 10.236.463.899,23         |
| Research and development cost   | 5%MC                 | Rp        | 51.182.319.496,17         |
|                                 | <b>Total general</b> | <b>Rp</b> | <b>317.330.380.876,26</b> |
|                                 | <b>Expense =</b>     |           |                           |

Total biaya produksi = manufacturing cost + general expenses  
= Rp 1.340.976.770.799,68

### Keuntungan :

|                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| Harga jual (Sa)           | = Rp 1.528.483.629.423,12 |
| <i>Total cost</i>         | = Rp 1.401.067.281.570,80 |
| Keuntungan sebelum pajak  | = Rp 127.416.347.852,32   |
| Pajak 30% dari keuntungan | = Rp 38.224.904.355,70    |
| Keuntungan sesudah pajak  | = Rp 89.191.443.496,62    |
| ROI sebelum pajak         | = 39,95 %                 |
| ROI sesudah pajak         | = 27,97 %                 |
| POT sebelum pajak         | = 2,0016 tahun            |
| POT sesudah pajak         | = 2,634 tahun             |
| BEP                       | = 45,472 %                |
| SDP                       | = 21,151 %                |

| <b>Fixed Cost (Fa)</b>       | Rp                        |
|------------------------------|---------------------------|
| Depreciation                 | 31.765.965.407,49         |
| Pajak                        | 12.706.386.163,00         |
| Insurance                    | 3.176.596.540,75          |
|                              | <b>47.648.948.111,24</b>  |
| <b>Variable cost (Va)</b>    | Rp                        |
| Bahan Baku                   | 734.391.280.696,74        |
| Royalty and Patent           | 91.709.017.765,39         |
| Utilitas                     | 34.678.185.437,80         |
| Packaging and Shipping       | 63.531.930.814,99         |
|                              | <b>924.310.414.714,92</b> |
| <b>Regulateted Cost (Ra)</b> | Rp                        |
| Labour                       | 6.244.800.000,00          |
| Maintenance                  | 31.765.965.407,49         |
| Plant Suplies                | 4.764.894.811,12          |
| Labolatory                   | 1.248.960.000,00          |
| Payroll Overhead             | 1.248.960.000,00          |
| Plant Overhead               | 4.371.360.000,00          |
| General Expense              | 317.330.380.876,26        |
|                              | <b>366.975.321.094,88</b> |

C : Annual cost = Rp 191.010.772.982,66

SV : Salvage value (harga tanah) = Rp 31.765.965.407,49

WC : Working capital = Rp 233.357.984.423,97

FC : Fixed capital = Rp 317.659.654.074,94

Dengan trial and error diperoleh i = 7,9 %



---

---

## DAFTAR PUSTAKA

- Austin, G.T., (1996), *Industri Proses Kimia*, Edisi Kelima, Penerbi Erlangga, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik, “Statistik Perdagangan Luar Negeri”. Jakarta diakses tanggal 5 Mei 2019.
- Badan Pusat Statistik. 2018, *Statistic Indonesia*, www.bps.go.id, Indonesia
- Badger.W.L.& Banchero.J.L., 1957, *Introduction to Chemical Engineering*, McGraw-Hill, Australia.
- Bernasconi, G. 1995. *Teknologi Kimia*. Jilid 2. Edisi Pertama. Jakarta: PT. Pradaya Paramita.
- 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.
- Geankoplis, C.J., 2003, *Transport Processes and Unit Operations*, 4nded., Prentice-Hall International, Tokyo
- Hesse, Herman C, 1959, ”Process Equipment Design”, 7th Edition, D van Nostrand, Co, New York.
- Kern, D.Q. 1950. *Process heat Transfer*. New York. Mc Graw Hill International Book Company Inc.
- Ludwig, E.E. 1965. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical*. Vol 1. Gulf Publishing Co. Houston
- Mc. Ketta, John, 1983, “Encyclopedia Chemical Process and Design”, Marchell Dekker Inc., New York.
- McCabe, W., Smith, J.C., and Harriot, P., 1993, “Unit Operation of Chemical Engineering”, McGraw Hill Book, Co., United States of America.
- Nalco, 1988, *The Nalco Water Handbook*. 2nd Edition. New York : McGraw-Hill Book Company

- 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.
- Powell, S.T., 1954, "Water Conditioning for Industry", Mc Graw Hill Book Company, New York.
- PT DIVINE MINERALS & CHEMICALS, [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com) diakses 5 mei 2019
- PT Petrokimia Gresik,<https://petrokimia-gresik.com/> diakses 5 Mei 2019
- 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.
- Treyball,R.E. 1981. *Mass Transfer Operation.* 3rd Edition. Mc Graw Hill Book Company Inc. Singapore
- Weingarten, R. M. (2009). Four generations, one workplace : A Gen X-Y staff nurse's view of team building in the emergency department. *Journal of emergency nursing*, 35, 27–30
- [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)
- [www.kursdollar.com](http://www.kursdollar.com)
- <http://indonesia-property.com/>
- <http://www.matche.com/equipcost/EquipmentIndex.html#anchor8>
- [www.pengaspalanhotmix.com/2017/01/tukang-borong-an-aspal-hotmix-di-sentul.html](http://www.pengaspalanhotmix.com/2017/01/tukang-borong-an-aspal-hotmix-di-sentul.html)
- Yaws, C.L. 1999. *Chemical Properties Handbook.* McGraw Hill Company. New York