

## LAMPIRAN

### 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

Komponen	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (cP)
MgO	3340	0,5848
CaO	5745	0,7670
SiO <sub>2</sub>	616,579725	0,2513
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	605,860963	0,2491
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1747,84183	0,4231
H <sub>2</sub> O	422,515333	0,2080

$\rho$  campuran = 620,3150 kg/m<sup>3</sup>

$\mu$  campuran = 0,2773 cP

Perancangan Dimensi Tangki

Total rate volumetrik : 10605,8358 L/jam

$\rho$  campuran : 620,3150 kg/m<sup>3</sup>

waktu tinggal : 1 jam

direncanakan digunakan 1 tangki, sehingga volume tangki 10605,8358 L/jam

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

Over design : 20%

Volume tangki : Total Fv / 80%

Volume tangki : 12727,003 L/jam = 12,7270 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

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 ,  $D = H$  : 2,5310 m = 87,8225 in

V head

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

Dimana,

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

: 0,0205  $ft^3$

V sf :  $V_{sf} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \frac{sf}{144}$  : 0,6168  $ft^3$

Sehingga,

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

= 0,1812  $ft^3$

= 0,0051  $m^3$

V mixer = V shell + V head

= 12,7270 + 0,0051

= 12,7321  $m^3$

Volume bottom = 0,5 x volume head

= 0,0179  $m^3$

Volume cairan dalam shell = volume shell – volume bottom

= 12,7244  $m^3$

Tinggi cairan dalam shell =  $(4 \times 12,7244) / (3,14 \times 2,5310^2)$

= 2,5305 m

= 8,3020 ft

Dengan spesifikasi sebagai berikut :

Diameter shell : 2,5310 m

Tinggi shell : 2,5310 m

Volume shell : 12,7270  $m^3$

Volume head : 0,0051  $m^3$

Volume mixer : 12,7321  $m^3$

Menentukan Tebal Shell

Dirancang menggunakan *stainless steel* 403

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

(Pers 13.1 Brownell and Young 1959)

Dengan :

ts : tebal shell (in)

r : jari – jari = 0,5

Diameter :  $0,5 \times 99,6439 = 49,8820$  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 :  $1,1 \times P$  operasi = 16,17 psi

P dalam mixer : 16,17 psi

$$\begin{aligned} T_s &= t_s = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C \\ &= 0,1706 \text{ in} \end{aligned}$$

Digunakan tebal standart 3/16 in atau 0,1875 in.

MenentukanTebal Head (th) dan Tebal Bottom

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

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

$$OD = ID + 2 t_s = 66 \text{ dari tabel 5-7 Brownell hal 90}$$

$$OD = 66 \text{ in dan } icr = 4 \text{ in dan } r = 66 \text{ in}$$

$$w = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right) = 0,8115 \text{ in}$$

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

dengan

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

$$r = 66 \text{ in}$$

$$w = 0,8115 \text{ in}$$

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

$$E = 0,85$$

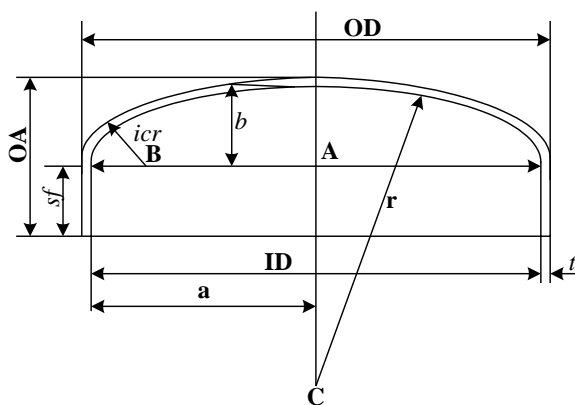
$$C = 0,125$$

th = 0,1275 in dipakai tebal standar Brownell hal 350 adalah 3/16 in = 0,1875 in

Menentukan Tinggi Mixer Total

Untuk th = 3/16 dari Tabel 5.6 Brownell n Young hal 88 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

$$ID = OD - (2 \times ts) = 65,6250 \text{ in}$$

$$r = 32,8125 \text{ (jari – jari dalam shell)}$$

$$AB = a - icr = 28,8125 \text{ in}$$

$$BC = OD - icr = 62 \text{ in}$$

$$AC = \text{akar dari } (BC^2 - AB^2) = 54,8985 \text{ in}$$

$$b = OD - AC = 11,1015 \text{ in}$$

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

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

$$\text{Tinggi mixer total} = 0,6751 + 2,0185 = 23,2060 \text{ m} = 126,2222 \text{ in}$$

Menentukan Jumlah dan Jenis Pengaduk

Dipilih : Turbin karena

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

(Ludwig, 1991 Volume I)

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

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

(Ludwig, 1991 Volume I)

Perbandingan ukuran secara umum

$$D_i/D_R = 1/3$$

$$E/D_i = 1$$

$$W = D_i/5$$

$$L = D_i/4$$

$$B = D_R/10$$

Diameter mixer (DR) : 2,5310 m

Diameter pengaduk (Di): 0,8437 m

Pengaduk dari dasar (E) : 0,8437 m

Tinggi pengaduk (W) : 0,1687 m

Lebar pengaduk (L) : 0,2109 m

Lebar Baffle (B) : 0,2531 m

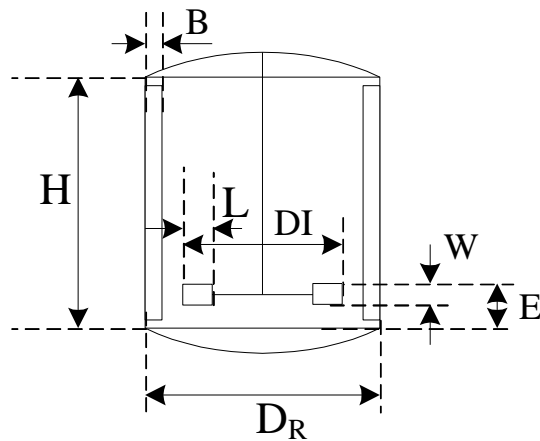
Menghitung jumlah impeller (pengaduk)

WELH adalah Water Equivalen Liquid High

$$WELH = \text{tinggi bahan} \times \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}} = 2,5305 \text{ m} \times (620,3150/422,5153) = 3,715 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah impeller} = WELH / D = 3,7151/2,5310 = 1,4679 = 2$$

$$\frac{WELH}{2 \cdot D_i} = \left( \frac{\pi \cdot D_i \cdot N}{600} \right)^2$$



Putaran pengaduk =

(Rase,1977 hal 345)

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

Dimana

$$\pi = 3,14$$

$$DI = 0,8437 \text{ m}$$

$$WELH = 3,7151 \text{ m}$$

$$\text{Dihitung } N = 64,3897 \text{ rpm} = 1,0732 \text{ rps}$$

$$\rho = 620,3150 \text{ kg/m}^3 = 38,7257 \text{ lbm/cuft}$$

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

$$\mu = 0,2773 \text{ cp} = 0,000186334 \text{ lb/ft s}$$

$$DI = 0,6728 \text{ m} = 2,2075 \text{ ft} = 26,4896 \text{ in}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot N \cdot DI^2}{\mu}$$

$N_{re} = 214480$  Dari grafik 8.8 Rase HF menghasilkan  $N_p = P_o = 5$

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

$P = 2,4148 \text{ hp}$  (Efisiensi motor = 88% (Fig 14.38 Peters hal 521))

$$\text{Daya motor} = \frac{P}{\eta} = 2,7441 \text{ HP}$$

Over design 10% = 3,0185 HP

Dipilih power standart NEMA 3 HP

Kriteria

Diameter shell : 2,5310 m

Tinggi shell : 2,5310 m

Vollume shell : 12,7270 m<sup>3</sup>

Volume head : 0,0051 m<sup>3</sup>

Volume mixer : 12,7321 m<sup>3</sup>

Tinggi mixer total : 3,2060 m

Jenis pengaduk : Turbin dengan 6 blade disk standart

Jumlah pengaduk : 2

Putaran pengaduk : 64,3897

Power : HP

Tebal shell :  $3/16 \text{ in} = 0,1875 \text{ in}$

## 2. Silo CaO

Fungsi = Menyimpan bahan baku CaO

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  $30^{\circ}\text{C}$
3. Kontruksi sederhana sehingga ekonomis

Memilih bahan konstruksi :

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

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

Dari arus 1 diketahui :

$$p \text{ campuran} = 3077,3184 \text{ kg/m}^3$$

$$F_v \text{ campuran} = 26,52335 \text{ cuft/jam}$$

Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 1 tangki

$$\text{Volume tangki Over Design } 20\% = F_v \times 7 \times 24 = 4455,9235 \text{ cuft}$$

Kurang dari 71354 cuft berarti masuk small tank

Menghitung dimensi tangki

1. Menghitung tinggi dan diameter

Untuk small H=D

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

Volume = 4455,9235 cuft

Diameter = 18,9561 ft = 227,4736 in = 5,7778 m

D = H

2. Menghitung tebal Plat Shell

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

Dengan :

P = 95,7536

Efisiensi pengelasan = 0,85

Faktor korosi = 0,125

Tegangan diijinkan = 18750 psi

Ts = 0,8538 in

Digunakan standar 1 in

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 =  $30^\circ/2 = 15^\circ$

Tebal conical = 0,8769 in dirancang 1 in

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

a = 15 derajat



$$\operatorname{tg} a = 0,268$$

$$D = 18,9561 \text{ ft}$$

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

$$h = 2,4061 \text{ ft} = 0,7334 \text{ m}$$

#### Spesifikasi

Volume : 5347,1081 m<sup>3</sup>

Diameter : 5,7778 m

Tinggi : 5,7778 m

Tebal shell : 1 in

Tebal tutup : 1 in

Konstruksi : *Stainless steel 304*

Jumlah : 1

### 3. Tangki MEA

Fungsi = Menampung larutan MEA untuk dialirkan ke absorer

Tujuan perancangan =

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

Memilih tipe tangki: Tipe tangki silinder tegak tertutup dengan pertimbangan

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

Memilih bahan konstruksi :

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Stainless steel 304* dengan alasan : 1.Tahan lama dan tahan korosi (Brownell, hal 342)

Dari arus 1 diketahui :

$$p = 1010 \text{ kg/m}^3$$

$$F_v \text{ campuran} = 111,0546 \text{ cuft/jam}$$

Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 1 hari dengan jumlah 1 tangki

$$\text{Volume tangki Over Design } 20\% = 1,2 \times 111,0546 = 133,2655 \text{ cuft} = 3,8 \text{ m}^3$$

Kurang dari 71354 cuft berarti masuk small tank

### 3). Menghitung dimensi tangki

1. Menghitung tinggi dan diameter tangki

Untuk small

tank,  $H = D$

Rumus Small

Tank :

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

$$\begin{aligned} D &= 5,5371 \text{ ft} = 66,44525 \text{ in} = 1,6877 \text{ m} \\ H &= 5,5371 \text{ ft} = 66,44525 \text{ in} = 1,6877 \text{ m} \end{aligned}$$

2. 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  $\frac{1}{8}$  in)
- $E$  = faktor pengelasan, digunakan double welded,  $E = 0,8$
- $f$  = stress allowable, bahan konstruksi stainless steel 316

Bahan konstruksi yang digunakan adalah

Stainless steel (SA-167) type 304

$$f = 18750$$

**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 =  $54 \times 80\% = 43 \text{ ft}$

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

$$ZT = H * 80\% = 4,4297 \text{ ft}$$

$$r = 0,5 * D = 2,7686 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka PB} &= 562,5521 \\ &= 507,6470 \text{ lb/ft}^2 \\ &= 3,5253 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tekanan lateral ,  $PL = k' . PB$  [Mc.Cabe, hal 302]

$$PL = 1,1775 \text{ psi}$$

P operasi = PB +

$$PL = 4,7028 \text{ psi}$$

P design (10% faktor keamanan )

$$= 5,1731 \text{ psi}$$

$$r_i = 0,5 . D = 2,7686 \text{ ft}$$

$$t_{\text{min}} = 0,1365 \text{ in}$$

$$\text{dirancang } \frac{.1}{4} \text{ in} = 0,0064 \text{ m}$$

$$0,25 \text{ in}$$

**Tutup bawah, conis :**

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

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

t standar = 3/16, 1/4, 5/16, 3/8, 7/16, 1/2, 9/16, 5/8, 3/4, 7/8,

$$\text{Tebal Conical (Tc)} = 0,1369 \text{ in} \quad \text{dirancang tc} = \frac{1}{4}$$

**Tinggi conical :**

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

$$\text{Keterangan : } \alpha = \frac{1}{2} \text{ sudut conis} ; 15^\circ$$

$$D = \text{diameter tangki} ; \text{ft}$$

$$m = \text{flat spot center} ; 12 \text{ in} = 1 \text{ ft}$$

$$\text{Jadi, } h = 0,6080 \text{ ft} = 0,1853 \text{ m}$$

Nama Alat = Tangki MEA

Fungsi = Menampung Larutan MEA

Type = Silinder tegak dengan tutup atas datar dan bawah conis

**Spesifikasi :**

$$\text{Volume} = 133,2655 \text{ cuft} = 3,7737 \text{ m}^3 = 3773,655 \text{ liter}$$

$$\text{Diameter} = 5,5371 \text{ ft} = 1,6877 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 5,5371 \text{ ft} = 1,6877 \text{ m}$$

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

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

$$\text{Tebal shell} = 0,1365 \text{ in} = \text{dirancang } \frac{.1}{4} \text{ in}$$

$$\text{Tebal tutup atas} = 0,1369 \text{ in} = \text{dirancang } \frac{.1}{4} \text{ in}$$

$$\text{Tebal tutup bawah} = 0,1369 \text{ in} = \text{dirancang } \frac{.1}{4} \text{ in}$$

$$\text{Tinggi conical} = 0,6080 \text{ ft} = 0,1853 \text{ m}$$

Bahan konstruksi = Stainlees steel (SA-167) Type 304  
Jumlah = 1 buah

## Perancangan Silo CaCO<sub>3</sub>

Fungsi = Menyimpan produk CaCO<sub>3</sub>

Tujuan perancangan =

- Menentukan jenis tangki
- Menentukan bahan konstruksi yang digunakan
- Menentukan dimensi tangki

Memilih tipe tangki: Tipe tangki silinder tegak tertutup dengan pertimbangan

- Tekanan 1 atm
- Suhu operasi 30°C
- Kontruksi sederhana sehingga ekonomis

Memilih bahan konstruksi :

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

- Tahan lama dan tahan korosi (Brownell, hal 342)

Dari arus 1 diketahui :

p campuran = 2830 kg/m<sup>3</sup>

Fv campuran = 1,4152cuft/jam

Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 2 tangki

Volume tangki Over Design 20% = (Fv x 7 x 24)/2 = 4198,0824 cuft

Kurang dari 71354 cuft berarti masuk small tank

Menghitung dimensi tangki

- Menghitung tinggi dan diameter

Untuk small H=D

Rumus small tank =  $V = \frac{\pi D^3 H}{4}$   $D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$  4198,0824 cuft

Diameter = 18,5832 ft = 227,9986 in = 5,6642 m

D = H

- Menghitung tebal Plat Shell

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

(Brownell pers 13-1)

Dengan :

$$P = 95,7536$$

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

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

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

$$T_s = 0,25 \text{ in}$$

Digunakan standar 1 in

Tutup bawah conis

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

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

$$\text{Tebal conical} = 0,7006 \text{ in dirancang } 0,75 \text{ in}$$

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

$$a = 15 \text{ derajat}$$

$$\text{tg } a = 0,268$$

$$D = 18,9561 \text{ ft}$$

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

$$h = 2,4061 \text{ ft} = 0,7334 \text{ m}$$

Spesifikasi

$$\text{Volume} : 5037,6989 \text{ m}^3$$

$$\text{Diameter} : 5,6642 \text{ m}$$

Tinggi : 5,6642 m  
Tebal shell : 1/4 in  
Tebal tutup : 3/4 in  
Kontruksi : *Stainless steel 304*  
Jumlah : 2

#### 4. Reaktor Slurry

#### 5. Centriguge

Bahan masuk = 8270,23 kg/jam= 8,27 ton/jam

Dari Table 18-12 Specifications and Performance Characteristics of Typical Sedimenting Centrifuges (Perry hal 1734), berdasarkan berat bahan masuk, maka:

Bahan	:	Stainless steel (SA-167) Type 304
Kapasitas maksimum	=	10 ton/h
Diameter bowl	=	24 in
Speed	=	3000 rpm
Centrifugal force	=	3070 lbf/ft <sup>2</sup>
Power motor	=	125 Hp
Jumlah	=	1 (Automatic discharge cake)

**TABLE 18-12 Specifications and Performance Characteristics of Typical Sedimenting Centrifuges**

Type	Bowl diameter	Speed, r/min	Maximum centrifugal force × gravity	Throughput		Typical motor size, hp
				Liquid, gal/min	Solids, tons/h	
Tubular	1.75	50,000*	62,400	0.05-0.25		*
	4.125	15,000	13,200	0.1-10		2
	5	15,000	15,900	0.2-20		3
Disk	7	12,000	14,300	0.1-10		½
	13	7,500	10,400	5-50		6
	24	4,000	5,500	20-200		7½
Nozzle discharge	10	10,000	14,200	10-40	0.1-1	20
	16	6,250	8,900	25-150	0.4-4	40
	27	4,200	6,750	40-400	1-11	125
	30	3,300	4,600	40-400	1-11	125
Helical conveyor	6	8,000	5,500	To 20	0.03-0.25	5
	14	4,000	3,180	To 75	0.5-1.5	20
	18	3,500	3,130	To 100	1-3	50
	24	3,000	3,070	To 250	2.5-12	125
	30	2,700	3,105	To 350	3-15	200
	36	2,250	2,590	To 600	10-25	300
	44	1,600	1,600	To 700	10-25	400
	54	1,000	770	To 750	20-60	250
Knife discharge	20	1,800	920	†	1.0‡	20
	36	1,200	740	†	4.1‡	30
	68	900	780	†	20.5‡	40

\*Turbine drive, 100 lb/h (45 Kg/h) of steam at 40 lb/in<sup>2</sup> gauge (372 KPa) or equivalent compressed air.

†Widely variable.

‡Maximum volume of solids that the bowl can contain, ft<sup>3</sup>.

NOTE: To convert inches to millimeters, multiply by 25.4; to convert revolutions per minute to radians per second, multiply by 0.105; to convert gallons per minute to liters per second, multiply by 0.063; to convert tons per hour to kilograms per second, multiply by 0.253; and to convert horsepower to kilowatts, multiply by 0.746.

## 6. Rotary Dryer

Fungsi : Meringankan bahan dengan bantuan udara panas

Dasar pemilihan : sesuai untuk pengeringan padatan

Dari neraca massa dan neraca panas :

Feed masuk = 4429,3185 kg/jam = 9764,975 lb/jam

Total panas Q = 320,7835 kJ/jam = 304,0444 BTU/jam

Kebutuhan udara = 13,3708 kg/jam = 29,4777 lb/jam

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

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

Luas penampang (A) = udara masuk/G

= 29,4777 / 1000

= 0,0295 ft<sup>2</sup>

= 0,00274 m<sup>2</sup>

Diameter (D) = akar (4 x A / 3,14) =

0,1937 ft

= 0,06 m

Suhu bahan masuk = 30 °C = 86 °F

Suhu bahan keluar = 100°C = 230 °F

Suhu udara masuk = 120 °C = 248 °F



Suhu udara keluar = 100 °C = 212 °F

LMTD (Log Mean Temperatur Difference)

dt 1 = 36°F (dt udara)

dt 2 = 126°F (dt bahan)

dt2-dt1 = 90°F

dt2/dt1 = 3,5°F

ln dt2/dt1 = 1,2527

LMTD = (dt2-dt1)/ln(dt2/dt1)

= 71,8412 °F

= 71,71417°C

= 344,8642 K

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

= 0,5437 ft

= 0,1657393 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 rps

= 4,2938 rpm

Diambil putaran 5 rpm

Flight

Perhitungan berdasarkan Perry 7ed 12-56 ketentuan :

Tinggi flight = 1/12 – 1/8 D

Panjang flight = 0,6 – 2 m

Jumlah flight 1 circle = 2,4 D – 3 D

D = 0,059065 m

L = 0,16574 m

Pengambilan data

Tinggi flight : 1/8 D = 0,007383 m

Panjang flight = 2 m

Jumlah flight 1 circle : 3 D = 0,1772

Total circle = panjang drum / panjang flight

= 0,014684 buah

$$= 1 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Total flight} &= \text{total circle} \times \text{jumlah flight tiap 1 circle} \\ &= 1 \text{ buah} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Hold up} &= 0,15 \times (\pi/4) \times D^2 \times L \\ &= 0,001603 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Waktu rerata padatan dalam dryer :

$$F_v = 131,5382 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

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

=

$$= 0,000731 \text{ menit}$$

$$= 1 \text{ detik}$$

Perhitungan tebal shell drum :

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

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

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

$$H = 0,16 D$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Isolasi

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

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

Diameter luar rotary = 4,3809 ft

Diameter rotary terisolasi = diameter luar + 2 x ebal isolasi

Diameter terisolasi = 4,3809 + 2 x ( 4/12 ) = 5,0475 ft

Berat isolasi dicari dengan

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

$D_o$  = diameter luar isolasi = 4,3809 ft

$D_i$  = diameter dalam isolasi = 4,3801 ft

$L$  panjang isolasi = 53,9020 ft

Density isolasi = 19 lb/cuft

Sehingga :

$$W_e = 5,5907 \text{ lb}$$

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

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

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  $H_p = 2,0357 \text{ HP}$

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

maka  $P = 3,7046 \text{ HP}$

diambil 4 HP (Standar NEMA)

Spesifikasi

Kapasitas : kg/jam

Diameter : 0,0591 m

Panjang : 0,1658 m  
 Tebal shell : 3/16 in  
 Tinggi bahan : 0,2002 m  
 Sudut rotary : 1°  
 Waktu : 18,9 menit  
 Jumlah flight : 33 buah  
 Power : 4 HP  
 Jumlah : 1

## 7. Ball Mill

Fungsi : menghaluskan Produk  $\text{CaCO}_3$  dengan ukuran 150 mesh

P : 1 atm

T : 30°C

Rate massa masuk Ball mill

3987,24 kg/jam

3,9872 ton/ jam

95,69381 ton/hari

Berdasarkan rate massa ton/hari, dari TABLE 20-16 Illustrative Performance of Marcy Ball Mills Perry, 7 ed.

**TABLE 20-16 Illustrative Performance of Marcy Ball Mills**

Size, ft.	Ball charge, tons	Hp. to run	Mill speed, r.p.m.	Capacity, tons/24 hr. (based on medium-hard ore)								
				No. 8 sieve <sup>a</sup>	No. 20 sieve	No. 35 sieve	No. 48 sieve	No. 65 sieve	No. 80 sieve	No. 100 sieve	No. 150 sieve	No. 200 sieve
				20% -200	35% -200	50% -200	60% -200	70% -200	80% -200	85% -200	93% -200	97% -200
3 × 2	0.85	5-7	35	19	15	12	10	8	6½	5	4	3
4 × 3	2.73	20-24	30	80	64	53	45	36	28	22	18	14
5 × 4	5.25	44-50	27	180	145	120	102	82	63	51	41	32
6 × 4½	8.90	85-95	24	375	300	250	210	170	135	105	85	66
7 × 5	13.10	135-150	22½	640	510	425	360	290	225	180	145	113
8 × 6	20.2	220-245	21	1100	885	735	625	500	390	310	250	195
9 × 7	30.0	345-380	20	1800	1450	1200	1020	815	635	505	410	315
10 × 10	56.50	700-750	18	3680	2960	2450	2100	1700	1325	1050	850	655
12 × 12	90.5	1260-1345	16.4	7125	5725	4750	4070	3290	2570	2035	1650	1275

Didapatkan data

Size : 8 x 6 ft = L = 8 D = 6

Ball charge : 20,2 ton

Power : 220 Hp

Kecepatan putaran : 21 r.p.m

Rate maksimum : 250 ton/hari

Volume mill :  $226,099 \text{ ft}^3 = 6,401812261 \text{ m}^3$

Jenis Ball Mill : Mercy Ball Mill

No sieve : 150 mesh

#### 8. Screen 1

Fungsi : memisahkan serbuk produk  $\text{CaCO}_3$

Tipe : vibrating screen

Dasar pemilihan : sesuai dengan ukuran, kapasitas dan jenis bahan

Bahan masuk : 3987,2421 kg/jam

: 3,9872 ton/jam

Ukuran yang tersaring mempunyai ukuran 150 mesh

Produk oversize : 5% bahan masuk

Produk Undersize : 95 % bahan masuk

Produk undersize dalam oversize, 5 % oversize

Perhitungan efisiensi screen

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

Dimana :

E : efisiensi screen

E : % undersize dalam feed (95 % dari feed)

V: % undersize dalam screen oversize ( 5% dari screen oversize )

Sehingga ,  $E = 100 \times ((100 \times (95 - 5)) / (95 \times (100 - 5))) = 99,7230 \%$

Perhitungan Power Screen :

$C_u$  : unit capacity = 0,7 ton/jam  $\text{ft}^2$

$C_t$  : 3,9872 ton/jam

$F_{oa}$  : Open area factor 0,25 in

$F_s$  : slotted area factor 1

$A = 0,4 C_t / C_u \cdot F_{oa} \cdot F_s = 9,113696 \text{ ft}^2$

$A = \text{screen area} + 2,777855 \text{ m}^2$

Power = 3 Hp

#### 9. Bucket elevator

Fungsi : memasukkan bahan baku kalsium oksida dari silo  $\text{CaO}$  ke mixer

Tipe : continus discharge bucket elevator

Dasar pemilihan : untuk memindahkan bahan dengan ketinggian tertentu

Rate massa = 2300,9205 kg/jam

= 2,3009 ton/jam

Tinggi bucket = (Tinggi silo + jarak dari dasar)

$$\begin{aligned}
&= 5,7711 \text{ m} + 1 \text{ m} \\
&= 6,7711 \text{ m} \\
&= 22,2148 \text{ ft}
\end{aligned}$$

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

Kapasitas maximum : 14 ton/jam

Power pada head shaft : 1 Hp

$$\begin{aligned}
\text{Power tambahan} &: 0,02 \text{ hp tiap ft} \\
&= 22,2148 \text{ ft} \times 0,02 \\
&= 0,4443 \text{ hp anggap 1 Hp}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Powet total} &= 0,443 + 1 \\
&= 1,4443 \text{ hp}
\end{aligned}$$

Efisiensi motor = 0,8

$$\begin{aligned}
\text{Power total} &= 1,4443/0,8 \\
&= 1,8054 \text{ hp}
\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
\text{Ukuran} &= 6 \text{ in} \times 4 \text{ in} \times 4 \frac{1}{4} \text{ in} \\
&= 0,1524 \text{ m} \times 0,1016 \text{ m} \times 0,1080 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\text{Bucked spacing} = 12 \text{ in} = 0,3048 \text{ m}$$

$$\text{Pusat elevator} = 25 \text{ ft} = 7,62 \text{ m}$$

$$\text{Ukuran feed maxium} = 3/4 \text{ in} = 0,0191 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
\text{Bucked speed} &= (\text{rate massa} \times 225) / (\text{kapasitas max}) \\
&= (2,3009 \times 225)/14 \\
&= 36,97908 \text{ ft/menit} \\
&= 0,1879 \text{ m/detik}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Putaran head shaft} &= (\text{rate massa} \times 43 \text{ rpm}) / (\text{kapasitas max}) \\
&= (2,3009 \times 43)/14 \\
&= 7,0671 \text{ rpm}
\end{aligned}$$

$$\text{Lebar belt 7 in} = 0,1778 \text{ m}$$

Spesifikasi

Kapasitas maximal : 14 ton/jam

Ukuran : 6 in x 4 in x 4 ¼ in

Bucket Spacing : 12 in

Tinggi elevator : 22,21485 ft

Ukuran Feed (maximum) : 3/4 in

Bucket Speed : 36,97908 ft/menit  
 Putaran Head Shaft : 7,0671 rpm  
 Lebar belt : 7 in  
 Power total : 2 hp

Nama alat	Power, Hp	Tinggi elevator
Bucket elevator 1	2	6,7 m
Bucket elevator 2	2	6,6 m

#### 10. Belt conveyer

Fungsi : Mengangkut padatan Kalsium karbonat dari rotary dryer ke ballmill

Jenis : Horizontal Belt Conveyor

Bahan : karet

Laju alir massa = 3787,88 kg/jam

Faktor kelonggaran (fh) = 20%

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

$$= (1 + 20\%) \times 3787,88$$

$$= 4545,4560 \text{ kg/jam}$$

$$= 4,5455 \text{ ton/jam}$$

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

Untuk Belt Conveyor kapasitas = 4,5455 ton/jam

Kapasitas maksimal = 32 ton/jam

Digunakan :

Lebar belt = 14 in  
 = 35,56 cm  
 = 0,3556 m

Luas area = 0,11 ft<sup>2</sup>  
 = 0,0102 m<sup>2</sup>

Kecepatan belt normal = 100 ft/min  
 = 60,96 m/min  
 = 1,0160 m/s

Kecepatan Belt Maximum = 300 ft/min  
 = 91,4400 m/min  
 = 1,5240 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 = 4,5455 ton/jam

Maka kecepatan belt = (kapasitas/kapasitas maximum) x kecepatan belt  
 = (4,5455/32) x 100  
 = 14,2046 ft/min

Power belt conveyor

Persamaan design Brown, hal 57

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

asumsi panjang belt conveyor 10 m = 32,8084 ft

Dimana :

Hp = Tenaga yang diperlukan

F = Faktor friksi, dipakai 0,05

L = Panjang belt conveyor = 32,8084 ft

Lo = 100 ft

S = Kecepatan belt = 14,2046 ft/min

T = kapasitas , 4,5455 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, hp = 0,070505

Efisiensi motor 80%

Power motor = hp total/efiseinsi

$$= 0,070505/0,8$$

$$= 0,088131 \text{ hp}$$

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	: 0,0881 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

## 11. Pompa

Type : *Centrifugal Pump*, karena

a. Konstruksinya sederhana, harganya relatif murah dan banyak tersedia di pasaran

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

Bahan : *Stainless Steel*

Rate masuk = 6549,4578 kg/jam = 4,0109 lb/s

Densitas = 1439,7088 kg/m<sup>3</sup> = 89,8781 lb/ft<sup>3</sup>

Rate volumetrik (Q) = massa/densitas  
= 4,0109 / 89,8781  
= 0,0446 ft<sup>3</sup>/s  
= 20,0292 gpm

Diperkirakan aliran fluida turbulen (NRe > 2100), sehingga digunakan persamaan untuk Di >= 1 in, yaitu :

Di opt = 3,9 (Q)<sup>0,45</sup> (ρ)<sup>0,13</sup> (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>

$$\begin{aligned} Di_{opt} &= 3,9 \times 0,2468 \times 1,7946 \\ &= 1,7272 \text{ in} \end{aligned}$$

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, ft/s

$Q$  = laju alir volumetric, ft<sup>3</sup>/s

$A$  = inside sectional area, ft<sup>2</sup>

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

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)

$$\begin{aligned} Nre &= (123,6948 \times 2,1241 \times 0,2557) / 0,0039 \\ &= 17167,92696 \text{ (asumsi aliran turbulen benar)} \end{aligned}$$

*Head Losses* ( $H_F$ )

a). *Sudden Contraction Losses*

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

( $A_1 \gg A_2$ ),dimana:

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

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

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

$$\begin{aligned} \text{Maka , } k_c &= 0,4 \times ( 1,25 - (A_2-A_1)) \\ &= 0,4393 \end{aligned}$$

$\alpha = 1$  untuk aliran turbulen

$$\begin{aligned} \text{sehingga, } h_c &= k_c \times (V^2 / (2 \times g_c \times \alpha)) \\ &= 0,0308 \text{ lb}_f \cdot \text{ft}/\text{lb}_m \end{aligned}$$

b). *Sudden Enlargement Losses*

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

Dimana :

$$\begin{aligned} K_{ex} &= (1 - (A_1/A_2))^2 \\ &= 0,999 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, } h_{ex} &= k_{ex} \times (V^2 / (2 \times g_c \times \alpha)) \quad (\text{Pers. 2.10-15 , Geankoplis, hal 98}) \\ &= 0,0701 \text{ lb}_f \cdot \text{ft}/\text{lb}_m \end{aligned}$$

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 :

$$\text{Elbow, } 90^\circ \quad \rightarrow k_f = 0,75$$

$$\text{Gate valve (wide open)} \rightarrow k_f = 0,17$$

$$\text{Coupling} \quad \rightarrow k_f = 0,04$$

Asumsi , panjang pipa = 18 m

Maka :

$$3 \text{ elbow } 90^\circ = 3 k_f = 2,25$$

$$1 \text{ gate valve} = 1 k_f = 0,17$$

$$3 \text{ coupling} = 3 k_f = 0,12$$

$$\text{Total } k_f = 2,54$$

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

d). *Losses in pipe straight*

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

Dari tabel 2.10-1 Geankoplis hal 99, didapat :

$$\text{Elbow, } 90^\circ \quad \rightarrow L/D = 35$$

$$\text{Gate valve (wide open)} \rightarrow L/D = 9$$

$$\text{Coupling} \quad \rightarrow L/D = 2$$

Maka :

$$3 \text{ elbow } 90^\circ = 3 \cdot ID \cdot L/D = 26,845$$

$$1 \text{ gate valve} = 1 \cdot ID \cdot L/D = 2,301$$

$$3 \text{ coupling} = 3 \cdot ID \cdot L/D = 1,534$$

$$\text{Total } L_e = 30,68$$

$$\begin{aligned}\Sigma L &= L + L_e \\ &= 59,0544 + 30,68 \\ &= 89,7344 \text{ ft} \\ &= 27,3510 \text{ m}\end{aligned}$$

\* Menghitung *Fanning Friction Factor* (f)

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

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

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,  $\text{BHP} = 0,5838$

Menghitung Tenaga Motor

Dari figure 14-38, Peters hal 521, untuk  $\text{BHP} 0,5838$

$\text{Hp} = 0,4354$

diperoleh  $\eta$  motor = 0,8

$P \text{ motor} = \text{BHP} / \eta$

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

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

Dipilih motor standar dengan power = 1 hp

Spesifikasi

Rate Volumetrik :  $0,1090 \text{ ft}^3/\text{s}$

Kecepatan aliran :  $2,1241 \text{ ft/s}$

Ukuran Pipa	: NPS	= 3 in
	Sch. Number	= 40
	OD	= 3,5 in
	ID	= 3,068 in
	Flow area	= $7,3872 \text{ in}^2$

Power pompa :  $0,5838 \text{ hp}$

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

Unit penyediaan dan pengolahan air

- A. Air untuk keperluan umum 730,3025 kg/jam
- B. Air untuk proses 428,54 kg/jam
- C. Air untuk pendinginan dan make up water 10189,819 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

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

Compressor ratio = 1,3

Dipilih reciprocating compressor 1 stage horizontal

BM rata – rata = 28,14

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

(Coulson, 2005)

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

$n = 1,4$

$T_1 = 303 \text{ K}$

$P_2/P_1 = 1,3$

$\text{BHP} = 892,24 \text{ J}/\text{mol}$

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

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

Kecepatan udara masuk =  $(P_1 V_w) / (R T_1) = 2,3 \text{ kmol}/\text{jam}$

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

Standart NEMA = 2 HP

## 2. Alat yang digunakan

## 2.1 Cooling Tower

Fungsi : mendinginkan sirkulasi air pendingin setelah digunakan dari suhu 45°C

keRate aliran 10189,8189 kg/jam

22464,67852 lb/jam

6,240188478 lb/s

densitas air pada 45 °C = 990,16 kg/m<sup>3</sup>

0,99016 kg/L

61,8156888 lb/ft<sup>3</sup>

kecepatan volumetrik (Q) rate aliran/densitas air

10291,08315 L/jam

45,37514615 gpm

suhu air masuk, T1 45 °C 113 °F

suhu air keluar, T2 30 °C 86 °F

suhu wet bulb, Twb 70 °F

suhu approach T2 - Twb 16 °F

suhu range T1 - T2 27 °F

kecepatan aliran pendingin (L') = 2 -5 gal/min.ft<sup>2</sup>

diambil L' 4 gal/min.ft<sup>2</sup>

luas tower = debit air/ kec. Aliran pendingin

11,34378654 ft<sup>2</sup>

1,053871801 m<sup>2</sup>

jika perbandingan P : L = 2:1

ukuran tower (L) luas tower(A) <sup>(1/2)</sup>

3,37 ft

1,03 m

ukuran tower (P) 2,05 m

mass velocity liquid (L) = debit aliran /A

1980,350956 lb/jam.ft<sup>2</sup>

rasio mass velocity gas udara

dengan liquid = L : G 0,75 - 1,5

ditetapkan L/G 1,2

mass velocity gas udara (G) 1650,292464 lb/jam.ft<sup>2</sup>

Number diffusion unit =

dimana :

H' = entalpi udara jenuh pada suhu air ( 86°F)

H = entalpi udara pada suhu air (86oF)

harga entalpi dicari dengan persamaan:

$$H_2 = H_1 + (L/G) \times (T_2 - T_1)$$

dimana:

H1 = entalpi udara masuk pada suhu wet bulb 80 oF 44,1 Btu/lb udara

H2 = entalpi udara keluar pada suhu 105 oF 82,5 Btu/lb udara

hasil interpolasi untuk suhu 113 oF 101,54 Btu/lb udara

hasil interpolasi untuk suhu 86 oF 51,34 Btu/lb udara

persamaan integral diselesaikan secara pendekatan dengan log mean enthalpi difference

bagian atas tower

H2' 101,54 Btu/lb

H2 82,5 Btu/lb

H2'-H2 19,04 Btu/lb

bagian bawah tower

H1' 51,34 Btu/lb

H1 44,1 Btu/lb

H1'-H1 7,24 Btu/lb

log mean (H' - H )

$$(19,04 - 7,24) / \ln 2,629834254$$

$$= 12,20368795$$

sehingga :

Diffusion unit (113 - 86 )/11,0992

$$2,212445951$$

harga yang diijinkan NDU = ( 0,5 - 2,5 ), jadi memenuhi syarat

Harga Kxa = 200 - 600 lb/jam ft<sup>2</sup> ( kern, hal 601)

diambil, Kxa = 550

tinggi cooling tower ( Z ) (NDU x L )/ Kxa

$$7,96621719 \text{ ft}$$

$$2,428132526 \text{ m}$$

over design 20% = 2,913759031 m

$$3 \text{ m}$$

untuk distribusi digunakan 10 buah spray

kecepatan volumetrik udara 1650,292464 lb/jam.ft<sup>2</sup>

densitas udara pada suhu 86 oF 13,73 lb/ft<sup>3</sup>



sehingga :

kebutuhan udara = ( kec. Volumetrik udara x A) / densitas udara

$$1363,47891 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$0,378744142 \text{ ft}^3/\text{s}$$

## 2.2 Bak Pengendap

rate aliran 18202,3904 kg/jam

$$11,1470 \text{ lb/s}$$

densitas air 997 kg/m<sup>3</sup>

$$62,2128 \text{ lb/ft}^3$$

Rate Volumetrik 0,1792 ft<sup>2</sup>/s

waktu pengendapan 2 jam 7200 detik

volume air = rate volumetrik x waktu pengendapan 1290,0674 ft<sup>3</sup>

Direncanakan Volume Liquid = 0,8000 volume bak, sehingga

volume Bak 1612,5843 ft<sup>3</sup>

Asumsi, Bak berbentuk persegi panjang dengan ratio

panjang lebar tinggi = 2 : 1 : 4

volume bak = p x l x t (2x) x (1x) x (4x) 8,0000 x<sup>3</sup>

sehingga :

volume bak = 8x<sup>3</sup>

$$1612,5843 = 8,0000 x^3$$

$$x^3 = 201,5730$$

$$x = 5,8633 \text{ ft}$$

jadi ukuran bak pendendapan:

panjang 11,7267 ft 3,5741 m

lebar 5,8633 ft 1,7871 m

tinggi 23,4533 ft 7,1482 m

Luas bak ( A) = p x l 68,7572 ft<sup>2</sup>

## 1.3 Clarifier

rate aliran 18202,390 kg/jam

$$40129,354 \text{ lb/jam}$$

$$11,147 \text{ lb/s}$$

asumsi air masuk pada suhu (T) 35,000 oC

ρ (densitas air ) 997,000 kg/m<sup>3</sup>

$$62,213 \text{ lb/ft}^3$$

μ ( viskositas air ) 0,850 cp

$$0,001 \text{ lb/ft.s}$$

$$\text{rate volumetrik ( Qf) = } 11,147 \text{ lb/s}$$

$$62,213 \text{ lb/ft}^3$$

$$0,179 \text{ ft}^3/\text{s}$$

a. Design Tangki

Dirancang : tinggi silinder, Hs 1,500 D  
 sudut konis,  $\alpha$  45o  
 volume bahan 0,800 volume clarifier  
 Diameter Flat spot, H 6,000 in 0,500 ft

>> menghitung dimensi clarifier

asumsi waktu tinggal 3,000 jam

$$\text{volume air dalam tangki } Q_f \times t$$

$$0,179 \text{ ft}^3/\text{s} \times 10800,000 \text{ s}$$

$$1935,101 \text{ ft}^3$$

$$\text{volume tangki volume air}/0,8 = 2418,876 \text{ ft}^3$$

volume silinder (Vs)  $(\pi/4) \cdot D^2 \cdot h_s$  (pers. 3.1, Brownell, hal 41 )

$$(3,14/4) \cdot D^2 \cdot 1,500 D$$

$$1,178 D^3$$

volume head bawah (Vh)

$$V_h = ((\pi/12) \cdot h_c (D^2 + DH + H^2)) \quad \text{pers. 4-18, hesse, hal 92}$$

$$(\pi/12) \cdot \tan \alpha \cdot ((D-0,5)/2) \cdot (D^2 + 0,5 D + 0,5)^2$$

$$0,262 \cdot 0,500 D - 0,25 \cdot (D^2 + 0,5 D + 0,25)$$

$$0,131 D^3 - 0,065 D^2 + 0,065 D^2 - 0,016$$

$$0,131 D^3 - 0,016$$

$$\text{volume tangki} = V_s + V_h$$

$$2418,893 = 1,308 D^3$$

$$D^3 = 1848,835$$

$$D = 12,273 \text{ ft}$$

$$147,281 \text{ in}$$

Tinggi silinder (hs) 1,500 D

$$1,500 \cdot 12,273 \text{ ft}$$

$$18,410 \text{ ft}$$

$$220,922 \text{ in}$$

volume silinder (Vs)  $(\pi/4) \cdot D^2 \cdot h_s$

$$0,785 \cdot 150,637 \cdot 18,410$$

$$2177,004 \quad \text{ft}^3$$

tinggi tutup kronis

$$h_c = \tan \alpha \left( \frac{D-H}{2} \right) \quad (\text{pers. 4-17, hesse, hal.92})$$

$$\tan 45^\circ \left( \frac{12,273 - 0,500}{2} \right)$$

$$5,887 \quad \text{ft}$$

$$70,641 \quad \text{in}$$

$$\text{volume air dalam konis (Vs)} \quad 0,131 \quad D^3 - 0,016$$

$$241,873 \quad \text{ft}^3$$

$$\text{volume air dalam silinder} \quad V_{\text{air}} - V_{\text{bahan dalam koni}}$$

$$1693,228 \quad \text{ft}^3$$

$$\text{tinggi air dalam silinder} = \frac{\text{volume air dalam silinder}}{((\pi/4) \cdot D^2)}$$

$$\frac{1693,228}{\pi \cdot 12,273^2 / 4}$$

$$0,785 \quad \times \quad 150,637$$

$$14,319 \quad \text{ft}$$

$$171,828 \quad \text{in}$$

$$\text{tinggi air dalam konis} = \text{tinggi konis}$$

$$5,887 \quad \text{ft}$$

$$70,641 \quad \text{in}$$

$$\text{tinggi air dalam tangki} = \text{tinggi air dalam silinder} + \text{tinggi air dalam kronis}$$

$$20,206 \quad \text{ft}$$

$$242,469 \quad \text{in}$$

> menghitung tebal tangki ( tebal shell, tebal konis dan tebal tutup atas)

>> Tebal shell

menentukan tekanan design

$$p_{\text{operasi}} = 1 \quad \text{atm} = 14,7 \quad \text{Psi}$$

$$\text{tekanan hidrostatis (PD)} = \rho \times g/gc \times H \quad H=hs$$

$$7,954 \quad \text{psig}$$

untuk keamanan diambil P over design 10%

$$\text{sehingga :} \quad P_{\text{design}} = 8,749 \quad \text{psig}$$

$$t_s = \left( \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6 P} \right) + c \quad (\text{pers. 13. 1, brownell, hal 2})$$

dimana:

ts= tebal shell, in

P = tekanan design, psi

f = maks allowable stress

ri = jari - jari dalam, in 73,641 in

c = faktor korosi

bahan yang digunakan adalah Carbon steel SA-328 Grade C

f= 18750,000 psi (tabel 13.1, brownell, hal 251 )

sambungan ( double welded butt joint )

E= 0,800 (tabel 13.1, brownell, hal 251 )

faktor korosi (c) = 0,125 in

sehingga :

ts= 0,168

dari tabel 5.7 brownell, hal 89

diambil tebal shell standar= 1/2 in

standarisai OD

OD = ID + 2 ts 148,281in

12,357 ft

0,314 m

standarisasi ID

OD 132,000 in

ID = OD - 2 ts 131,000 in

10,917 ft

3,327 m

menentukan tinggi shell ( Hs)

Hs = 1 ID 131,000 in

10,917 ft

3,327 m

tinggi tanki = tinggi slinder + tinggi konis

16,803 ft

201,641in

tebal tutup atas ( plate )

tt = D ( c (Pd/f))^0,5 (tabel 13.1, brownell, hal 261 )

dari fig. 13.8 brownell hal 262, digunakan tipe plate b, sehingga digunakan

konstanta C = 0,162

sehingga :

$$t_t = 1,139 \text{ in}$$

dari tabel 5.7 brownell, hal 89

diambil tebal shell standar 2,000 in

tebal tutup bawah ( konis ) :

$$t_h = \frac{(P.D)}{(2 \cos a (f. E - 0,6. P))} + c \text{ (Pers. 6. 154 Brownell, hal 118)}$$
$$\cos 45 \text{ } 0,525$$

$$t_h = 0,235 \text{ in}$$

dari tabel 5.7 brownell, hal 89

diambil tebal standar = 5/16 in 0,313 in

>> desain pengaduk

rate aliran 18202,390 kg/jam

40129,354 lb/jam

11,147 lb/s

asumsi air masuk pada suhu (T) 35,000 °C

$\rho$  (densitas air) 997,000 kg/m<sup>3</sup>

62,213 lb/ft<sup>3</sup> 7,000

$\mu$  ( viskositas air ) 0,850 cp

0,001 lb/ft.s

> dimensi pengaduk

diameter impeller (Da)

$$D_a = 1/3 D_t \text{ } 3,639 \text{ ft} \quad (\text{McCabe, hal 243})$$

Tinggi Daun Pengaduk (W)

$$W = 1/5 D_a \text{ } 0,728 \text{ ft}$$

ketinggian pengaduk dari dasar tangki (C)

$$C = 1/3 D_t \text{ } 3,639 \text{ ft}$$

lebar baffle (J)

$$J = 1/12 D_t \text{ } 0,910 \text{ ft}$$

jarak impeller dari poros (L)

$$W = 1/4 D_a \text{ } 0,910 \text{ ft}$$

jumlah pengaduk tinggi air x Sg. Air

diameter tangki

$$= 1,851$$

2 buah impeler

jadi, digunakan pengaduk sebanyak 3,000 buah

digunakan pengaduk jenis flat six-blade turbin with disc

Putaran Pengaduk (N)

$$N = (v/\pi Da) \quad (\text{McCabe, hal 240})$$

$$Q_f = 0,179 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$10,751 \text{ ft}^3/\text{menit}$$

$$\text{Kecepatan linier (v)} \quad (Q_f/1/4 \pi D^2)$$

$$0,115 \text{ ft}/\text{menit}$$

sehingga

$$N = 0,010 \text{ rpm}$$

$$0,000 \text{ rps}$$

standar putaran pengaduk minimal adalah 60 rpm (1rps), karena putaran pengaduk yang

didapatkan sangat kecil dari standar putaran pengaduk, maka akan digunakan 60 rpm (1 rps) untuk kecepatan pengadukan

$$\text{Bilangan Reynold (Nre)} \quad Da^2 \cdot N \cdot \rho$$

$$\pi \quad (\text{pers. 9.17, McCabe, hal 249})$$

$$Nre = 1441997,531$$

Dari buku McCabe hal 253, power number bukan fungsi viskositas. Dan jika  $Nre > 10000$ ,

$$\text{maka } N_p = KT$$

$$KT = 5,750 \quad (\text{tabel 9.3, McCabe, hal 254})$$

sehingga power pengaduk (P)

$$P = N_p \cdot \rho \cdot N^3 \cdot Da^5 \quad (\text{pers. 9.24, McCabe, hal 253})$$

$$g_c$$

$$798,187 \text{ ft} \cdot \text{lb}/\text{s}$$

$$1,451 \text{ Hp}$$

selama proses pengadukan, pengaduk mengalami gland losses dan transmission losses

$$\text{gain losses} = 10\% P$$

$$0,145 \text{ Hp}$$

power input (Pi)  $P + \text{gain losses}$

$$1,596 \text{ Hp}$$

transmission losses 20%Pi

0,319 Hp

sehingga:

total power pengaduk = Pi + transmission losses

1,916 Hp

power pengaduk (P) 1,916 Hp power motor pengaduk clarifier

> kebutuhan koagulan

Digunakan koagulan  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$

Dosis normal 15,000 ppm (Tabel 11.5, Walas, hal 309)

15,000 mg/L

Rate volumetrik (Qf) 0,179 ft<sup>3</sup>/s

645,034 ft<sup>3</sup>/jam

maka jumlah koagulan yang ditambahkan ke dalam clarifier adalah

= 273974,526 mg/jam

2,740 kg/jam

2.4 kolam pengendap

rate aliran 18202,3904 kg/jam

11,14704277 lb/s

densitas air 997 kg/m<sup>3</sup>

62,2128 lb/ft<sup>3</sup>

Rate Volumetrik 0,179176034 ft<sup>2</sup>/s

waktu pengendapan 12 jam 43200 detik

volume air = rate volumetrik x waktu pengendapan 7740,404671 ft<sup>3</sup>

Direncanakan Volume Liquid = 0,8 volume bak, sehingga

volume Kolam 9675,505839 ft<sup>3</sup>

Asumsi, kolam berbentuk persegi panjang dengan ratio

panjang lebar tinggi = 4 : 3 : 2

volume bak = p x l x t (4x) x (3x) x (2x) = 24 x<sup>3</sup>

sehingga :

volume = 24x<sup>3</sup>

9675,505839 = 24 x<sup>3</sup>

x<sup>3</sup> = 403,1460766

x = 7,387329649 ft

jadi ukuran kolam pengendapan:

panjang = 4x 29,5493186 ft 9,006192806 m

lebar = 3x 22,16198895 ft 6,754644604 m  
 tinggi=2x 14,7746593 ft 4,503096403 m  
 Luas kolam ( A) = p x l 654,8716721 ft<sup>2</sup>

#### 2.4 Sand Filter

rate aliran 18202,3904 kg/jam

40129,3540 lb/jam

11,1470 lb/s

asumsi air masuk pada suhu (T) 35,0000°C

ρ (densitas air) 997,0000 kg/m<sup>3</sup>

62,2128 lb/ft<sup>3</sup>

μ (viskositas air) 0,8500 cp

0,0006 lb/ft.s

rate volumetrik ( Qf) = 40129,3540 lb/jam

62,2128 lb/ft<sup>3</sup>

645,0337 ft<sup>3</sup>/jam

0,1792 ft<sup>3</sup>/detik

80,4198 galon/menit

No	isian	diameter partikel (mm)	tinggi (cm)
1	pasir kuarsa	0 - 0,4	13,0000
2	pasir kasar	0 - 2	13,0000
3	kerikil halus	0 - 5	13,0000
4	kerikil kasar	0 - 10	13,0000
5	kekel	0 - 30	13,0000
tinggi bed			65,0000

tinggi lapisan pasir 0,6500 m

>> menghitung luas permukaan penyaringan

kecepatan filtrasi 2,0000 s/d 5,0000 gmp/ft<sup>2</sup> ( Brown, hal 230)

diambil 3,0000 gpm/ft<sup>2</sup>

luas penampang (A)

= 26,8066 ft<sup>2</sup>

2,4904 m<sup>2</sup>

>> menghitung Dimensi Tanki



tangki didesain dengan volume cairan berlebih 20%, sehingga

volume tangki  $1,2 \times 2,4904 \text{ m}^2 \times 0,6500 \text{ m}$

V tangki =  $1,9425 \text{ m}^3$

untuk desain tangki sand filter, diambil rasio perbandingan D/H = 1,0000

$$H = D$$

volume tanki =  $\frac{1}{4} \pi \times D^2 \times H$

$$1,9425 \text{ m}^3 = \frac{1}{4} \pi \times D^3$$

$$D^3 = 2,4746 \text{ m}^3$$

$$D = 1,3526 \text{ m} \quad 4,4376 \text{ ft}$$

maka tinggi tangki sand filter ( H = D)

$$H = 1,3526 \text{ m}$$

## 2.5 Reservoir

rate aliran  $18202,3904 \text{ kg/jam}$

$$11,14704277 \text{ lb/s}$$

densitas air  $997 \text{ kg/m}^3$

$$62,2128 \text{ lb/ft}^3$$

Rate Volumetrik  $0,179176034 \text{ ft}^2/\text{s}$

asumsi waktu tinggal  $48 \text{ jam} \quad 172800 \text{ detik}$

volume air = rate volumetrik x waktu tinggal  $30961,61868 \text{ ft}^3$

Direncanakan Volume Liquid =  $0,8 \text{ volume bak}$ , sehingga

volume  $38702,02336 \text{ ft}^3$

Asumsi, reservoir berbentuk persegi panjang dengan ratio

panjang lebar tinggi =  $5 : 3 : 3$

$$\text{volume} = p \times l \times t \quad (5x) \times (3x) \times (3x) \quad 45 \quad x^3$$

sehingga :

$$\text{volume} = 45x^3$$

$$38702,02336 = 45 \quad x^3$$

$$x^3 = 860,0449635$$

$$x = 9,509851142 \text{ ft}$$

jadi ukuran reservoir

panjang =  $5x \quad 47,54925571 \text{ ft} \quad 14,49230592 \text{ m}$

lebar =  $3x \quad 28,52955343 \text{ ft} \quad 8,69538355 \text{ m}$

tinggi =  $3x \quad 28,52955343 \text{ ft} \quad 8,69538355 \text{ m}$

Luas( A) = p x l  $1356,559031 \text{ ft}^2$

## 2.6 Bak air sanitasi

rate aliran      722,8250 kg/jam  
                         1593,5545 lb/jam  
                         0,4427 lb/s

asumsi air masuk pada suhu (T)      35,0000      oC

$\rho$  (densitas air )      997,0000      kg/m<sup>3</sup>  
                         62,2128      lb/ft<sup>3</sup>

$\mu$  ( viskositas air )      0,8500 cp  
                         0,0006 lb/ft.s

rate volumetrik ( Qf) =      1593,5545      lb/jam  
                         62,2128      lb/ft<sup>3</sup>  
                         25,6146      ft<sup>3</sup>/jam  
                         0,4269 ft<sup>3</sup>/menit

asumsi waktu tinggal 12,0000 jam

volume air      rate volumetrik x waktu tinggal  
                         307,3749      ft<sup>3</sup>

direncanakan volume liquid = 0,8000      volume bak, sehingga :

volume bak      384,2186 ft<sup>3</sup>

asumsi, Bak berbentuk persegi panjang dengan ratio

panjang : lebar : tinggi = 3 : 2 : 1

volume bak = p x l x t

$$3(x) \times (2x) \times (1x)$$

$$6x^3$$

sehingga:

$$\text{volume bak} = 6X^3$$

$$384,2186 = 6X^3$$

$$X^3 = 64,0364 \text{ ft}^3$$

$$x = 4,0008 \text{ ft}$$

ukuran bak pengendapan

panjang 3 (x)      12,0023ft

lebar 2(x)      8,0015 ft

tinggi 1(x)      4,0008 ft

luas bak (A) = p x l      96,0364 ft<sup>2</sup>

## 2.7 Demineralizer

Kation Exchanger

Bahan : Stainless steel 304

Tugas : Menurunkan kesadahan air umpan boiler

Resin : Natural Greensand Zeolit

rate aliran 6731,1192 kg/jam

14839,56001 lb/jam

4,122100004 lb/s

asumsi air masuk pada suhu (T) 35 oC

$\rho$  (densitas air) 997 kg/m<sup>3</sup> 0,997 kg/liter

62,2128 lb/ft<sup>3</sup>

$\mu$  (viskositas air) 0,85 cp

0,000571285 lb/ft.s

rate volumetrik ( Qf) = 6731,119201 kg/jam

0,997 kg/liter

6751,373321 liter/jam

192051,3546 ft<sup>3</sup>/jam

23945,60307 gpm

air yang masuk ke dalam kation exchanger biasanya mengandung :

Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> 0,7995 meq/L

Fe<sup>2+</sup> 0,356 meq/L

Mn<sup>2+</sup> 0,0182 meq/L

Total 1,1737 meq

kation exchanger beroperasi 24jam/hari = 168 jam/minggu

waktu regenerasi 8 jam

total kation yang dihilangkan

1331,246594 eq

resin yang digunakan jenis greensand ( Fe-slica) dengan spesifikasi

kapasitas penyerapan 0,18 eq/L (Perry's 7ed, tabel 16-6)

tinggi bed minimum 24 in

regenerasi resin menggunakan HCL g/L resin

Volume resin = kation yang diserap/ kapasitas penyerapan

7395,814409 L

261,180721 ft<sup>3</sup>

kebutuhan HCL untuk regenerasi diambil 10% g HCL/L resin

HCL yang dibutuhkan 1,1 g HCL/L resin x Vol. Resin

1,1 x 7395,814409 L

8135,39585 g HCl

untuk regenerasi digunakan larutan HCl 0,37

$\rho$  HCl 1,18 g/cm<sup>3</sup>

Vol HCl 37% yang dibutuhkan

8135,39585 g HCl

1,18 g/cm<sup>3</sup>

= 6894,403263 cm<sup>3</sup>

= 6,894403263 L

design dimensi tangki

asumsi : tinggi bed (h) = D

Vol. Resin =  $\pi/4 \times D^2 \times h$

261,180721 = 0,785 D<sup>3</sup>

D<sup>3</sup> = 332,7142943 ft<sup>3</sup>

D = 6,929317907 ft

h bed = D = 6,929317907 f

tinggi silinder = h bed 6,929317907 ft

tekanan operasi ( Pop) 1 atm 14,7 psi

tekanan hidrostatik (Ph)  $\rho \times g/gc \times H$  62,2128 x 32,1740/32,1740 x 6,929317907

= 431,0922691 lbf/ft<sup>2</sup>

2,993696313 psi

faktor keamanan 10%

tekanan desain faktor keamanan \*( Pop+Ph)

19,46306594 psi

ts=  $(P \cdot r_i / (f \cdot E - 0,6 P)) + c$  ( pers. 13. 1, brownell, hal 254

dimana:

ts= tebal shell, in

P = tekanan design, psi

f = maks allowable stress

r<sub>i</sub> = jari - jari dalam, in 41,57590744 in

c = faktor korosi

bahan yang digunakan adalah Carbon steel SA-328 Grade C

f= 18750 psi (tabel 13.1, brownell, hal 251 )

sambungan ( double welded butt joint )

E= 0,8 (tabel 13.1, brownell, hal 251 )

faktor korosi (c) = 0,125 in

sehingga :

$t_s = 0,17898834$  in  
dari tabel 5.7 brownell, hal 89  
diambil tebal shell standar =  $1/2$  in

standarisasi OD

$OD = ID + 2 t_s$   $84,15181488$  in  
 $7,01265124$  ft  
 $0,178121341$  m

standarisasi IDOD  $126$  in

$ID = OD - 2 t_s$   $125$  in  
 $10,41666667$  ft  
 $3,175$  m

Hbed = ID  $125$  in  
 $10,41666667$  ft  
 $3,175$  m

tinggi silinder = tinggi bed

H  $125$  in  
 $10,41666667$  ft  
 $3,175$  m

design dimesni tutup atas dan bawah

keterangan gambar

ID = diameter dalam tangki (in)

OD = diameter luar tangki (in)

$a = ID/2$  ; jari-jari tangki (in)

t = tebal head (in)

icr= inside corner radius

sf = straight flange (in)

b = depth of dish (in)

OA = overall dimension (in)

tebal tutup atas (tha) atau tutup bawah (thb)

$th_a = ((0,885 P \cdot r_c)/(f \cdot E - 0,1 \cdot P)) + C$  ( pers. 13.12, Brownell, hal 258

$th_a = th_b$   $0,138781639$  in

digunakan tebal tutup standar ( $1/2$ ) in  $th_a = th_b$   $0,5$  in

dari tabel 5.6 Brownell, hal 89, untuk tebal shell  $0,5$  in maka :

sf =  $3$

dari tabel 5.6 Brownell, hal 89, untuk nilai OD 126 in

$$r_c = 120 \text{ in}$$

$$i_{cr} = 7 \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$a = ID/2 = 62,5 \text{ in}$$

$$AB = a - i_{cr} = 54 \frac{7}{8} \text{ in}$$

$$BC = r - i_{cr} = 112 \frac{3}{8} \text{ in}$$

$$AC = ((BC)^2 - (AB)^2)^{(1/2)} = 98 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 22 \text{ in}$$

sehingga tinggi tutup ( dish 0 adalah

$$HD = t_{ha} + b + s_f = 25 \text{ in} \quad t_{ha} = t_{hb} = 25 \text{ in}$$

tinggi tangki = tinggi shell + tinggi tutup atas dan bawah

$$\begin{aligned} & 125 + 2 * HD \\ = & 175 \frac{1}{7} \text{ in} \\ & 14 \frac{3}{5} \text{ ft} \\ & 4 \frac{4}{9} \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi kation exchanger

fungsi menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation

type tangki silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah berupa standar dished head

bahan konstruksi carbon steel, SA-283 grade C

volume bed resin 261,180721 ft<sup>3</sup>

kapasitas 6751,373321 liter/jam

tinggi bed resin 10,41666667 ft

dimensi tangki diameter 10,41666667 ft

tinggi 14,59551914 ft

kebutuhan HCl 6,894403263 Liter untuk setiap 8 jam regenerasi/minggu

jumlah 1 buah

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 :  $t_o = 22,5$  jam

Waktu pencucian :  $t_w = 0,5$  jam

Waktu regenerasi :  $t_r = 1$  jam

Waktu siklus :  $t_c = 24$  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

## 2.6 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

$$H_g = 2706 \text{ BTU/lb}$$

$$H_f = 503,81 \text{ BTU/lb}$$

$$H_{fg} = 2202,19 \text{ BTU/lb}$$

Efisiensi boiler 85%

$$\text{Air umpan} = 2954,2584 \text{ kg/jam} / 85\% = 3475,6 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Suhu air umpan } T_1 = 86 \text{ }^\circ\text{F} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$C_p \text{ air} = 1 \text{ BTU/lb }^\circ\text{F}$$

$$\text{Beban boiler} = m \cdot c_p \cdot dt \text{ air} + m \text{ air} (H_v - H_d)$$

$$\text{Beban boiler} = 1697237 \text{ BTU/jam} = 17590431 \text{ kJ/jam}$$

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%

$$\text{Kebutuhan solar} = Q / (F \times p) = 1608756 / (45600 \times 0,85 \times 80\%) = 569,97 \text{ L/jam}$$

$$\text{Kebutuhan solar} = 13679,26 \text{ L/hari}$$

## 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

$$p \text{ N}_2\text{H}_2 = 62,40 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{Volume N}_2\text{H}_2 = 0,0752 \text{ cuft/hari}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 30 \text{ hari} = 720 \text{ jam}$$

Overdesign 20%

Dibuat larutan N<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 5 %

$$\text{Volume larutan} = 45,0902 \text{ cuft} = 1,2768 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki} = 1,5322 \text{ m}^3$$

Bentuk tangki = silinder tegak

$$\text{Ukuran tangki} = H/D = 1$$

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot (D) \quad V = \frac{\pi}{4} \cdot D^3 \quad D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}}$$

$$= 1,2497 \text{ m}, \text{ jadi } H = D = 1,2497 \text{ m}$$

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

### 2.9 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>

$V = (\pi/4) D \times D \times H$

$D = (4 \times V / \pi)^{1/3}$

$D = 0,4001$  m

$H = 0,8001$  m

Bahan = Fiber

### 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 :  $H/D = 1$

$V = (\pi/4) D \times D \times H$

$D = 0,8106$  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 echanger: 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

## 1.15 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*

$$\text{Rate masuk} = 1160,0000 \text{ kg/jam} = 0,7104 \text{ lb/s}$$

$$\text{Densitas} = 995,6470 \text{ kg/m}^3 = 62,1563 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \text{massa/densitas}$$

$$= 0,7104 / 62,1563$$

$$= 0,0114 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$= 5,1296 \text{ gpm}$$

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

$$D_i \text{ opt} = 3,6 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \quad (\text{Pers. 45, Peters, hal 365})$$

Dimana :

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

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

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

$$D_i \text{ opt} = 3,6 \times 0,1337 \times 1,7106$$

$$= 0,8233 \text{ in}$$

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,  $\text{ft/s}$

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

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

$$V = 0,0114 / 0,00371$$

$$= 3,0806 \text{ ft/s}$$

$$= 0,9390 \text{ m/s}$$

Menghitung Reynold Number ( $N_{re}$ )

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

Dimana :

$\rho$  = densitas cairan ( $\text{lb/ft}^3$ )

$v$  = kecepatan linier ( $\text{ft/s}$ )

D = diameter dalam pipa (ft)

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

$$\text{Nre} = (62,1563 \times 3,0806 \times 0,0687) / 0,0005$$

$$= 24005 \text{ (asumsi aliran turbulen benar)}$$

*Head Losses (H<sub>F</sub>)*

a). *Sudden Contraction Losses*

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

( $A_1 \gg A_2$ ),dimana:

$$A_1 = 192,4814 \text{ ft}^2$$

$$A_2 = 0,00371 \text{ ft}^2$$

$$\text{Karena, } A_2/A_1 = 0,00371 / 192,4814 = 1,9275\text{E-}05 < 0,715$$

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

$$= 0,5$$

$\alpha = 1$  untuk aliran turbulen

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

$$= 0,0737 \text{ lb}_f \cdot \text{ft/lb}_m$$

b). *Sudden Enlargement Losses*

$$(\text{A}_2 \gg \text{A}_1), \text{dimana: } A_1 = 0,00371 \text{ ft}^2 \quad A_2 = 0,4081 \text{ ft}^2$$

Dimana :

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

$$= 0,9819$$

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

$$= 0,1448 \text{ lb}_f \cdot \text{ft/lb}_m$$

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 :

$$\text{Elbow, } 90^\circ \quad \rightarrow k_f = 0,75$$

$$\text{Gate valve (wide open) } \rightarrow k_f = 0,17$$

$$\text{Coupling} \quad \rightarrow k_f = 0,04$$

Asumsi, panjang pipa = 18 m

Maka :

$$3 \text{ elbow } 90^\circ = 3 k_f = 2,25$$

$$1 \text{ gate valve} = 1 k_f = 0,17$$

$$3 \text{ coupling} = 3 k_f = 0,16$$

$$\text{Total } k_f = 2,58$$

$$\text{Sehingga, } h_f = k_f \times (V^2 / (2 \times g_c \times \alpha)) = 0,3805 \text{ lb}_f \cdot \text{ft} / \text{lb}_m$$

d). *Losses in pipe straight*

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

Dari tabel 2.10-1 Geankoplis hal 99, didapat :

$$\text{Elbow, } 90^\circ \quad \rightarrow L/D = 35$$

$$\text{Gate valve (wide open)} \rightarrow L/D = 9$$

$$\text{Coupling} \quad \rightarrow L/D = 2$$

Maka :

$$3 \text{ elbow } 90^\circ = 3 \cdot \text{ID} \cdot L/D = 7,21$$

$$1 \text{ gate valve} = 1 \cdot \text{ID} \cdot L/D = 0,8160$$

$$3 \text{ coupling} = 3 \cdot \text{ID} \cdot L/D = 0,5493$$

$$\text{Total } L_e = 8,3773$$

$$\Sigma L = L + L_e$$

$$= 118,1088 + 8,3773$$

$$= 126,4861 \text{ ft}$$

$$= 38,5530 \text{ m}$$

\* Menghitung *Fanning Friction Factor* (f)

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

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

Sehingga ,  $\epsilon/D = 0,0022$

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*

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

$$Z_2 = 0,4395 \text{ ft}$$

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1$$

$$= 0,4395 - 0$$

$$= 0,4395 \text{ ft}$$

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

$$\Delta Z \text{ (g/gc)} = 0,4395 \times 1$$

$$= 0,4395 \text{ ft lbf/lbm}$$

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,  $\text{BHP} = 0,3007$

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	Σ 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
BE 1	3	1	3
BE 2	2	1	2
BC 1	1	1	1
BC 2	1	1	1
BC 3	0,5	1	0,5



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 = 16,99 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 = 20 kW

Total kebutuhan listrik = 521,64 kW

Emergency generator yang digunakan mempunyai efisiensi 80%

Maka input generator =  $379,2257 / 80\% = 474,0321$  kW

Digunakan input generator 500 kW

Untuk keperluan lainnya =  $27,8321$  kW x 80% = 22,2657 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 =  $2152611 / (80\% \times 53 \times 18315) = 2,77$  cuft/jam

Tangki bahan bakar untuk generator

Fungsi : menampung bahan bakar solar untuk generator

Jenis : Tangki silinder horizontal volume 4 m<sup>3</sup>

## 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 : 15458,45 (11 januari 2023, kursdollar.net)

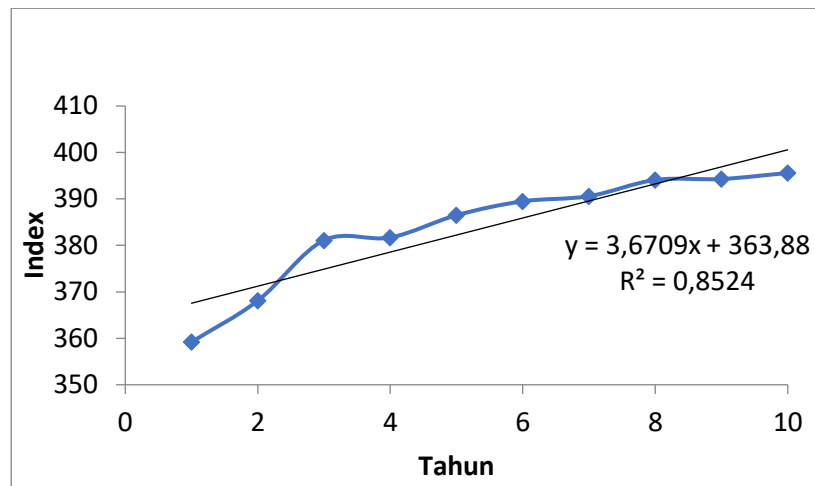
Tahun evaluasi : 2023

Harga alat pada tahun : 2014

Pabrik didirikan pada tahun 2025

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 2025 adalah tahun ke 33 = 485,0197

Present cost = original cost x index value at time/ indext value at time original cost

Harga upah buruh di Probolinggo Rp. 2.753.266 = 13.237/ jam

No.	Nama alat	Variabel penentu	Jumlah	Harga 2014 (\$)	Harga 2025 (\$)	Harga Total (\$)	Harga Total (Rp)
1.	Ballmill	Luas	1	397400	433489,8243	433489,8243	Rp6.701.080.774
2.					0,0000	0	Rp0
3.	Blower-01	Kapasitas Blower	1	15700	17125,7933	17125,79326	Rp264.738.219
4.	Belt Conveyor	Lebar, Panjang	1	5300	5781,3187	5781,318744	Rp89.370.227
5.	Bucket Elevator-01	Tinggi	2	9400	10253,6597	20507,31932	Rp317.011.370
6.	Belt Conveyor-1	lebar, Panjang	1	9200	10035,4967	10035,49669	Rp155.133.224
7.	Elektrostatik precipitator (ESP)	Aliran udara per m <sup>3</sup> / menit	1	167800	183038,7331	183038,7331	Rp2.829.495.103
					0,0000	0	Rp0
9.	Centrifuge	Diameter	1	52100	56831,4541	56831,45407	Rp878.526.191
10.	Cyclone	Aliran udara per menit	1	65300	71230,2102	71230,21018	Rp1.101.108.643
11.			1		0,0000	0	Rp0
12.	Cooling Conveyor	Lebar, panjang	1	5300	5781,3187	5781,318744	Rp89.370.227
					0,0000	0	Rp0

No.	Nama alat	Variabel penentu	Jumlah	Harga 2014 (\$)	Harga 2025 (\$)	Harga Total (\$)	Harga Total (Rp)
14.		Luas		1300	1418,0593	0	Rp0
15.		Luas		1300	1418,0593	0	Rp0
16							
17	Mixer	Volume	1	233100	254268,9432	254268,9432	Rp3.930.603.746
18	Pompa-04	Diameter pipa	1	15200	16580,3858	16580,38583	Rp256.307.065
19	Pompa-05	Diameter pipa	1	13500	14726,0006	14726,00057	Rp227.641.144
20		Diameter pipa		3900	4254,1779	0	Rp0
21	Pompa-03	Diameter pipa	1	13500	14726,0006	14726,00057	Rp227.641.144
22	Pompa- 01	Diameter pipa	1	18100	19743,7489	19743,74892	Rp305.207.755
23	Pompa-02	Diameter pipa	1	18100	19743,7489	19743,74892	Rp305.207.755
24				16700	18216,6081	0	Rp0
25				9300	10144,5782	0	Rp0
26	Reaktor	Volume	1	71000	77447,8549	77447,85487	Rp1.197.223.792
27	Rotary Dryer	Luas Permukaan	1	95500	104172,8189	104172,8189	Rp1.610.350.312
29				13100	14289,6746	0	Rp0
30	Screen	Luas	1	17400	18980,1785	18980,17852	Rp293.404.141
31	Silo CaO	Volume	1	18100	19743,7489	19743,74892	Rp305.207.755
32	Silo CaCO3	Volume	2	133700	145841,9464	291683,8928	Rp4.508.980.873
33	Tangki MEA	Volume	1	15200	16580,3858	16580,38583	Rp256.307.065
34	tanki solar	volume	1	1800	1963,4667	1963,466743	Rp30.352.152
	TOTAL					1674182,643	Rp25.880.268.678

Physical Plant Cost (PPC)

Purchased Equipment Cost total (PEC)= \$1.674.182,64 = Rp25.880.268.678,14 (Biaya selama pengangkutan, cara pengangkutan, berat, ukuran)

#### 1. Delivered Equipment Cost (DEC)

Diperkirakan biaya transportasi alat sampai tempat 10% PEC (Peters hal 244)

$$\begin{aligned} \text{DEC} &= 10\% \times \text{Rp}25.880.268.678,14 \\ &= \text{Rp}2.588.026.867,81 \end{aligned}$$

2. Instalasi (Biaya pasang alat) (25% sd 55% PEC Peters hal 245)

biaya pembangunan untuk menyokong PEC

$$\begin{aligned} \text{Material 11\% PEC} &= 11\% \times \text{Rp}25.880.268.678,14 \\ &= \text{Rp}2.846.829.554,59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Buruh (32\% PEC)} &= 32\% \times \text{Rp}25.880.268.678,14 \\ &= \text{Rp}8.281.685.977,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah manhour} &= \text{Rp}8.281.685.977,00 / \text{Rp}13.236,86 \\ &= \text{Rp}625.653,57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Buruh lokal (100\%)} &= 100\% \times \text{Rp}13.236,86 \times \text{Rp}625.653,57 \\ &= \text{Rp}8.281.685.977,00 \end{aligned}$$

$$\text{Total Cost} = \text{Rp}2.847.455.208,17$$

3. Pemipaan (biaya pasang pipa) untuk cairan sampai 80% Peters hal 245

$$\begin{aligned} \text{Material (45\% PEC)} &= 43\% \times \text{Rp}25.880.268.678,14 \\ &= \text{Rp}11.128.515.531,60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Buruh (35\% PEC)} &= 37\% \times \text{Rp}25.880.268.678,14 \\ &= \text{Rp}9.575.699.410,91 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Manhour} &= \text{Rp}9.575.699.410,91 / \text{Rp}13.236,86 \\ &= \text{Rp}723.411,95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Buruh lokal (100\%)} &= 100\% \times \text{Rp}13.236,86 \times \text{Rp}723.411,95 \\ &= \text{Rp}9.575.699.410,91 \end{aligned}$$

$$\text{Total Cost} = \text{Rp}20.704.214.942,51$$

4. Instrumentasi (biaya pemasangan alat-alat kontrol) 8-50% peters hal 245

$$\begin{aligned} \text{Material (10\% PEC)} &= 10\% \times \text{Rp}25.880.268.678,14 \\ &= \text{Rp}2.588.026.867,81 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Buruh (10\% PEC)} &= 10\% \times \text{Rp}25.880.268.678,14 \\ &= \text{Rp}2.588.026.867,81 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Manhour} &= \text{Rp}2.588.026.867,81 / \text{Rp}13.236,86 \\ &= \text{Rp}195.516,74 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Buruh lokal (100\%)} &= 100\% \times \text{Rp}13.236,86 \times \text{Rp}195.516,74 \\ &= \text{Rp}2.588.026.867,81 \end{aligned}$$

$$\text{Total Cost} = \text{Rp}5.176.053.735,63$$

5. Listrik 15-30% PEC Peters hal 273

$$\text{Material (20\% PEC)} = 15\% \times \text{Rp}25.880.268.678,14$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp}3.882.040.301,72 \\
 \text{Buruh (10\% PEC)} &= 5\% \times \text{Rp}25.880.268.678,14 \\
 &= \text{Rp}1.294.013.433,91 \\
 \text{Jumlah Manhour} &= \text{Rp}1.294.013.433,91 / \text{Rp}13.236,86 \\
 &= \text{Rp}97.758,37 \\
 \text{Buruh lokal (100\%)} &= 100\% \times \text{Rp}13.236,86 \times \text{Rp}97.758,37 \\
 &= \text{Rp}1.294.013.433,91 \\
 \text{Total Cost} &= \text{Rp}5.176.053.735,63
 \end{aligned}$$

6. Isolasi (Biaya pemasangan isolasi pada sistem pipa) = 8% -9% PEC

$$\begin{aligned}
 \text{Material (8\% PEC)} &= 5\% \times \text{Rp}25.880.268.678,14 \\
 &= \text{Rp}1.294.013.433,91 \\
 \text{Buruh (8\% PEC)} &= 4\% \times \text{Rp}25.880.268.678,14 \\
 &= \text{Rp}1.035.210.747,13 \\
 \text{Jumlah Manhour} &= \text{Rp}1.035.210.747,13 / \text{Rp}13.236,86 \\
 &= \text{Rp}78.206,70 \\
 \text{Buruh lokal (100\%)} &= 100\% \times \text{Rp}13.236,86 \times \text{Rp}78.206,70 \\
 &= \text{Rp}1.035.210.747,13 \\
 \text{Total Cost} &= \text{Rp}2.329.224.181,03
 \end{aligned}$$

Bangunan

Luas masing – masing bangunan

No	Nama Bangunan	P (m)	L (m)	Jumlah	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Gedung Kantor	15	20	1	300
2	Perpustakaan	5	4	1	20
3	Masjid	5	4	1	20
4	Koperasi	5	5	1	25
5	Kantin	10	5	1	50
6	Utilitas	20	30	1	600
7	Laboraturium	10	5	1	50
8	Ruang Kontrol	10	5	1	50
9	Daerah Proses	20	50	1	1000
10	Gudang Produk	30	15	1	450
11	Gudang Bahan Baku	15	15	1	225
12	UPL	20	10	1	200
13	Bengkel	10	10	1	100
14	K3 dan Fire hydrant	10	5	1	50
15	Klinik	3	5	1	15
16	Pos Keamanan	3	3	2	18
17	parkir truk	35	20	1	700
18	Tempat parkir karyawan	25	10	1	250
19	Area Pengembangan	100	20	1	2000

20	Taman	20	20	1	400
21	Jalan	20	20	1	400
Total Luas bangunan					<b>6923</b>

Harga tanah tahun 2014 \$250,00 = Rp3.864.612,50 /m<sup>2</sup>

= Rp4.056.047,54

Biaya bangunan = Rp26.754.712.337,50

7. Pengembangan Lahan (Yard Improvement) = 10% -20% PEC

Biaya ini meliputi biaya untuk pagar, jalan raya, jalan alternatif, pertamanan, dan lainnya.

Harga = Rp1.500.000,00 /m<sup>2</sup> untuk biaya taman, pagar, dan area parkir

Biaya = Rp5.625.000.000,00

Luas Jalan =400 m<sup>2</sup>

Harga Jalan aspal = Rp150.000 /m<sup>2</sup>

([www.pengaspalanhotmix.com/2017/01/tukang-borongan-aspal-hotmix-di-sentul.html](http://www.pengaspalanhotmix.com/2017/01/tukang-borongan-aspal-hotmix-di-sentul.html))

Biaya Jalan = Rp60.000.000

Biaya Pengembangan = Rp5.685.000.000,00

8. Tanah

Luas tanah = 6923 m<sup>2</sup>

Harga tanah = Rp2.000.000,00 /m<sup>2</sup> tahun 2016

= Rp2.081.882,94 /m<sup>2</sup> tahun 2019

Biaya tanah = Rp14.412.875.622,20

9. peralatan utilitas (PEC-UT)

No.	Nama alat		Jumlah	Harga 2014 (\$)	Harga 2023 (\$)	Harga Total (\$)	Harga Total (Rp)
1.				15800	17234,87475	0	Rp0
2.	Dearator	Stainless 304	1	14900	16253,14137	16253,14137	Rp251.248.373
3.	Boiler		1	275300	300301,3302	300301,3302	Rp4.642.193.098
4.	Tangki larutan N2H4	Stainless 304	1	32600	35560,56435	35560,56435	Rp549.711.206
5.				2200	2399,792686	0	Rp0
7.	Pompa Utilitas (P-01)		2	7300	7962,948459	15925,89692	Rp246.189.681
8.	Pompa Utilitas (P-02)		2	2400	2617,955658	5235,911315	Rp80.939.073



No.	Nama alat		Jumlah	Harga 2014 (\$)	Harga 2023 (\$)	Harga Total (\$)	Harga Total (Rp)
9.	Pompa Utilitas (P-03)		1	1400	1527,1408	1527,1408	Rp23.607.230
10.	Pompa Utilitas (P-04)		2	7300	7962,948459	15925,89692	Rp246.189.681
11.	Pompa Utilitas (P-05)		1	5100	5563,155772	5563,155772	Rp85.997.765
12.	Pompa Utilitas (P-06)		1	5100	5563,155772	5563,155772	Rp85.997.765
13.	Pompa Utilitas (P-07)		1	5100	5563,155772	5563,155772	Rp85.997.765
14.	Pompa Utilitas (P-08)		1	5100	5563,155772	5563,155772	Rp85.997.765
15.	Pompa Utilitas (P-09)		1	5100	5563,155772	5563,155772	Rp85.997.765
16.	Pompa Utilitas (P-10)		1	5100	5563,155772	5563,155772	Rp85.997.765
17.	Pompa Utilitas (P-11)		1	2400	2617,955658	2617,955658	Rp40.469.537
18.							
19.							
20.							
21.	Tangki HCl	Stainless 304	1	20500	22361,70458	22361,70458	Rp345.677.292
22.	Tangki NaOH	Stainless 304	1	8600	9381,007773	9381,007773	Rp145.015.840
23.	Tangki kaporit	Fiber	1	8800	9599,170744	9599,170744	Rp148.388.301
24.	Tangki anion exchanger	Stainless 304	2	15900	17343,95623	34687,91246	Rp536.221.360
25.	Tangki kation exchanger	Stainless 304	2	21500	23452,51943	46905,03887	Rp725.079.198
26.	Tangki pendingin 1	Carbon steel	1	46800	51050,13532	51050,13532	Rp789.155.964
27.	Tangki pendingin 2	Carbon steel	1	46800	51050,13532	51050,13532	Rp789.155.964
28.	Tangki air sanitasi	Carbon steel	1	74300	81047,5439	81047,5439	Rp1.252.869.405

No.	Nama alat		Jumlah	Harga 2014 (\$)	Harga 2023 (\$)	Harga Total (\$)	Harga Total (Rp)
29.	Tangki air umpan boiler	Carbon steel	1	33500	36542,29772	36542,29772	Rp564.887.282
30.	Cooling tower	Carbon steel	1	101900	111154,034	111154,034	Rp1.718.269.076
	TOTAL					\$ 880.505,75	Rp 13.611.254.154,93

No.	Nama alat	Jumlah	Volume (m <sup>3</sup> )	Harga total (Rp)
1.	Bak penampung	1	110,5345	Rp 88.427.640

Harga alat lokal Rp 800.000,00 /m<sup>3</sup>

#### Physical Plant Cost (PPC)

Purchased Equipment Cost total (PEC) = Rp13.699.681.794,81

(Biaya selama pengangkutan, cara pengangkutan, berat, ukuran)

#### 1. Delivered Equipment Cost (DEC)

Diperkirakan biaya transportasi alat sampai tempat 10% PEC (Peters hal 244)

$$\begin{aligned} \text{DEC} &= 10\% \times \text{Rp13.699.681.794,81} \\ &= \text{Rp1.369.968.179,48} \end{aligned}$$

#### 2. Instalasi (Biaya pasang alat) (25% sd 55% PEC Peters hal 245)

biaya pembangunan untuk menyokong PEC

$$\begin{aligned} \text{Material 30\% PEC} &= 30\% \times \text{Rp13.699.681.794,81} \\ &= \text{Rp4.109.904.538,44} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Buruh (32\% PEC)} &= 32\% \times \text{Rp13.699.681.794,81} \\ &= \text{Rp4.383.898.174,34} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah manhour} &= \text{Rp4.383.898.174,34} / \text{Rp13.236,86} \\ &= \text{Rp331.188,79} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Buruh lokal (100\%)} &= 100\% \times \text{Rp13.236,86} \times \text{Rp331.188,79} \\ &= \text{Rp4.383.898.174,34} \end{aligned}$$

$$\text{Total Cost} = \text{Rp8.493.802.712,78}$$

#### 3. Pemipaan (biaya pasang pipa) untuk cairan sampai 80% Peters hal 245

$$\begin{aligned} \text{Material (45\% PEC)} &= 45\% \times \text{Rp13.699.681.794,81} \\ &= \text{Rp6.164.856.807,67} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Buruh (37\% PEC)} &= 37\% \times \text{Rp}13.699.681.794,81 \\ &= \text{Rp}5.068.882.264,08 \\ \text{Jumlah Manhour} &= \text{Rp}5.068.882.264,08 / \text{Rp}13.236,86 \\ &= \text{Rp}382.937,04 \\ \text{Buruh lokal (100\%)} &= 100\% \times \text{Rp}13.236,86 \times \text{Rp}382.937,04 \\ &= \text{Rp}5.068.882.264,08 \\ \text{Total Cost} &= \text{Rp}11.233.739.071,75 \end{aligned}$$

4. Instrumentasi (biaya pemasangan alat-alat kontrol) 8-50% peters hal 245

$$\begin{aligned} \text{Material (30\% PEC)} &= 30\% \times \text{Rp}13.699.681.794,81 \\ &= \text{Rp}4.109.904.538,44 \\ \text{Buruh (15\% PEC)} &= 15\% \times \text{Rp}13.699.681.794,81 \\ &= \text{Rp}2.054.952.269,22 \\ \text{Jumlah Manhour} &= \text{Rp}2.054.952.269,22 / \text{Rp}13.236,86 \\ &= \text{Rp}155.244,75 \\ \text{Buruh lokal (100\%)} &= 100\% \times \text{Rp}13.236,86 \times \text{Rp}155.244,75 \\ &= \text{Rp}2.054.952.269,22 \\ \text{Total Cost} &= \text{Rp}6.164.856.807,67 \end{aligned}$$

5. Listrik 15-30% PEC Peters hal 273

$$\begin{aligned} \text{Material (15\% PEC)} &= 15\% \times \text{Rp}13.699.681.794,81 \\ &= \text{Rp}2.054.952.269,22 \\ \text{Buruh (10\% PEC)} &= 10\% \times \text{Rp}13.699.681.794,81 \\ &= \text{Rp}1.369.968.179,48 \\ \text{Jumlah Manhour} &= \text{Rp}1.369.968.179,48 / \text{Rp}13.236,86 \\ &= \text{Rp}103.496,50 \\ \text{Buruh lokal (100\%)} &= 100\% \times \text{Rp}13.236,86 \times \text{Rp}103.496,50 \\ &= \text{Rp}1.369.968.179,48 \\ \text{Total Cost} &= \text{Rp}3.424.920.448,70 \end{aligned}$$

6. Isolasi (Biaya pemasangan isolasi pada sistem pipa) = 8% -9% PEC

$$\begin{aligned} \text{Material (8\% PEC)} &= 8\% \times \text{Rp}13.699.681.794,81 \\ &= \text{Rp}1.095.974.543,59 \\ \text{Buruh (8\% PEC)} &= 8\% \times \text{Rp}13.699.681.794,81 \\ &= \text{Rp}1.095.974.543,59 \\ \text{Jumlah Manhour} &= \text{Rp}1.095.974.543,59 / \text{Rp}13.236,86 \\ &= \text{Rp}82.797,20 \\ \text{Buruh lokal (100\%)} &= 100\% \times \text{Rp}13.236,86 \times \text{Rp}82.797,20 \end{aligned}$$

	=	Rp1.095.974.543,59
Total Cost	=	Rp2.191.949.087,17
PPC UTILITAS	=	Rp32.879.236.307,55

#### FIXED CAPITAL INVESMENT

	Rp
PEC	39.579.950.472,95
Instalasi	11.341.257.920,95
Pemipaan	31.937.954.014,26
Instrument	11.340.910.543,29
Listrik	8.600.974.184,33
Isolasi	4.521.173.268,20
Tanah	14.412.875.622,20
Bangunan	26.754.712.337,50
Pengembangan	5.685.000.000,00
<b>Jumlah PPC</b>	<b>154.174.808.363,68</b>
Engineering & Conctruction, 15%	23.126.221.254,55
<b>Jumlah DPC</b>	<b>177.301.029.618,23</b>
Contractor's fee, 15%	26.595.154.442,73
Contingency, 10%	17.730.102.961,82
<b>Jumlah FCI</b>	<b>221.626.287.022,79</b>

#### MANUFACTURING COST (BIAYA PRODUKSI)

##### DIRECT MANUFACTURING COST

##### 1. BAHAN BAKU

Harga Bahan	Kebutuhan (kg/jam)	Rp/kg	Harga (Rp)
CaO	2205,99	Rp 1.391	Rp 24.307.326.018,90
TOTAL			Rp 24.307.326.018,90

##### 2. Gaji Karyawan

Gaji karyawan / tahun = Rp5.972.400.000,00

##### 3. Supervisi (15% karyawan) (15% labor Peter 266) Rp895.860.000,00

##### 4. Maintenance (5% FCI)= Rp11.081.314.351,14 (2-10% FCI Peter 268)

##### 5. Plant suplies (15% maintenance)= Rp1.662.197.152,67 (15% maintenance Peter 268)

Harga produk	kg	Rp/kg	Harga (Rp)
CaCO3	3546,53	5000	\$ 140.442.433.107,81
		TOTAL	
			Rp 140.442.433.107,81

6. Royalty dan patent (1% sales) =Rp 1.404.424.331,08 (0-6% total produk Peter hal 269)

7. Kebutuhan bahan utilitas Bahan baku

Bahan	Kebutuhan (kg/jam)	kg/tahun	Harga (Rp/kg)	Harga total (Rp/tahun)
Natural Greensand Zeolit	0,194	1.539,66	25000,00	38.491.446,35
Resin anion exchanger	0,648	5.132,19	20000,00	102.643.856,92
N2H4 (Hidrazin)	0,171	1.355,55	20000,00	27.110.932,75
		0,00	11000,00	0,00
Kaporit	0,006	45,94	3000,00	137.808,00
HCl	1.098,306	8.698.586,93	1500,00	13.047.880.390,14
NaOH	836,382	6.624.149,02	4700,00	31.133.500.404,42
Solar (L/jam)	66,640	527.787,72	5150,00	2.718.106.779,04
<b>TOTAL</b>				<b>Rp 47.067.871.617,61</b>

Bahan	Kebutuhan (m <sup>3</sup> /jam)	m <sup>3</sup> /tahun	Harga (Rp/m <sup>3</sup> )	Harga total (Rp/tahun)
Air	4,9788	39432,4112	3200	126183715,8
Air make up	10,190	80.703,37	3200	258.250.769,93
<b>TOTAL</b>				<b>Rp 384.434.485,76</b>

**Kebutuhan biaya utilitas = Rp 47.452.306.103,37**

Total Direct Manufacturing Cost (DMC) = Rp92.775.827.957,16

1. Indirect Manufacturing cost

Payroll Overhead 15% kary =Rp1.194.480.000,00 ( 10-20% dari labor cost, hal 273 peter)

Laboratorium 15% kary =Rp1.194.480.000,00 ( 10-20% dari labor cost, hal 273 peter)

Pack dan Shipping 15% FCI = Rp44.325.257.404,56 ( 10-20% FCI, hal 274 peter)

Plant Overhead 60% kary = Rp4.180.680.000,00 ( 50-70% dari labor cost, hal 274 peter)

Total Indirect Manufacturing Cost (IMC) =Rp50.894.897.404,56

Fixed manufacturing Cost

Depresiation 10% FCI = Rp22.162.628.702,28 (10 % FCI, Hal 273 peter)

Property tax 2% FCI = Rp4.432.525.740,46 (1-4%FCI hal 273 peter)

Asuransi 1% FCI = Rp2.216.262.870,23 (0,4-1%FCI hal 273 peter)

Total Fixed Manufacturing Cost (FMC) = Rp28.811.417.312,96

TOTAL MANUFACTURING COST = Rp172.482.142.674,68

Rangkuman:	
<b>Manufacturing Cost</b>	<b>Rp</b>
Bahan Baku	24.307.326.018,90
Buruh(Labor)	5.972.400.000,00
Supervisi	895.860.000,00
Perawatan	11.081.314.351,14
Plant Suplies	1.662.197.152,67
Royalty	1.404.424.331,08
Utilitas	47.452.306.103,37
<b>Direct Manufacturing Cost</b>	<b>92.775.827.957,16</b>
Payroll	1.194.480.000,00
Laboratorium	1.194.480.000,00
Plant Overhead	4.180.680.000,00
Packed	44.325.257.404,56
<b>Indirect Manufacturing Cost</b>	<b>50.894.897.404,56</b>
Depresiasi	22.162.628.702,28
Pajak	4.432.525.740,46
Asuransi	2.216.262.870,23
<b>Fixed Manufacturing Cost</b>	<b>28.811.417.312,96</b>
<b>Manufacturing Cost</b>	<b>172.482.142.674,68</b>

Working Capital (MODAL KERJA)

Persediaan bahan baku  $1/12 \times \text{bahan baku}$  = Rp2.025.610.501,58

Bahan baku dalam proses  $0.5/330 \times \text{manufacturing}$  = Rp261.336.579,81

Biaya sebelum terjual  $1/12 \times \text{manufaktur}$  = Rp14.373.511.889,56

Persediaan uang  $1/12 \times \text{manufaktur}$  =Rp14.373.511.889,56

Jumlah WC (WORKING CAPITAL)= Rp31.033.970.860,50

General Expense

Administrasi 5% MC Rp8.624.107.133,73

Distribution and marketing cost 10% MC Rp17.248.214.267,47

Finance 1% MC Rp1.724.821.426,75

Research and development cost 5% MC Rp8.624.107.133,73

Total general Expense = Rp36.221.249.961,68

Total Biaya Produksi = Manufacturing Cost + General Expense =  
Rp208.703.392.636,36

Penjualan (Sa) = Rp273.712.006.869,09

Total Cost = Rp226.359.450.286,81

Keuntungan sebelum pajak = Rp47.352.556.582,28

Keuntungan sesudah pajak = Rp33.146.789.607,60

Pajak 30% dari keuntungan = Rp14.205.766.974,68

ROI sebelum pajak = 21,366 %

ROI sesudah pajak = 14,956 %

POT sebelum pajak = 3,1882 tahun

POT sesudah pajak = 4,007 tahun

BEP = 41,623 %

SDP = 16,250 %

<b>Fixed Cost (Fa)</b>	<b>Rp</b>
Depreciation	22.162.628.702,28
Pajak	4.432.525.740,46
Insurance	2.216.262.870,23
	<b>28.811.417.312,96</b>
<b>Variable cost (Va)</b>	<b>Rp</b>
Bahan Baku	24.307.326.018,90
Royalty and Patent	1.404.424.331,08
Utilitas	47.067.871.617,61
Packaging and Shipping	44.325.257.404,56
	<b>117.104.879.372,15</b>
<b>Regulateted Cost (Ra)</b>	<b>Rp</b>
Labour	5.972.400.000,00
Maintenance	11.081.314.351,14
Plant Suplies	1.662.197.152,67
Labolatory	1.194.480.000,00
Payroll Overhead	1.194.480.000,00
Plant Overhead	4.180.680.000,00
General Expense	36.221.249.961,68
	<b>61.506.801.465,49</b>

C = Rp66.627.390.824,22

SV = Rp22.162.628.702,28

WC = Rp31.033.970.860,50

FCI = Rp221.626.287.022,79

TCI = Rp252.660.257.883 \$16.344.476

Minimal rerata bunga bank per 2020 5,25%, berarti  $5,25 \times 1,5\% = 7,875\%$



