

**BAB IX**  
**KESIMPULAN**

Pabrik sodium nitrat secara kontinyu dengan kapasitas 45.000 ton/tahun setelah dilakukan perancangan awal, baik dari segi teknik maupun segi ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik ini memiliki resiko yang sedang serta layak dan menarik untuk didirikan, karena memiliki indikator perekonomian yang relative baik yaitu:

**Tabel 9.1 Analisis kelayakan ekonomi**

| No | Analisis kelayakan | Kriteria              | Hasil Perhitungan     |
|----|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1  | Laba sebelum pajak |                       | Rp 121.323.097.602,33 |
|    | Laba sesudah pajak |                       | Rp 84.926.168.321,63  |
| 2  | ROI sebelum pajak  | Minimum 11%           | 30,328 %              |
|    | ROI sesudah pajak  |                       | 21,230 %              |
| 3  | POT sebelum pajak  | Maksimum 5 tahun      | 2,4797 tahun          |
|    | POT sesudah pajak  |                       | 3,202 tahun           |
| 4  | BEP                | 40%-60%               | 42,560 %              |
| 5  | SDP                |                       | 21,820 %              |
| 6  | DCF                | 1,5-2 kali bunga bank | 11,25 %               |

---

---

**DAFTAR PUSTAKA**

- Andirio, D. A. (2006). *Prarancangan Pabrik Kimia Sodium Nitrat dari Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat Kapasitas 45.000 Ton/Tahun*. Jogjakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Austin, G. T., 1984, "Shreve's Chemical Process Industries", 5<sup>th</sup>ed, Mc.Graw Hill Book Co.,Inc., U.S.A.
- Badan Pusat Statistik, 2018, "Data Ekspor dan Impor Sodium Nitrat", [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id).
- Beekhuis, H. A. (1940). Patent No. 2215450. U.S. Patent.
- Cheetam Garam Indonesia, 2018, [www.cheetamgaramindonesia.co.id](http://www.cheetamgaramindonesia.co.id), diakses pada 14 Februari 2018 pukul 13:50.
- Kementrian Perindustrian RI, 2012, "Direktori Kawasan Industri Tahun 2012", Indonesia.
- Kirk, R.E., dan Othmer, D.F., 1997, "Encyclopedia of Chemical Technology", 4<sup>th</sup> ed, Vol.17 and 22, John Willey & Sons, Inc., New York.
- Kirk, R.E., dan Othmer, D.F., 1983, "Encyclopedia of Chemical Technology", 3<sup>rd</sup> ed, Vol.17 and 22, John Willey & Sons, Inc., New York.
- Kobe. (1957). *Inorganic Process Industry*. New York: The Macmillan Company.
- Kubelka, P. (1934). Patent No. 1978751. U.S. Patent.
- Leonard, A. S., dan Terre, H. (1950). Patent No. 2535990. U.S. Patent.
- MNK, 2018, [www.mnk.co.id](http://www.mnk.co.id), diakses pada 14 Februari 2018 pukul 13:34.
- Perry, R.H., 1997, "Perry's Chemical Engineers' Handbook", 7<sup>th</sup> ed., Mc.Graw Hill Book Company, Inc., New York.
- Pramita, Y. R., 2012, "Prarancangan Pabrik Sodium Nitrat Dari Sodium Klorida Dan Asam Nitrat Kapasitas 50.000 Ton/Tahun (Perancangan Crystalizer (CR-301))", Lampung, Indonesia.
- Sulistiyarini, S. U. (2006). *Prarancangan Pabrik Sodium Nitrat dari Sodium Klorida dan Asam Nitrat Dengan Kapasitas 50.000 ton/tahun*. Skripsi. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Yaws, C.L., 1999, "Chemical Properties Handbook", The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Yuningsih, I. & Utami, M. D., 2011, "Prarancangan Pabrik Natrium Nitrat Dari Natrium Klorida Dan Asam Nitrat Kapasitas 30.000 Ton/Tahun", Surakarta, Indonesia

## LAMPIRAN

### 1. Perancangan Mixer

Fungsi : Melarutkan NaCl dengan penambahan air *mother liquor* dan *make up water*

Type : Silinder vertical dengan head dan bottom berbentuk torispherical

Bahan konstruksi : *Stainless stell* SA-167 type 304

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

Menghitung viskositas

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

| Komponen          | A         | B        | C      | D      | $\mu, \text{Cp}$ |
|-------------------|-----------|----------|--------|--------|------------------|
| NaNO <sub>3</sub> | -2,991    | 1,39E+03 | 1E-03  | -1E-05 | 6E+00            |
| NaCl              | -0,9169   | 1,08E+03 | -8E-05 | 1E-08  | 4E+02            |
| H <sub>2</sub> O  | -10,2158  | 1,79E+03 | 2E-02  | -1E-05 | 8E-01            |
| Ca                | -170,0004 | 6,42E+04 | 2E-01  | -5E-05 | 1E+00            |
| Mg                | 9,0202    | 2,57E+03 | -9E-03 | 3E-06  | 1E+00            |

Viskositas Dari yaws(1999) kecuali NaNO<sub>3</sub> dari perry 7ed.

Arus 1 :

p campuran : 1,9278 kg/L

Cp campuran : 240,7375 J/kgK

Fv campuran : 2039,9067 L/jam

Arus 3 :

p campuran : 1,023 kg/L

Cp campuran : 1401,17 J/kgK

Fv campuran : 437,19 L/jam

Arus 4 :

p campuran : 1,3625 kg/L

Cp campuran : 786,25 J/kgK

Fv campuran : 3736,71 L/jam

TOTAL RATE VOLUMETRIK = 5978,48 L/jam

### Perancangan Dimensi Tangki

Total rate volumetrik : 5978,48 L/jam

p campuran : 1,58 kg/L = 1584,12 kg/m<sup>3</sup>

waktu tinggal : 1 jam (ditentukan)

direncanakan digunakan 1 tangki, sehingga volume tangki 5978,48 L/jam

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

Over design 20%

Volume tangki = Total Fv / 80%

Volume tangki = 7473,09 L/jam = 7,4730 m<sup>3</sup>/jam

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

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

Perhitungan Dimensi Tangki

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

Jenis : Silinder tegak dengan alas dan tutup berbentuk torispherical

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

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

$$V_{\text{tangki}} = 7,4731 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$D = H = 2,12 \text{ m} = 83,44 \text{ in}$$

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

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

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

$$D = 83,44 \text{ in, pi} = 3,14, \text{ sf} = 2 \text{ dihitung } V_{\text{head}} = 1,09 \text{ ft}^3 = 0,03 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{mixer}} = V_{\text{shell}} + V_{\text{head}} = 7,47 + 0,03 = 7,50 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume bottom} = 0,5 \times \text{volume head} \quad h = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} =$$

$$\text{Volume bottom,} = 0,015 \text{ m}^3$$

Volume cairan dalam shell = volume shell – volume bottom = 7,4578 m<sup>3</sup>

Tinggi cairan dalam shell  $(4 \times 74578) / (3,14 \times 2,12^2) = 2,12$  m  
= 6,94 ft

Dengan spesifikasi sebagai berikut :

Diameter shell : 2,12 m

Tinggi shell : 2,12 m

Volume shell : 7,4731 m

Volume head : 0,03 m

Volume mixer : 7,50 m

Menentukan Tebal Shell

Dirancang menggunakan *stainless steel* 403

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

Dengan :

$t_s$  = tebal shell (in)

$r$  = jari – jari = 0,5 Diameter = 0,5 x 83,44 = 41,72 in

$E$  = efisiensi pengelasan = 0,85

$C$  = faktor korosi 0,125

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

$P$  operasi = 14,7 psi

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

$P$  dalam mixer = 16,17 psi

$T_s$  = 0,1639 in

Tebal standart Brownell haman 350 dipakai 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 dan tekanan 15-200 psi sangat cocok

$P$  =  $P$  desain –  $P$  udara luar = 1,47 psi

OD = ID + 2  $t_s$  = 76,7227 + 2 x 0,1875 dari tabel 5-7 Brownell hal 90

OD = 71 5/8 in dan icr = 4 3/8 in dan  $r$  = 72 in

$$\frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right)$$

$$w = \quad \quad \quad = \quad 0,8116 \text{ in}$$

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

dengan

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

$$r = 72 \text{ in}$$

$$w = 0,8116 \text{ in}$$

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

$$E = 0,85$$

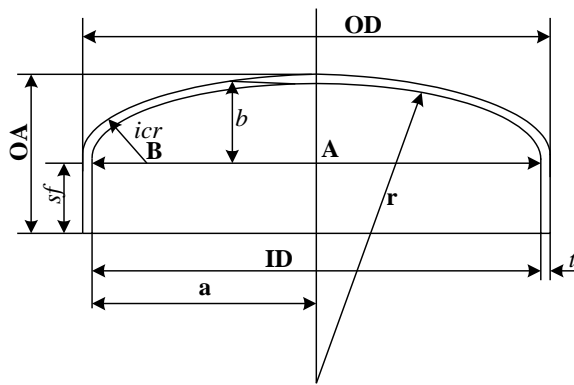
$$C = 0,125$$

$$th = 0,1277 \text{ in dipakai tebal standar Brownell hal 350 adalah } 3/16 \text{ in} = 0,0048 \text{ m}$$

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 flange

$$ID = OD - (2 \times ts) = 72 - (2 \times 0,1875) = 71 \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$r = 38,3613 \text{ (jari - jari dalam shell)}$$

$$AB = a - icr = 35,75 - 4,3750 = 31,3750 \text{ in}$$

$$BC = OD - icr = 72 - 4,3750 = 67,6250 \text{ in}$$

$$AC = \text{akar dari } (BC^2 - AB^2) = 59,9062 \text{ in}$$

$$b = OD - AC = 72 - 59,9062 = 12,0938 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi total head total (OA)} = sf + b + th = 14 \frac{9}{32} \text{ in}$$

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

Tinggi mixer total =  $37/51 + 2,12 = 2\ 49/58\ \text{m} = 112\ \text{in}$

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 dikeseluruhan tangki

(Ludwig,1991 Volume I)

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

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

(Ludwig, 1991 Volume I)

Perbandingan ukuran secara umum

$$D_i/DR = 1/3$$

$$E/D_i = 1$$

$$W = D_i/5$$

$$L = D_i/4$$

$$B = DR/10$$

Diameter mixer (DR) : 1,9488 m

Diameter pengaduk (Di) :  $1/3 \times 1,9488 = 0,6496\ \text{m}$

Pengaduk dari dasar (E) : 0,6496 m

Tinggi pengaduk (W) :  $0,6496/5 = 0,1299\ \text{m}$

Lebar pengaduk (L) :  $0,6496/4 = 0,1624\ \text{m}$

Lebar Baffel (B) :  $1,9488/10 = 0,1949\ \text{m}$

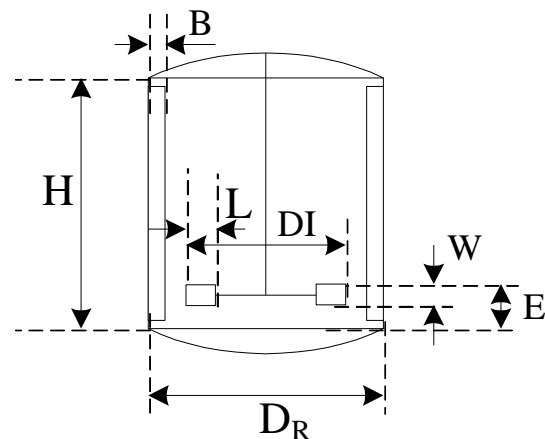
Menghitung jumlah impeller (pengaduk)

WELH adalah Water Equivalen Liquid High

$$WELH = \text{tinggi bahan} \times \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}} = 2,12\ \text{m} \times (1584,12/995,68) = 3,36\ \text{m}$$

$$\text{Jumlah impeller} = WELH / D = 3,36/2,12 = 1,58 = 2$$

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



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

Dimana

$\pi = 3,14$

$DI = 0,6496 \text{ m}$

$WELH = 3,3224 \text{ m}$

Dihitung  $N_{re} = 7869$  Dari grafik 8.8 Rase HF menghasilkan  $N_p = P_o = 0,85$

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

$P = 3,03 \text{ hp}$  (Efisiensi motor = 88% (Fig 14.38 Peters hal 521))

$$\text{Daya motor} = \frac{P}{\eta} = 3,4755 \text{ HP}$$

Over design 10% = 3,78 HP

Dipilih power standart NEMA 10 HP

Kriteria

Diameter shell : 2,12 m

Tinggi shell : 2,12 m

Vollume shell : 7,47m<sup>3</sup>

Volume head : 0,03 m<sup>3</sup>

Volume mixer : 7,50m<sup>3</sup>

Tinggi mixer total : 2 49/58 m<sup>3</sup>

Jenis pengaduk : Turbin dengan 6 blade disk standart

Jumlah pengaduk : 1

Putaran pengaduk : 127 rpm

Power : 3 HP

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

## 2. Perancangan Tangki

Fungsi = Menyimpan bahan baku asam nitrat

Tujuan perancangan =



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

Memilih tipe tangki: Tipe tangki silinder tegak tertutup dengan pertimbangan

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

Memilih bahan konstruksi :

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

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

Dari arus 2 diketahui :

$$p \text{ campuran} = 1309,40 \text{ kg/m}^3 = 81,71/\text{cuft}$$

$$F_v \text{ campuran} = 440,22 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 7 haru dengan jumlah 1 tangki

$$\text{Volume tangki Over Design 20\%} = F_v \times 7 \times 24 : 2 = 18655,5 \text{ cuft} = 528,2644 \text{ m}^3$$

Kurang dari 18656 cuft berarti masuk small tank

Menghitung dimensi tangki

1. Menghitung tinggi dan diameter

Untuk small H=D

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

$$\text{Volume} = 18656 \text{ cuft}$$

$$\text{Diameter} = 28,75 \text{ ft} = 345 \text{ in} = 8,76 \text{ m}$$

$$D = H$$

2. Menghitung tebal Plat Shell

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

$$P \text{ hidrostatis} = \rho \times 0,8 \times H$$

$$= 8,77 \text{ psi}$$

Faktor keamanan 10%

$$P \text{ desain} = 25,83 \text{ psi}$$

---

(Brownell pers 13-1)

Dengan :

P = 25,83 psi

Effisiensi pengelasan = 0,85

Faktor korosi = 0,125

Tegangan yang diijinkan = 18.750 psi

Ts = 0,3576 in

Dipakai standar 3/16

### **Tutup elipsoidal**

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

P = 25,83 psi

D = 345 in

F = 18750

E = 0,85

Ts = 0,3576 in di rancang 3/8 = 0,3750

### Spesifikasi

Volume : 139552,666 gallon

Diameter : 28,7505 ft

Tinggi : 28,7505 ft

Tebal shell : 0,3575 in

Tebal tutup atas : 0,1875 in

Tebal tutup bawah : 0,3750 in

Konstruksi : *Stainless steel 304*

Jumlah : 2

### 3. Perancangan Silo

Fungsi = Menyimpan Produk Natrium Nitrat

Tujuan perancangan =

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

Memilih tipe tangki: Tipe tangki silinder tegak tertutup dengan pertimbangan

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

Memilih bahan konstruksi :

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

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

Dari arus 17 diketahui :

$$p \text{ campuran} = 2.250,91 \text{ kg/m}^3 = 140,52 \text{ lb/cuft}$$

$$F_v \text{ campuran} = 2,536 \text{ m}^3/\text{jam} = 89,58 \text{ cuft/jam}$$

Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 1 tangki

$$\text{Volume tangki Over Design 20\%} = F_v \times 7 \times 24 : 2 = 7525,12 \text{ cuft}$$

Kurang dari 71354 cuft berarti masuk small tank

Menghitung dimensi tangki

Menghitung tinggi dan diameter

Untuk small H=D

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

$$\text{Volume} = 9.030 \text{ cuft}$$

$$\text{Diameter} = 22,5734 \text{ ft} = 270,8814 \text{ in} = 6,8804 \text{ m}$$

$$D = H$$

Menghitung tebal Plat Shell

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

Dengan :

$$P \text{ cairan} = 2.250,97 \text{ kg/m}^3 = 140,5234 \text{ lb/cuft}$$

Efisiensi pengelasan = 0,85

Faktor korosi = 0,125

Tegangan diijinkan = 36000 psi

D = 270,8813 in

r = 135,4407 in

Menentukan tekanan duliu pada design tangki

Mc.Cabe pers 26-24

**Penentuan tekanan design pada tangki :**

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

ZT = H x 80% = 18,0588 ft

Miu = 0,45

k = (1-sin alfa)/(1+sin alfa) dengan alfa 30° = 0,334

konversi ft<sup>2</sup> ke in<sup>2</sup> = 144

psi = lb/in<sup>2</sup>

pb = 2245,0756 lb/ft<sup>2</sup> = 15,5908 psi

Tekanan Lateral, pL = k' pB

pL = 0,334 x 15,5908 = 5,2073 psi

p operasi = pB+ pL = 20,7981 psi

p desain 10% = 22,8779 psi

Bisa menghitung ts, sehingga ts = 0,2263 in dirancang 1/4 in

Tutup bawah conis dengan pers Brownell hal 118

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

P = 22,8779 psi

D = 270,8813 in

2 cos alfa = 0,3085 dengan alfa 30°

F = 36000

E = 0,85

Ts = 0,7817 in dirancang 7/8 in

Tinggi conical pers 4-17 Hesse

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

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

$$\text{Tg } 15 = 0,85599$$

$$D = 22,5734 \text{ ft}$$

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

$$\text{Sehingga } h = 2,8908 \text{ ft}$$

Spesifikasi

Volume : 9.029,49 cuft

Diameter : 22,5740 ft

Tinggi : 22,5740ft

Tebal shell : 0,2263 in

Tebal tutup atas : 0,7818 in

Tebal tutup bawah : 0,7818 in

Tinggi conical : 2,8909 ft

Konstruksi : *Stainless steel 304*

Jumlah : 2

#### 4. Gudang NaCl

Fungsi : Menyimpan NaCl untuk kebutuhan 7 hari

Jumlah : 1

Bentuk : Persegi panjang

Bahan konstruksi : Beton

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

Menentukan kapasitas gudang =

Menghitung banyaknya NaCl yang disimpan selama 7 hari

$$m = 3906,6260 \times 24 \text{ jam} \times 7 \text{ hari} = 656313,16 \text{ kg}$$

Volume gudang = massa/p campuran

$$\text{Volume gudang} = (656313,16 \text{ kg}) / (1915,55 \text{ kg/m}^3)$$

$$\text{Volume gudang} = 342,6234 \text{ m}^3$$

$$\text{Overdesign 20\% maka volume gudang} = 411,15 \text{ m}^3$$

$$\text{Gudang direncanakan berukuran } p \times l \times t = 2 ; 2 ; 1$$

$$\text{Volume gudang} = p \times l \times t = 2t \times 2t \times t = 4t^3$$

$$\text{Sehingga tinggi gudang} = 3,1659 \text{ m}$$

$$p = 9,37 \text{ m}$$

$$l = 9,37 \text{ m}$$

$$t = 6,80 \text{ m}$$

#### 5. Evaporator 1

Fungsi : memekatkan larutan sodium nitrat

Type : standart vertical tube evaporator

Dasar pemilihan : sesuai untuk proses pemekatan larutan

Perhitungan dari nerca panas  $Q = 1489195 \text{ kJ/jam} = 1411485 \text{ BTU/jam}$

Suhu masuk  $60^\circ\text{C}$  ( $140^\circ\text{F}$ ) dan keluar suhu  $100^\circ\text{C}$  ( $212^\circ\text{F}$ )

$$\Delta T = 72^\circ\text{F}$$

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

Digunakan 1 buah evaporator sehingga luas perpindahan panas evaporator

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta T} = 78,42 \text{ ft}^2 = 7,29 \text{ m}^3$$

Luas perpindahan panas maksimum  $300 \text{ m}^2$  (Ulrich T-47)

Kondisi tube berdasarkan Badger halmana 146 :

$$\text{Ukuran tube} = 4 \text{ in} = 0,3333 \text{ ft}$$

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

$$OD = 4,5 \text{ in}$$

$$ID = 4,0260 \text{ in} = 0,3355 \text{ ft}$$

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

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

$$\text{Jumlah tube} = 78,42 \text{ ft}^2 / (0,089 \text{ ft}^2 \times 0,3333 \text{ ft}) = 2643 \text{ buah}$$

Dimensi evaporator

$$\text{Luas penampang} = A = Nt \times a'_t = 0,0089 \text{ ft}^2 \times 2643 = 235 \text{ ft}^2$$

$$\text{Diameter evaporator } D_{\text{evap}} = \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}} = 17,31 \text{ ft} = 5,28 \text{ m} = 63,32 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi evaporator asumsi } H = 2D = 34,62 \text{ ft} = 10,55 \text{ m}$$

Menentukan tebal shell (ts)

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

Dimana :

$$r = \text{jari jari} = 0,5 \times 63,32 = 31,66 \text{ in}$$

$$E = 0,85$$

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

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

mencari P dalam mixer

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

$$P \text{ desain} = 1,1 \times 14,7 = 16,17 \text{ psi}$$

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

Jadi, ts bisa dihitung  $ts = 0,1557 \text{ in}$  digunakan standar 3/16 in (Brownell halaman 50)

Tebal conical bawah

$$\text{Tebal conical (Brownell hal 118)} = \frac{P \cdot D}{2 \cos \alpha (fE - 0,6P)} + C$$

Dengan alfa = 30°

$$f = 18750 \text{ psi (Brownell n Young tabel 13.1)}$$

$$tc = 0,1863 \text{ digunakan tebal } \frac{1}{4} \text{ in atau } 0,00635 \text{ m (Brownell hal 50)}$$

Spesifikasi :

Bagian shell

$$\text{Diameter evaporator} : 5,28 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi shell} : 10,55 \text{ m}$$

---

|                   |                               |
|-------------------|-------------------------------|
| Tebal shell       | : 0,1600 in dirancang 3/16 in |
| Tebal tutup       | : 0,5292 in dirancang 1/2     |
| Tube calandria    |                               |
| Ukuran            | : 4 in sch 40 standart IPS    |
| OD                | : 4,5 in                      |
| ID                | : 4,0260 in                   |
| Panjang tube      | : 0,333 ft                    |
| Jumlah tube       | : 2643                        |
| Bahan konstruksi  | : Stainless steel 304         |
| Jumlah evaporator | : 1 buah                      |

## 6. Kristalizer

Type : Swenson Walker Cooling Crystalizer

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk kristalisasi pendinginan

Dari arus 7 didapatkan

p campuran : 1,8312 kg/L = 114,32 lb/cuft

Cp campuran : -370,6465 J/molK = -6,0096 J/kgK

Fv campuran : 5903,0485 L/jam = 208,46 cuft/jam

Waktu kristalisasi = 2 jam

Volume bahan = 416,93 cuft/jam

Volume Overdesign 20% = 500,31 cuft/jam = 14,17 m<sup>3</sup>

Perhitungan dimensi kristalizer

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

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

$(m \times D^3) / 2 = 280,29 \text{ ft}$

$m \times D^3 = 560,58 \text{ ft}$

$D^3 = 168,34 \text{ ft}$

$D = 5,52 \text{ ft} = 1,68 \text{ m}$



$$L = D \times 5,52 = 18,38 \text{ ft} = 5,60 \text{ m}$$

Luas cooling area pada cristalizer

$$S = V \times \frac{(2 + 4m)}{mD} = 416,86 \text{ ft}^2 / \text{cuft}$$

Power pengaduk pada Swenson walker cristalizer =

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

Volume bahan = 500,31 cuft

Power kristalisasi = 8,00 HP diambil 8 HP

Spesifikasi

Kapasitas : 500,31 cuft

Diameter : 5,52 ft

Panjang : 18,39 ft

Luas cooling area: 416,86 ft<sup>2</sup> / cuft

Power : 8 HP

## 7. Centrifuge

Fungsi : Memisahkan sodium nitrat dengan filtrat

Dasar pemilihan : sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi

Arus 8 masuk 20°C didapatkan :

p campuran : 1,831 kg/L = 114,34 lb/cuft

Cp campuran : 372,15 J/molK = 6,03 J/kgK

Fv campuran : 5902,06 L/jam = 147,56 cuft/jam = 18,40 galon/menit

Arus 9 keluar 30°C didapatkan :

p campuran : 1,772 kg/L = 110,65 lb/cuft

Cp campuran : 337,94 J/molK = 5,76 J/kgK

Fv campuran : 5278,08 L/jam = 131,95 cuft/jam = 16,45 galon/menit

Arus 4 keluar 30°C didapatkan :

p campuran : 1,362 kg/L = 85,05 lb/cuft

Cp campuran : 438,64 J/molK = 12,16 J/kgK

Fv campuran : 3736,71 L/jam = 93,42 cuft/jam = 11,65 galon/menit

Perhitungan :

Beban masuk = 10809,51 kg/jam = 23830,9 lb/jam

p campuran = 114,33 lb/cuft

Volume bahan = bahan masuk (lb/jam) / p campuran (lb/cuft) = 23830,9 / 114,33

Volume bahan = 208,43 cuft/jam = 25,98 gpm

Dari tabel 18-12 Perry halaman 1734 berdasarkan rate volumetric, dipilih spesifikasi :

Spesifikasi :

Bahan : *Stainless Steel 304*

Kapasitas maksimum: 50 gpm

Diameter bowl : 13 in

Speed : 7500 rpm

Centrifugal force : 10400 lbf/ft<sup>2</sup>

Power motor : 6 HP

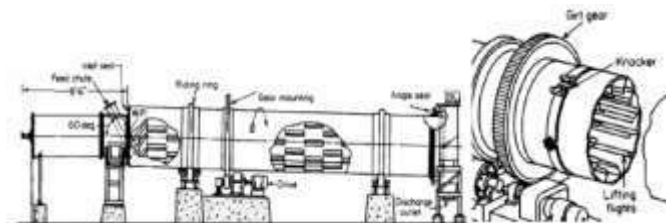
Jumlah : 1

## 8. Rotary Dryer

Fungsi : Meringankan bahan baku dengan bantuan udara panas

Dasar pemilihan : sesuai untuk pengeringan padatan

Waktu proses : waktu melewati



Perhitungan :

Dari neraca massa dan neraca panas :

Feed masuk = 11400,39 kg/jam = 25133,56 lb/jam

Total panas Q = 137013,77 kJ/jam = 129863,98 BTU/jam

Kebutuhan udara = 6300,95 kg/jam = 13891,22 lb/jam

Allowed mass velocity (G) = 2000 – 25000 kg/m<sup>2</sup> jam

Diambil = 2000 kg/m<sup>2</sup>jam = 410000 lb/ft<sup>2</sup>jam

A = udara masuk/G = 13891 / 2000 = 0,0010 m<sup>2</sup> = 0,0109 ft<sup>2</sup>

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

Diameter = 0,0192 m = 0,3863 ft

Suhu bahan masuk = 30 °C = 86 °F

Suhu bahan keluar = 55°C = 131 °F

Suhu udara masuk = 120 °C = 248 °F

Suhu udara keluar = 100 °C = 212 °F

LMTD =

dt 1 = 36°F (dt udara)

dt 2 = 45°F (dt bahan)

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

dt2-dt1 = 9°F

dt2/dt1 = 1,25°F

ln dt2/dt1 = 0,2231

LMTD = 40,33278 °F = 4,6293°C = 277,6293 K

Panjang (L) = Qt/(0,125 x 3,14 x G<sup>0,67</sup> x LMTD)  
 = 27,29 ft  
 = 8,51 m

Kecepatan putaran rotary dryer

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

Putaran rotary dryer  $n = \frac{v}{\pi \cdot D} = 0,2 \text{ rps} = 12 \text{ rpm}$

Diambil putaran 15 rpm = 0,6833 rps

Flight

Perhitungan berdasarkan Perry 7<sup>ed</sup> 12-56 ketentuan :

Tinggi flight = 1/12 – 1/8 D

Panjang flight = 0,6 – 2 m

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

$$D = 0,79 \text{ m}$$

$$L = 8,51 \text{ m}$$

Pengambilan data

$$\text{Tinggi flight} : 1/8 D = 0,09 \text{ m}$$

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

$$\text{Jumlah flight 1 circle} : 3 D = 0,3532 = 1 \text{ buah}$$

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

$$\text{Total circle} = 0,7954 / 0,7 = 1,1362 \text{ buah} = 2 \text{ buah}$$

Hold up padatan

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

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

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

$$\text{Hold up} = 0,42 \text{ m}^2$$

Waktu rerata padatan dalam dryer :

$$\text{Feed} = 11400,39 \text{ kg/jam}$$

$$P \text{ campuran} = 2249,15 \text{ kg/m}^3$$

$$t = (\text{hold up} \times p \text{ campuran}) / \text{feed} = 0,08 \text{ jam} = 4,97 \text{ menit} = 298 \text{ sekon}$$

Perhitungan tebal shell drum :

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

$$D = 0,1177 \text{ m} = 0,3863 \text{ ft}$$

$$H = 0,16 D = 0,0188 \text{ m} = 0,0618 \text{ ft}$$

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

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

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

$$ts \cong \frac{P \cdot D}{2 \cdot f \cdot e - P} + C = 0,1277 \text{ in dirancang } 3/16 \text{ in} = 0,0048 \text{ m}$$

Isolasi :

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

Diameter dalam rotary = 2,59 ft

Diameter luar rotary = 2,63 ft

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

Diameter terisolasi = 2,63 + 2 x ( 4/12 ) = 3,29 ft

Perhitungan Power Rotary

$$\text{Perry}^{\text{6ed}}, \text{ persamaan 20-44} = \text{hp} = \frac{N \times (4.75dw + 0,1925DW + 0,33W)}{100000}$$

Dimana :

N = putaran rotary = 12,06 rpm

d = diameter shell = 2,63 ft

w = berat bahan = 25134 lb

D = d + 2 = 4,63 ft

W = berat total (lb) dicari dulu

Berat isolasi dicari dengan

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

Do = diameter luar isolasi = 2,63 ft

Di = diameter dalam isolasi = 2,60 ft

L panjang isolasi = 27,92 ft

Density isolasi = 19 lb/cuft

W = 1645,33 lb

Berat bahan dalam drum

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

Rate massa = 25133 lb/jam

Berat bahan = 28903 lb/jam

Berat total (W) = 32275 lb/jam

Berat lain diasumsikan 15%, maka berat total = 37116 lb/jam

Maka hp dihitung = 43 HP

Dengan efisiensi motor 75% (Perry 6ed 20-37) maka  $P = 57 \text{ HP}$  diambil 60HP (Standar NEMA)

Spesifikasi :

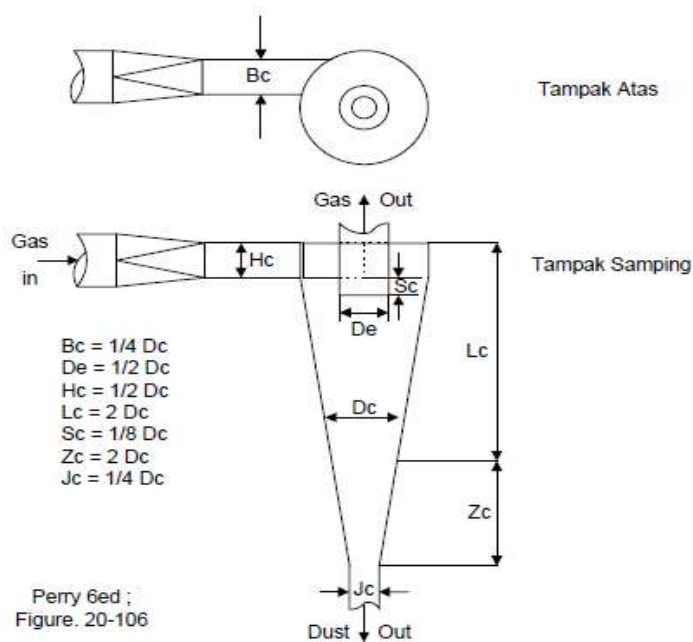
|               |                |
|---------------|----------------|
| Kapasitas     | : 11400 kg/jam |
| Diameter      | : 0,79 m       |
| Panjang       | : 8,51 m       |
| Tebal shell   | : 3/16 in      |
| Tinggi bahan  | : 0,11 m       |
| Sudut rotary  | : 1°           |
| Waktu         | : 298 detik    |
| Jumlah flight | : 4 buah       |
| Power         | : 60 HP        |
| Jumlah        | : 1            |

### 9. Cyclone

Fungsi : untuk memisahkan padatan yang terikut di udara

Type : Van Toneren Cyclone

Dasar pemilihan : Efektif dan sesuai dengan jenis bahan



Asumsi time pass = 2 detik

Rate udara = 6300,95 kg/jam = 13891,22 lb/jam

BM udara = 29 kg/kgmol

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

p = 0,05914 lb/cuft (Himmelblau hal 249)

rate volumetric udara  $13891,22 / (0,05914 \times 3600) = 65,24$  cuft/detik = 3914,62 cuft/menit

Berat solid = 56,82 kg/jam = 125,26 lb/jam

Dari panas masuk arus 11 diketahui

Fv solid = 25,17 L/jam =  $2 \cdot 10^{-4}$  cuft/detik

Fv air = 8,57 L/jam =  $8,33 \cdot 10^{-5}$  cuft/detik

Total volumetric bahan =  $0,0245 + 3,0214 \cdot 10^{-6} + 3,4029 \cdot 10^{-7}$

Total Volumetrik bahan = 65,24 cuft/detik

Volume bahan = 130,49 cuft =  $3,69 \text{ m}^2$

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

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

$0,049 = 0,25 \times \pi \times D^2 \times H$

D = 3,03 ft = 0,92 m = 36,31 in

H = 5,53 m

Dc = 36,31 in

Bc =  $\frac{1}{4}$  Dc = 9,08 in

De =  $\frac{1}{2}$  Dc = 18,16 in

Hc = 2 BC = 18,16 in

Lc = 2 Dc = 4,54 in

Sc =  $\frac{1}{8}$  Dc = 4,54 in

Zc = 2 Dc = 72,62 in

Jc =  $\frac{1}{4}$  Dc = 9,08 in

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

Miu udara = 0,00002 lb/cuft

$$\rho \text{ NaNO}_3 = 1,975 \text{ kg/L} = 123,14 \text{ lb/cuft}$$

$$\rho \text{ udara} = 0,059 \text{ lb/cuft}$$

$$B_c = 9,08 \text{ in} = 0,76 \text{ ft}$$

$$\text{Area cyclone} = 2 \times B_c^2 = 1,14 \text{ ft}^2 = 0,11 \text{ m}^2$$

$$\text{Rate volumetric bahan} = 65,24 \text{ cuft/dtik}$$

$$\text{Kecepatan bahan volumetric} = 65,24 / 0,11 = 57 \text{ ft/detik}$$

$$N_t \text{ (number of turn made by gas stream in cyclone separator)} = 10 \text{ (Perry 6 ed hal 20-86)}$$

$$D_p \text{ min} = 0,00019 \text{ ft} = 0,00006$$

Perancangan tebal shell dan tutup

Bahan dipilih Carbon stell

$$f \text{ allowance} = 12650 \text{ psi (Brownel n Young tabel 13.1)}$$

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

Tebal shell :

$$\text{Tekanan} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi}$$

Tebal shell rumusnya =

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

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

$$T_s = 0,1267 \text{ in dirancang } 3/16 \text{ in} = 0,0048$$

Tebal tutup atas

Tebal tutup atas diamankan dengan tutup bawah

Tebal tutup bawah:

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

$$\text{Alfa} = 15^\circ$$

$$\text{Total conical (tc)} = 0,1188 \text{ dirancang } 3/16 \text{ in} = 0,0048 \text{ m}$$

Spesifikasi

Fungsi : untuk memisahkan padatan yang terikut dalam udara

Type : Van Tongeren Cyclone



Kapasitas : 9395,14 cuft/menit

Diameter partikel: 0,00019 ft

Tebal shell : 3/16 in

Tebal tutup shell: 3/16 in

Tebal tutup bawah: 3/16 in

Jumlah : 1 buah

#### 10. Heater Udara

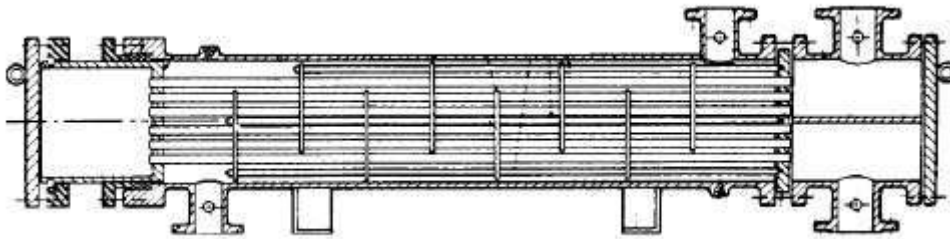
Fungsi : memanaskan udara dari 30°C menjadi 100°C

Tipe : 1 -2 shell and tube heat exchanger

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

Kondisi operasi : P = 1 atm dan T steam masuk 120°C

Waktu : continuous



Perhitungan :

1 Dari Neraca panas

Dari neraca panas dan massa diperoleh massa udara dari Rotary dryer 6300,95 kg/jam = 13891,22 lb/jam

Q dibutuhkan = 666363,33 kJ/jam = 631590,48 BTU/jam

2. Log Mean Temperature Difference

Suhu udara masuk: 30°C = 86°F

Suhu udara keluar : 100°C = 212°F

Suhu steam masuk: 90°C = 194°F

dT1 = suhu steam masuk – suhu steam keluar = 18 °F

dT2 = suhu steam masuk – suhu udara masuk = 94°F

$$dT_2/dT_1 = 4,5$$

$$di \ln kan = 1,37$$

$$LMTD = 116,86 \text{ } ^\circ\text{F}$$

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

$$dT = 93,87 \text{ } ^\circ\text{F}$$

3.  $T_c$  dan  $t_c$  : dipakai temperature rata – rata

$$T_c = T_{av \text{ media}} = 302^\circ\text{F}$$

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

Dipilih pipa ukuran  $\frac{3}{4}$  in OD, 16 BWG, 16 ft 1-in square pitch

$$a = 0,2618 \text{ ft}^2$$

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

$$A = Q / (\text{UD} \times dT)$$

$$A = 1351,1888 \text{ ft}^2$$

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

$$N_t = 323 \text{ buah}$$

Digunakan  $N_t = 330$  (Kern tabel 9)

$$\text{Tube passes} = 2$$

$$\text{ID shell} = 25 \text{ in}$$

$$\text{Pitch} = 1 \text{ in}^2$$

$$A \text{ baru} = N_t \times a \times 16 = 1382 \text{ ft}^2$$

$$\text{UD baru} = Q / (\text{UD} \times dT) = 4,89 \text{ BTU /jam ft}^2\text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Shell pass} = 1$$

Spesifikasi

Fungsi : Memanaskan udara dari  $30^\circ\text{C}$  ke  $100^\circ\text{C}$

Type : 1-2 shell and tube heat exchanger

Tube :

OD :  $\frac{3}{4}$  in ; 16 BWG

Panjang : 16 ft

Pitch : 1 in square  
 Jumlah tube : Nt = 330 buah  
 Passes : 2  
 Shell :  
 ID : 25 in  
 Passes : 1  
 Bahan konstruksi : *Stainless stell*  
 Heat exchanger area: 1071,0128 ft<sup>2</sup>  
 Jumlah exchanger : 1

#### 11. Cooler 1

Fungsi : Mendinginkan suhu dari 56°C ke suhu 30°C  
 Alat : 1-2 shell dan tube heat exchanger  
 Letak : Setelah evaporator  
 Shell : Bahan  
 Tube : Air

Kebutuhan pendingin adalah 1276 kg/jam

Perancangan alat cooler 1

Fluida panas :

Suhu masuk : 56°C = 132,8°F

Suhu keluar : 30°C = 86 °F

Massa masuk : 1275,48 kg/jam = 23831 lb/jam

Fluida dingin : kebutuhan pendingin 1276 kg/jam

Beban pendingin 668916 kJ/jam = 705707 BTU/jam

Suhu pendingin masuk: 27°C = 80,6 °F

Suhu pendingin keluar: 40°C = 104 °F

dT = 23,4°F

Menentukan spesifikasi alat

| Fluida panas (°F) |              | Fluida dingin | dT   |
|-------------------|--------------|---------------|------|
| 132,8 (T1)        | Highter temp | 104(t2)       | 28,8 |
| 86 (T2)           | Lower temp   | 80,6 (t1)     | 5,4  |

$$dt\ 1 = 5,4\ ^\circ\text{F}$$

$$dt\ 2 = 28,8\ ^\circ\text{F}$$

$$dt2 - dt\ 1 = 23,4^\circ\text{F}$$

Menghitung temperature caloric

$$R = (T1-T2)/(t2-t1) = 2$$

$$S = (t2-t1)/(T1-t1) = 0,4483$$

Dari Kern halaman 828

Fig 18 HE 1-2 didapatkan  $F_t = 0,525$

$$dTLMTD = dT \times F_t = 17,4996$$

$$d_{tc}/d_{th} = dt1/dt2 = 0,1875$$

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2.3 \log \left( \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} \times dTLMTD = 7,35^\circ\text{F}$$

$$t_a = (t1+t2)/2 = 92,3\ ^\circ\text{F}$$

$$T_a = (T1+T2)/2 = 109,4\ ^\circ\text{F}$$

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

$$K_c = 0,3 \text{ dan } F_c = 0,39$$

$$T_c = T2 + F_c(T1-T2)$$

$$T_c = 102,85\ ^\circ\text{F}$$

$$t_c = t1 + F_c(t2-t1) = 89,02\ ^\circ\text{F}$$

$$\text{densitas tube} = 1,808\ \text{kg/L} = 0,113\ \text{lb/cuft}$$

$$\text{densitas shell} = 0,997\ \text{kg/L} = 0,062\ \text{lb/cuft}$$

Menghitung viskositas fluida panas

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2 \text{ suhu masuk fluida } 316,15\ \text{K}$$

| Komponen | A      | B      | C       | D                   | Miu (cp) |      |
|----------|--------|--------|---------|---------------------|----------|------|
| NaCl     | -0,917 | 1080,5 | -0,0076 | $1,1 \cdot 10^{-8}$ | 296,98   | Yaws |

|                   |           |          |          |           |        |       |
|-------------------|-----------|----------|----------|-----------|--------|-------|
| Air               | -10,2158  | 1729.5   | 0,01773  | -0,00001  | 0,7693 | Yaws  |
| NaNO <sub>3</sub> | -2,99E+01 | 1,39E+03 | 1,14E-03 | -1,26E-05 | 3,1316 | Perry |
| Total             | 377,2002  |          |          |           |        |       |

Menghitung viskositas fluida dingin

$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2$  suhu masuk fluida 306,65 K

|          |          |        |         |          |          |      |
|----------|----------|--------|---------|----------|----------|------|
| Komponen | A        | B      | C       | D        | Miu (cp) |      |
| Air      | -10,2158 | 1729.5 | 0,01773 | -0,00001 | 11,7     | Yaws |

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

Fluida panas

| Komp              | A        | B         | C                      | k (W/m K) | k (BTU/jam ft °F) | X      | k . x (BTU/jam ft°F) |
|-------------------|----------|-----------|------------------------|-----------|-------------------|--------|----------------------|
| NaCl              | 5,16E+01 | -2,96E-01 | 4,71 10 <sup>-4</sup>  | 5,03      | 2,91              | 0,0019 | 0,0042               |
| H <sub>2</sub> O  | 26216    | 0,00461   | -5,39 10 <sup>-6</sup> | 0,6599    | 0,3813            | 0,0641 | 0,1358               |
| NaNO <sub>3</sub> | 39260    |           |                        | 0,5582    | 0,3225            | 0,6378 | 0,2057               |
| Total             |          |           |                        |           |                   |        | 0,337                |

Sumber = Yaws kecuali NaNO<sub>3</sub> International of journal Ared 1991

Fluida dingin

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

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

| Komp             | A       | B       | C                       | k (W/m K) | k (BTU/jam ft °F) | X | k . x (BTU/jam ft°F) |
|------------------|---------|---------|-------------------------|-----------|-------------------|---|----------------------|
| H <sub>2</sub> O | -0,2758 | 0,00461 | -5,539 10 <sup>-6</sup> | 0,6105    | 0,3528            | 1 | 0,3528               |

Sumber = Yaws, 1991

Specific heats : c (BTU/lb°F) fluida panas 316,15 K

| Komponen         | c (BTU/lb °F) | Cp (J/mol K) | BM |
|------------------|---------------|--------------|----|
| NaCl             | 25,5307       | 4440,1280    | 40 |
| H <sub>2</sub> O | 25,2770       | 1978,2044    | 18 |

|                   |         |          |    |
|-------------------|---------|----------|----|
| NaNO <sub>3</sub> | 0,2417  | 89,31130 | 85 |
| Total             | 51,0494 |          |    |

Fluida dingin 306,15 K

|                  |               |              |    |
|------------------|---------------|--------------|----|
| Komponen         | c (BTU/lb °F) | Cp (J/mol K) | BM |
| H <sub>2</sub> O | 1,7937        | 140,3776     | 18 |

Specific gravity (s)

Fluida panas

|                   |       |       |        |
|-------------------|-------|-------|--------|
|                   | S     | X     | s x    |
| NaCl              | 2,13  | 0,006 | 0,013  |
| NaNO <sub>3</sub> | 2,257 | 0,638 | 1,4395 |
| H <sub>2</sub> O  | 1     | 0,356 | 0,3561 |
| Total             |       |       | 1,8086 |

Fluida dingin

|                  |   |   |     |
|------------------|---|---|-----|
|                  | S | X | s x |
| H <sub>2</sub> O | 1 | 1 | 1   |

|                                   | Fluida Panas | Fluida Dingin |
|-----------------------------------|--------------|---------------|
| ρcampuran, ( lb/ft <sup>3</sup> ) | 0.1128       | 0.0622        |
| μ.x (cp)                          | 377.2002     | 1.4793        |
| k ( Btu/jam.ft.oF)                | 0.3372       | 0.3528        |
| c ( Btu/lb.oF)                    | 51.0495      | 1.7937        |
| s x                               | 1.8086       | 1.0000        |

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

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

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

$$A = Q / (Ud \times LMTD) = 104149,0935 / (250 \times 33,325) = 12,4982 \text{ ft}^2$$

$$A = 12,4982 \text{ ft}^2$$

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

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

Jumlah tube :

$$N_t = 10,9169$$

Standart = 16 dan 1 pass (kern)

Parameter design dari Tabel 9 Kern halaman 842

Pipa = 1,25 in OD tubes

Pitch = 1,5625 square pitch

Shell side

ID = 10 in ( Kern hal 842)

Buffel = 3

Pass (pasang ) = 1

Tube side

Number and length = 16

OD = 1,25

BWG = 12

Pitch = 1,5625 square pitch

Passes = 2

Tabel 10 kern halaman 843

|                            | in              | ft                  | m              |
|----------------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| OD pipe =                  | 1.2500          | 0.1042              | 0.0318         |
| ID pipe =                  | 1.0300          | 0.0858              | 0.0262         |
| Pitch, PT =                | 1.5625          | 0.1302              | 0.0397         |
| Panjang pipa, Lt =         |                 | 3.5000              | 1.0668         |
|                            | in <sup>2</sup> | ft <sup>2</sup> /ft | m <sup>2</sup> |
| Surface per lin ft, a''t = |                 | 0.3271              | 0.0304         |
| Flow area per tube, a't =  | 0.3271          | 0.0023              | 0.0002         |

Koreksi Ud

$$A = a'' \times N_t \times L = 0,3271 \times 3,5 \times 16 = 18,3176 \text{ ft}^2$$

$$U_d = Q / (A \times \text{LMTD}) = (104149,093 \times 1,055) / (33,3325 \times 18,3325) = 179,9580 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

Fluida panas : Shell side

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

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

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

$$P_T = \text{tube pitch} = 1,5625 \text{ in}$$

$$ID = 10 \text{ in}$$

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

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

Fluks massa melalui shell ( $G_s$ ) =                      dimana

$$w = 8711,3595 \text{ lb/jam}$$

$$a_s = 0,0417 \text{ ft}^2 \text{ bisa dihitung } G_s = 209072,6276 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

Menentukan bilangan Reynold

$$G_s = 209072,6276 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,1025 \text{ ft (fig 28 Kern 838)}$$

$$\mu = 377,2002 \text{ lb/ft jam}$$

$$Re_s = \frac{G_s \cdot D}{\mu} = 56,813$$

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

Menentukan k dan c pada  $t_a = 137,3 \text{ °F}$

$$k = 0,3372 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

$$c = 51,0495 \text{ BTU/lb °F}$$

$$\mu = 377,2002 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left( \frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 12,9854 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ °F}$$

Menentukan  $h_o$

$$h_o = j_H \cdot \frac{k}{D_e} \left( \frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_s = 4 \times 12,9854 / 0,1025 = 506,7464 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ °F}$$

Fluida dingin : Tube side

$$a_t = N_t \frac{a \cdot t}{144 \cdot n} \quad 165$$



Flow area

Dimana :

$$N_t = 16$$

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

$$n = 8$$

$$a_t = 0,0045 \text{ ft}^2$$

Fluks massa melalui tube (Gt)

$$G_t = w / a_t$$

$$w = 507,6087 \text{ lb/jam}$$

$$a_t = 0,0045 \text{ ft}^2$$

$$G_t = 111732,8744 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

Re s = Gt x D / miu dimana

$$G_t = 111732,8744 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

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

$$\text{Miu} = 1,4793 \text{ lb/ft jam}$$

$$\text{Ret} = 2058,7839$$

$$jH = 24 \text{ (Fig 28 kern hal 838)}$$

Menentukan k dan c pada  $t_a = 102,2 \text{ }^\circ\text{F}$

$$k = 0,3528 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$c = 1,7937 \text{ BTU/lb }^\circ\text{F}$$

$$\text{miu} = 1,4793 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left( \frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 0,6912 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan hio

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

$$= 501,4724 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan tube wall temperature

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

$$t_w = 113,9930 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_w = 318,5517 \text{ K}$$

$$t_w = 45,5517 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Miu suhu 45,5517 °C

Fluida Panas :

$$\text{NaCl} = 6,31 \text{ cp}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0,68 \text{ cp}$$

$$\text{NaNO}_3 = 2,48 \text{ cp}$$

$$\text{Total} = 1267,9407 \text{ cp} = 3068,4165 \text{ lb/ft jam}$$

Fluida dingin

$$\text{H}_2\text{O} = 1,1331 \text{ cp} = 2,74227 \text{ lb/ft jam}$$

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

$$\phi_t = (377,2002 / 3068,4165)^{0,14} = 0,7457$$

Menentukan corrected coefficient

$$h_o = \frac{h_o}{\phi_s} \times \phi_s = 377,8703 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\phi_s = \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} = (1,4793 / 2,7423)^{0,14} = 0,9172$$

Menentukan corrected coefesient

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

Clean Overall coefecient  $U_c$

$$U_c = (h_{io} \cdot h_o) / (h_{io} + h_o) = 207,4472$$

$$\text{Design overall coefecient } U_d = 179,9580 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

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

$$R_D = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} = 0,0002 \text{ jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F/Btu}$$

Menghitung Pressure Drop

Fluida panas : shell side

$$Re_s = 56,8132$$

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

$$s = 1,8086$$

$$De = 0,8333 \text{ ft}$$

$$N+1 = L/B = 12 \times \text{BWG} / \text{Buffel} = 12 \times 12 / 3 = 48$$

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5.22 \cdot 10^{10} \cdot D_e s \phi_s} = 0,1938 \text{ psi}$$

Tube side ;fluida dingin

$$Re_t = 2058,7839$$

$$f = 0,03 \text{ ft}^2/\text{in}^2 \text{ (fig 29 Kern hal 839)}$$

$$s = 1$$

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5.22 \cdot 10^{10} D_t \cdot \phi_t} = 0,8035 \text{ psi}$$

|          |            |        |
|----------|------------|--------|
| 4340,78  | h outside  | 693,70 |
| Uc       | Calculated | 598,11 |
| Ud       | Trial      | 500    |
| Ud       | Calculated | 734,16 |
| Rd       | Calculated | 0.0003 |
| Rd       | Required   | 0.0040 |
| Delta Ps | Calculated | 0.6322 |
| Delta PT | Calculated | 0.0427 |

## 12. Cooler 2

Kode : E-614

Fungsi : Mendinginkan cairan keluar distilat dari 90°C hingga 30°C

Jenis : Heat exchanger tipe shell and tube 1-2 pass

---

|                   |  |
|-------------------|--|
| Letak             | : Setelah distilasi  |
| Jumlah            | : 1 buah   |
| Bahan konstruksi  | : <i>Carbon Steel</i>  |
| Beban pendingin   | : 27445,7738 kJ/jam  |
| <i>Tube side</i>  |  |
| Suhu              | : 27°C   |
| Tekanan           | : 1 atm  |
| Jumlah            | : 25   |
| Out diameter      | : 1,5 in   |
| <i>Shell side</i> |  |
| Suhu              | : 90°C   |
| Tekanan           | : 1 atm  |
| Inside diameter   | : 12 in  |
| 13. Cooler 3      |  |
| Kode              | : E-613  |
| Fungsi            | : Mendinginkan cairan keluar bottom distilasi hingga<br>30°C |
| Jenis             | : <i>Heat exchanger tipe shell and tube 1-2 pass</i>         |
| Letak             | : Setelah distilasi  |
| Jumlah            | : 1 buah   |
| Bahan konstruksi  | : <i>Carbon Steel</i>  |
| Beban pendingin   | : 436003,8174 kJ/jam   |
| <i>Tube side</i>  |  |
| Suhu              | : 27°C   |
| Tekanan           | : 1 atm  |
| Jumlah            | : 25   |
| Out diameter      | : 1,5 in   |
| <i>Shell side</i> |  |
| Suhu              | : 114,5°C  |
| Tekanan           | : 1 atm  |
| Inside diameter   | : 12 in  |

---

14. Kondesor 1

Fungsi : Mengkondensasikan keluaran evaporator menuju distilasi

Beban pendingin : 43244,1088 kJ/jam

Massa masuk

| Komponen         | Massa (kg/jam) | Fraksi Massa (x) | BM    | kmol     | Fraksi mol |
|------------------|----------------|------------------|-------|----------|------------|
| HNO <sub>3</sub> | 147,7919757    | 0,0595           | 63,02 | 2,3452   | 0,0178     |
| NO <sub>2</sub>  | 0,457458612    | 0,0002           | 30,01 | 0,0152   | 0,0001     |
| H <sub>2</sub> O | 2336,662541    | 0,9403           | 18,01 | 129,7425 | 0,9821     |
| Total            | 2484,9120      | 1,0000           |       | 132,1029 | 1,0000     |

Fluida panas

Suhu masuk = 100 C = 212 F

Suhu keluar = 60 C = 140 F

Massa masuk = 2484,91 kg/jam  
= 5478,20 lb//jam

Kebutuhan pendingin = 3603,68 kg/jam  
= 7944,6114 lb/jam

Beban pendingin = 43244,11 KJ/jam

Suhu pendingin masuk = 45 C = 113 F

Suhu pendingin keluar = 60 C = 139 F

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_1 - t_1) - (T_2 - t_2)}{2,3 \log \frac{(T_1 - t_1)}{(T_2 - t_2)}}$$

$$= 46,26 \text{ F}$$

Menghitung temperatur kalorik

Tac = 126,05 F

Tc = 176 F

\* Fluida

Dingin

52,25 °C

325,25 K

| Komponen         | A      | B      | n       | Tc       | ρ, kg/m <sup>3</sup> |
|------------------|--------|--------|---------|----------|----------------------|
| H <sub>2</sub> O | 0,3471 | 0,2740 | 0,28571 | 647,1300 | 1002,3088            |
| Total            |        |        |         |          |                      |

\* Fluida Panas

T =

80,00

°C

=

353 K

| Komponen         | A       | B      | n      | Tc     | ρ, kg/m <sup>3</sup> | x      | x/ρ   |
|------------------|---------|--------|--------|--------|----------------------|--------|-------|
| HNO <sub>3</sub> | 0,43471 | 0,2311 | 0,1917 | 520,00 | 1412,2693            | 0,0178 | 1E-05 |

|                  |         |         |         |           |           |        |       |
|------------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|--------|-------|
| NO <sub>2</sub>  | 0,54240 | 0,27210 | 0,24320 | 431,35000 | 1281,3064 | 0,0001 | 9E-08 |
| H <sub>2</sub> O | 0,3471  | 0,2740  | 0,28571 | 647,1300  | 975,64072 | 0,9821 | 0,001 |
| Total            |         |         |         |           |           |        | 0,001 |

Luas permukaan

$$A = Q / (U \times \text{LMTD}) = 49,31 \text{ cuft}$$

*Inner pipe*

Ukuran pipa : 1,25 IPS sch 40

OD : 0,1383 ft

ID : 0,1150 ft

*Annulus Area*

Ukuran pipa : 2 IPS sch 40

OD : 0,1723 ft

ID : 0,1983

#### 15. Kondesor 2

Kode : E-612

Fungsi : Mengkondensasikan keluaran distilasi menuju tangki

Jenis : *Heat exchanger double pipe*

Letak : Setelah distilasi

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Carbon Steel*

Beban pendingin : 3529392,4898 kJ/jam

*Inner pipe*

Ukuran pipa : 1,25 IPS sch 40

OD : 0,1383 ft

ID : 0,1150 ft

*Annulus Area*

Ukuran pipa : 2 IPS sch 40

OD : 0,1723 ft

ID : 0,1983 ft

#### 16. Reboiler

Fungsi : memanaskan hasil bawah menara distilasi

Beban panas :

$$Q : 3827446,48$$

Kebutuhan air pendingin :

$$\text{Suhu masuk} : 150 \text{ C} = 423 \text{ K} \quad T_{\text{vapor}} = 90 \text{ C}$$

$$\text{Suhu keluar} : 90 \text{ C} = 363,15 \text{ K} \quad T_{\text{liq}} = 114,5 \text{ C}$$

$$C_p \text{ air} = 0,12 \text{ kJ/kg.k}$$

$$M_a = Q/C_p$$

$$: 1265852,76 \text{ kg/jam}$$

$$: 2790681 \text{ lb/jam}$$

$$\text{LMTD} = 89,1/1,74$$

$$= 51,12 \text{ F}$$

$$T_a = 216,05 \text{ F}$$

$$t_a = 279,5 \text{ F}$$

$$\text{delta } t_1 = 108 \text{ F}$$

$$\text{delta } t_2 = 18,9 \text{ F}$$

$$UD = 50 \text{ BTU/jam.ft}^2.\text{F}$$

Luas transfer panas :

$$A = Q/\text{LMTD}$$

$$= 1579,81 \text{ ft}^2$$

$$\text{Delta } t_c/\text{delta } t_h = 5,71$$

$$K_c = 0,3 \quad T_c = T_2 + F_c(T_1 - T_2)$$

$$F_c = 0,47 \quad T_c$$

$$= 217,37 \text{ F}$$

$$t_c = t_1 + F_c(t_2 + t_1)$$

$$t_c = 280,85 \text{ F}$$

\*Tabel 11 kern :

Digunakan

$$\text{BWG} = 10$$

$$\text{ID} = 0,48 \text{ in}$$

$$OD = 0,75 \text{ in}$$

$$A't = 0,182 \text{ in}^2$$

$$A'' = 0,1963 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

$$L = 12$$

\*jumlah pipa

$$Nt = A/L \times a''$$

$$= 670,66 \text{ pipa}$$

Standart = 670 (2 pass)

|                     |  |
|---------------------|--|
| Jumlah              | : 1 buah                                   |
| Suhu masuk          | : 90°C                                     |
| Suhu keluar         | : 114,5°C                                  |
| Beban pemanas       | : 3827446,4761 kj/jam                      |
| Jumlah tube         | : 671                                      |
| Jumlah pemanas      | : 2292,8851 kg/jam                         |
| Tekanan             | : 1 atm                                    |
| Luas transfer panas | : 45,56 m <sup>2</sup>                     |
| Tipe                | : <i>Shell and tube</i>                    |
| Bahan konstruksi    | : <i>Stainless steel SA-167 (tipe 304)</i> |

## 17. Distilasi

**Fungsi** : Untuk memisahkan HNO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>O

**Type** : Sieve Tray Coloum

Menentukan refluk minimum

Persamaan 19-30 "Unit Operation of Chemical Engineering" J.M. Smith edition 5

$$R_{\min} + 1 = \frac{\sum \alpha_i D_i \cdot X_{D_i}}{\alpha_i - \phi}$$



dimana  $\phi$  ditentukan dengan persamaan 19-29

$$1 - q = \frac{\sum \alpha_f \cdot X_f}{\alpha_{if} - \phi}$$

komponen kunci

komponen kunci light = HNO<sub>3</sub>

komponen kunci heavy = H<sub>2</sub>O

| Komponen         | $\alpha F$ | $\alpha D$ | $\alpha B$ |
|------------------|------------|------------|------------|
| Hno <sub>3</sub> | 1,7388     | 4,0723     | 2,4177     |
| H <sub>2</sub> O | 1          | 1          | 1          |
| No <sub>2</sub>  | 0,00017    | 0,4598     | 0,0424     |
| Total            | 2,7390     | 5,5321     | 3,4601     |

karena jumlah umpan cair jenuh  $q = 1$

$$1 - q = \frac{\sum \alpha_f \cdot X_f}{\alpha_{if} - \phi}$$

dicoba coba hingga hasil mendekati nilai 0

$$\phi = 0,00000066$$

Jadi =

$$R_{min} + 1 = 1,0002$$

$$R_{min} = 0,0002$$

Menentukan refluks aktual R (Ulrich A Guide, Chemical Eng. Ed 4)

Jika pendingin kondensor menggunakan air, maka

sehingga ditetapkan

$$\frac{R}{R_{min}} = 1,5$$

$$R_{min}$$

$$R = 0,003$$

Menentukan plate min

Pers. 19-13 "Unit Operation of Chemical Engineering"

Ed. 5

$$N_{nim} + 1 = \frac{(\log((X_{lk}/X_{hk})^d \cdot (X_{hk}/X_{lk})^b))}{(\log \alpha_{avg})}$$

$$\alpha_{avg} = (\alpha_{lkd} \cdot \alpha_{lkb})^{1/2}$$

$$3,1377$$

$$N_{min} + 1 = \frac{2710,8526}{3,4331} = 0,4966$$

$$N_{min} + 1 = 6,9129$$

$$N_{min} = 5,9128$$

Menentukan plate teoritis

$$\frac{R - R_{min}}{R + 1} = 9,6596 \text{ E-05}$$

Dari fig 8-14 ludwing vol III

$$\frac{N - N_{min}}{N + 1} = 0,2$$

$$\frac{N - 1}{N + 1} =$$

$$N = 7,6411$$

Efficiency plate

|           |
|-----------|
| $\mu f =$ |
|-----------|

Dari fig 8-18 Applied Process Design for chemical and Petrochemical Plants, Ludwig vol II  
page 19

$$E_o = 85\%$$

$$N = 8,9895 = 9 \text{ buah}$$

letak plate umpan =

Persamaan 7.7 MATHEW Van winkle

$$\log(M/P) = 0.206 \log(B/D) \left( \frac{X_{hk}}{X_{lk}} \right)^f \cdot \left( \frac{X_{lk}}{X_{hk}} \right)^{b^2}$$

$$\log(M/P) = 0.206 \log \frac{0.206 \times 20,3505}{1,3086}$$

$$(M/P) = 14,7226$$

$$M = 14,7226 \quad P$$

$$M + P = 10$$

$$15,72260956 \quad P = 10$$

$$P = 0,6361$$

$$\text{Umpan pada plate} = 9,3639$$

**Diameter menara**

Kondisi operasi atas :

$P = 1 \text{ atm}$

$T = 90,0000 \text{ C} \qquad 363,0000 \text{ K}$

$BM \text{ average} = 39,1648 \text{ kg/kgmol}$

$V = (R+1) D$

$V = 4,9045 \text{ Kgmol/jam}$

$422,5815 \text{ lb/jam}$

$L = R.D \qquad 0,0032$

densitas vapor

$$\rho_v = \frac{BM_{\text{average}} \cdot P}{R \cdot T}$$

$0,0013 \text{ gram/cm}^3$

$0,0821 \text{ lb/cuft}$

Densitas liquid

$$\rho_L = \sum x_i \cdot \rho_i$$

$0,8259 \text{ gr/cm}^3$

$51,5362 \text{ lb/cuft}$

$(L/V) \cdot ((\rho_v/\rho_l)^{1/2}) \qquad 3,0536E-07$

Dicoba coba tray spacing

$t_s = 20 \text{ in}$

$k_v = 0,34$

Dari fig. 16-7 page 658 plate design and economics for chemical engineering

Pers. 1, "Peter page 636".

Kecepatan linier maximum

$$V_{\text{max}} = k_v \cdot ((\rho_L - \rho_v)/\rho_v)^{1/2} \qquad 8,5142 \text{ ft/sec}$$

Kecepatan linier vapour  $V = 65-80 \% V_{\text{max}}$  (P658.Peter)

ditetapkan  $v = 70\% V_{\text{max}} \qquad 5,9599 \text{ ft/sec}$

Kecepatan volumetrik vapour

$g_v = (v/\rho_v) \qquad 1,4306 \text{ cuft /sec}$

Diameter

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \right)^{1/2} \left( \frac{Q}{v} \right)^{1/2} = 0,62411 \text{ Ft}$$

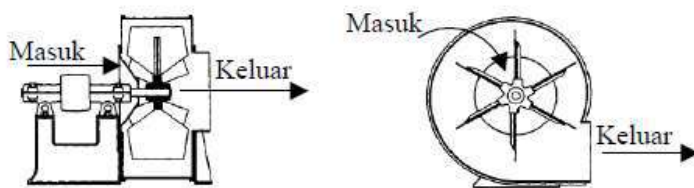
### 18. Blower

Tugas : Menghembuskan udara ke dalam Rotary Dryer

Fungsi : Memindahkan udara dari udara bebas ke Rotary Dryer

Type : Centrifugal Blower

Dasar pemilihan : Sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi



Perhitungan rate udara :

$$\text{Massa udara} = 6300,95 \text{ kg/jam} = 13891,22 \text{ lb/jam}$$

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

$$\text{BM udara} = 29 \text{ kg/kgmol}$$

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

$$\text{Rate volumetric} = 4,4579 \text{ lb/jam} / 0,07279 \text{ lb/cuft} = 324236 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Asumsi aliran turbulen :

Dipilih pipa 12 in sch 40 ( Foust, App.c6A)

$$\text{OD} : 12,75 \text{ in}$$

$$\text{ID} : 12,09 \text{ in}$$

$$A : 115 \text{ in}^2$$

Perhitungan Power :

$$\text{hp} = 0,0044 Q \times P_1 \times \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}, \text{ pers.6-31b})$$

dengan :  
 $Q$  = volumetrik gas ; cuft/mnt  
 $P_1$  = operating suction pressure ; psi  
 $P_2$  = operating discharge pressure ; psi

$$p_2 = p_1 + \Delta P_{\text{pipa}} + \Delta P_{\text{heater}} = 14,7 + 2 + 2 = 18,7 \text{ psi}$$

$$HP = 0,0044 \times 190837,76 \times 14,7 \times \ln (18,7/14,7) = 29,70 \text{ HP}$$

Dengan asumsi efisiensi motor 80% maka : 37,13 HP

Adiabatic head = 995 ft lbf/lbm gas (Perry 6ed fig 6-35)

Spesifikasi

Fungsi : memindahkan udara dari udara bebas ke rotary dryer

Tipe : centrifugal blower

Bahan : Comersial steel

Rate volumetric : 190837,76 cuft/menit

Adiabatic head : 995 ft lbf/lbm gas

Efisiensi motor : 80%

Power : 37 HP = 50 HP

Jumlah : 1

#### 19. Bucket Elevator 1

Fungsi : Memindahkan NaOH dari gudang ke mixer

Tipe : Countinous Discharge Bucket Elevator

Dasar pemilihan : Untuk memindahkan dengan bahan produk dari Cooling conveyor C menuju Silo penyimpanan

Perhitungan

Rate massa : 5710,01 kg/jam = 5,7001 ton/jam

Tinggi bucket : tinggi mixer+ jarak dari dasar = 6,88 + 1 = 7,88 m = 25,85 ft

Pemilihan power (Perry 7ed tabel 21-8)

Kapasitas maksimum : 14000 ton/jam

Power pada head shaft : 1,6 HP

Power tambahan : 0,002 HP tiap hari

Power tambahan : 0,5171 hp

Power total = 2,12 HP

Efisiensi motor 80%

Power total = 2,65 HP

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

Spesifikasi :

Fungsi : Memindahkan bahan baku NaOH dari silo ke mixer

Tipe : Continous Discharge bucket Elevator

|                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| Kapasitas maksimum: | 14000 ton/jam          |
| Ukuran              | : 6 in x 4 in x 4,5 in |
| Bucket spacing      | : 12 in                |
| Pusat elevator      | : 25 ft                |
| Tinggi elevator     | : 7,88 m               |
| Ukuran feed (maks)  | : 0,0191 m             |
| Bucket speed        | : 91,78 ft/menit       |
| Putaran head shaft  | : 18 rpm               |
| Lebar belt          | : 7 in                 |
| Power total         | : 2,65 HP = 3 HP       |

## 20. Screw Conveyor 1

Fungsi : Memindahkan bahan dari kristalizer 1 ke centrifuge 1

Tipe : Plain spouts or chutes

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk slury dengan sistem tertutup

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

Dari neraca massa dan panas didapatkan laju alir dan densitas

$F_v$  : 10809,51 kg/jam = 23830,9 lb/jam

$\rho$  bahan :  $1,8314 \text{ kg/m}^3 = 0,1143 \text{ lb/cuft}$

Volumetrik bahan : 208428,98 cuft/jam = 3473,8162 cuft/menit

$\rho$  bahan : 0,1143 b/cuft termasuk kelas D (Badger, Tabel 16-6) dengan  $F = 3$

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

$C$  = kapasitas, cuft/menit

$L$  = panjang, ft asumsi panjang screw 4 m = 13,1233 ft

$W$  = densitas bahan, lb/cuft

$F$  = faktor bahan

Power motor = 0,9477 HP untuk power < 2HP maka dikalikan 2 (Badger;713)

Power = 1,18 HP

Jika efisiensi motor 80% ,maka power menjadi 1,18 HP

Dari fig 16-20 Badger untuk kapasitas 208429 cuft/jam digunakan ukuran :

Diameter : 10 in

Kecepatan putaran: 13 rpm

---

**Spesifikasi**

|                    |  |
|--------------------|--|
| Fungsi             | : Memindahkan bahan dari kristalizer ke centrifuge |
| Tipe               | : Plain spouts or chutes                           |
| Kapasitas          | : 208429 cuft/jam                                  |
| Panjang            | : 4 m  |
| Diameter           | : 0,2540 m   |
| Kecepatan putaran: | 13 rpm   |
| Power              | : 1,18 HP = 2 HP                                   |

**21. Screw Conveyor 2**

|                   |   |
|-------------------|---|
| Kode              | : J-412                                       |
| Fungsi            | : Memindahkan bahan dari Centrifuge menuju RD |
| Kapasitas         | : 110265,5151 cuft/jam                        |
| Panjang           | : 13 ft                                       |
| Diameter          | : 10 in                                       |
| Kecepatan putaran | : 13 rpm                                      |
| Power             | : 1 hp  |
| Jumlah            | : 1 buah                                      |
| Bahan             | : Carbon stell                                |

**22. Heater HNO<sub>3</sub>**

|        |   |
|--------|---|
| Fungsi | : Memanaskan suhu dari 30C ke suhu 60°C |
| Alat   | : 1-2 shell dan tube heat exchanger     |
| Letak  | : Setelah silo penyimpanan asam nitrat  |
| Shell  | : Bahan                                 |
| Tube   | : Steam                                 |

Kebutuhan pemanas adalah 6862,21 kg/jam

Perancangan alat heater asam nitrat

Fluida dingin :

Suhu masuk : 30°C = 86°F

Suhu keluar : 60°C = 140°F

Massa masuk : 6862,21 kg/jam = 15128,34 lb/jam

Fluida panas : kebutuhan pemanas 46,14 kg/jam

Beban pemanas 468595,28 kJ/jam

Suhu pemanas masuk: 150°C

Suhu pemanas keluar: 90°C

Menentukan spesifikasi alat

| Fluida panas (°F) |              | Fluida dingin | dT  |
|-------------------|--------------|---------------|-----|
| 302 (T1)          | Highter temp | 140 (t2)      | 162 |
| 256 (T2)          | Lower temp   | 86 (t1)       | 170 |

$$dt\ 1 = 170,23\ ^\circ\text{F}$$

$$dt\ 2 = 162\ ^\circ\text{F}$$

$$dt2 - dt\ 1 = 8,32^\circ\text{F}$$

Menghitung temperature caloric

$$R = (T1-T2)/(t2-t1) = 0,85$$

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

Dari Kern halaman 828

Fig 18 HE 1-2 didapatkan Ft = 0,99

$$dTLMTD = dT \times Ft = 163,77$$

$$dth/dtc = dt1/dt2 = 1,05$$

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2.3 \log \left( \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} \times x = 163,77^\circ\text{F}$$

$$ta = (t1+t2)/2 = 279,12\ ^\circ\text{F}$$



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

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

$$K_c = 0,37 \text{ dan } F_c = 0,42$$

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

$$T_c = 278,20^\circ\text{F}$$

$$t_c = t_1 + F_c(t_2 - t_1) = 111,92^\circ\text{F}$$

$$\text{densitas tube} = 1,300 \text{ kg/L} = 0,081 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{densitas shell} = 0,997 \text{ kg/L} = 0,062 \text{ lb/cuft}$$

Menghitung viskositas fluida dingin 30°C

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2 \text{ suhu masuk fluida } 30^\circ\text{C} = 313 \text{ K}$$

| Komponen         | A        | B      | C        | D                      | Miu (cp) |      |
|------------------|----------|--------|----------|------------------------|----------|------|
| HNO <sub>3</sub> | -3,5221  | 729,48 | 0,003963 | 2,237 10 <sup>-6</sup> | 1,9576   | Yaws |
| Air              | -10,2158 | 1729.5 | 0,01773  | -0,00001               | 1,42607  | Yaws |
| NO <sub>2</sub>  | -8,431   | 932,6  | 0,02759  | -0,000037              | 0,3632   | Yaws |
| Total            |          |        |          |                        | 3,7469   |      |

Menghitung viskositas steam masuk

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2 \text{ suhu masuk fluida } 150^\circ\text{C} = 423,15 \text{ K}$$

| Komponen | A        | B      | C       | D        | Miu (cp) |      |
|----------|----------|--------|---------|----------|----------|------|
| Air      | -10,2158 | 1729.5 | 0,01773 | -0,00001 | 0,587    | Yaws |

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

Fluida dingin

| Komp             | A       | B       | C                        | k (W/m K) | k (BTU/jam ft °F) | X      | k . x (BTU/jam ft°F) |
|------------------|---------|---------|--------------------------|-----------|-------------------|--------|----------------------|
| HNO <sub>3</sub> | -0,2525 | 0,00294 | -3,6854 10 <sup>-6</sup> | 0,299     | 0,1728            | 0,6    | 0,1037               |
| H <sub>2</sub> O | -       | 0,0046  | -5,539                   | 0,6131    | 0,3542            | 0,3999 | 0,1417               |

|                 |        |   |           |        |        |        |                        |
|-----------------|--------|---|-----------|--------|--------|--------|------------------------|
|                 | 0,2758 | 1 | $10^{-6}$ |        |        |        |                        |
| NO <sub>2</sub> |        |   |           | 0,5668 | 0,3275 | 0,0001 | $3,2748 \cdot 10^{-5}$ |
| Total           |        |   |           |        |        |        | 0,245                  |

Sumber = Yaws kecuali NO<sub>2</sub> di Perry

Fluida panas

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

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

| Komp             | A           | B           | C                   | k (W/m K) | k (BTU/jam ft °F) | x | k . x (BTU/jam ft °F) |
|------------------|-------------|-------------|---------------------|-----------|-------------------|---|-----------------------|
| H <sub>2</sub> O | -<br>0,2758 | 0,0046<br>1 | -5,539<br>$10^{-6}$ | 0,6812    | 0,3936            | 1 | 0,3936                |

Sumber = Yaws, 1991

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

| Komponen         | c (BTU/lb °F) | Cp (J/mol K) | BM     |
|------------------|---------------|--------------|--------|
| HNO <sub>3</sub> | 2,0219        | 553,966      | 63,015 |
| H <sub>2</sub> O | 2,9696        | 232,403      | 18     |
| NO <sub>2</sub>  | 1,4319        | 286,382      | 46     |
| Total            | 6,4234        |              |        |

Fluida panas 150°C

| Komponen         | c (BTU/lb °F) | Cp (J/mol K) | BM |
|------------------|---------------|--------------|----|
| H <sub>2</sub> O | 36,93998      | 2890,9548    | 18 |

Specific gravity (s)

Fluida dingin

|                  | S     | X      | s x       |
|------------------|-------|--------|-----------|
| HNO <sub>3</sub> | 1,502 | 0,6    | 0,9012    |
| NO <sub>2</sub>  | 1,448 | 0,001  | 0,0001448 |
| H <sub>2</sub> O | 1     | 0,3999 | 0,3999    |
| Total            |       |        | 1,3012    |

Fluida panas

|                  |   |   |     |
|------------------|---|---|-----|
|                  | S | X | s x |
| H <sub>2</sub> O | 1 | 1 | 1   |

|   | Fluida Dingin | Fluida Panas |
|---|---------------|--------------|
| $\rho$ campuran, ( lb/ft <sup>3</sup> ) | 0.0812        | 0.0622       |
| $\mu$ .x (cp)                           | 3,7469        | 0,5870       |
| k ( Btu/jam.ft.oF)                      | 0,2453        | 0.3936       |
| c ( Btu/lb.oF)                          | 6,4234        | 36,94        |
| s x                                     | 1,3012        | 1            |

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

UD = 100 – 200 BTU/ft<sup>2</sup> jam °F

Diambil UD = 160 BTU/ft<sup>2</sup> jam °F

$$A = Q / (Ud \times LMTD) = 494369 / 26204 = 19 \text{ ft}^2$$

$$A = 19 \text{ ft}^2$$

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

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

Jumlah tube :

$$Nt = 16$$

Standart = 16 dan 1 pass (kern)

Parameter design dari Tabel 9 Kern halaman 842

Pipa = 1,25 in OD tubes  
 Pitch = 1,5625 square pitch  
 Shell side  
 ID = 10 in ( Kern hal 842)  
 Buffel = 3  
 Pass (pasang ) = 1  
 Tube side  
 Number and length = 16  
 OD = 1,25  
 BWG = 12  
 Pitch = 1,5625 square pitch  
 Passes = 2

Tabel 10 kern halaman 843

|                              | in              | ft                  | m              |
|------------------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| OD pipe =                    | 1.2500          | 0.1042              | 0.0318         |
| ID pipe =                    | 1.0300          | 0.0858              | 0.0262         |
| Pitch, PT =                  | 1.5625          | 0.1302              | 0.0397         |
| Panjang pipa, Lt =           |                 | 3.5000              | 1.0668         |
|                              | in <sup>2</sup> | ft <sup>2</sup> /ft | m <sup>2</sup> |
| Surface per lin ft, a't<br>= |                 | 0.3271              | 0.0304         |
| Flow area per tube,<br>a't = | 0.3271          | 0.0023              | 0.0002         |

Koreksi Ud

$$A = a'' \times N_t \times L = 0,3271 \times 3,5 \times 16 = 18,3176 \text{ ft}^2$$

$$U_d = Q / (A \times \text{LMTD}) = 165 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Fluida panas : Shell side

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

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

B = buffel space = 3 in

PT = tube pitch = 1,5625 in

ID = 10 in

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

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

$w = 102 \text{ lb/jam}$

$a_s = 0,0417 \text{ ft}^2$  bisa dihitung  $G_s = 2441 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$

Menentukan bilangan Reynold

$G_s = 2441 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$

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

$Miu = 1,5347 \text{ lb/ft jam}$

$Re_s = \frac{G_s \cdot D}{\mu} = 165,69$

$jH = 6,1$  (fig 28 Kern 838)

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

$k = 0,2076 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$

$c = 49,46 \text{ BTU/lb }^\circ\text{F}$

$miu = 1,5347 \text{ lb/ft jam}$

$$k \left( \frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 1,4847 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan  $h_o$

$$h_o = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left( \frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_s = 86,94 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Fluida dingin : Tube side

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

Dimana :

$N_t = 16$

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

$n = 2$

$a_t = 0,05 \text{ ft}^2$

Fluks massa melalui tube (Gt)

$$Gt = w / at$$

$$w = 101,71 \text{ lb/jam}$$

$$at = 0,08 \text{ ft}^2$$

$$Gt = 2189,90 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$Re_s = Gt \times D / \text{miu dimana}$$

$$Gt = 2189,90 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,0858 \text{ ft (Tabel 10 Kern halaman 843)}$$

$$\text{Miu} = 64,92 \text{ lb/ft jam}$$

$$Re_t = 2,90$$

$$jH = 1,3 \text{ (Fig 28 kern hal 838)}$$

Menentukan k dan c pada  $t_a = 279 \text{ }^\circ\text{F}$

$$k = 0,3952 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$c = 49,04 \text{ BTU/lb }^\circ\text{F}$$

$$\text{miu} = 64,92 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left( \frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 7,9226 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan  $h_{io}$

$$h_i = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left( \frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_t = 98,83 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan tube wall temperature

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

$$t_w = 181,73 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_w = 356,21 \text{ K}$$

$$t_w = 83,06 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Miu suhu } 65,6079 \text{ }^\circ\text{C}$$

Fluida Dingin :

$$\text{HNO}_3 = 0,45 \text{ cp}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0,34 \text{ cp}$$

$$\text{NO}_2 = 0,18 \text{ cp}$$

$$\text{Total} = 0,96 \text{ cp} = 0,43 \text{ lb/ft jam}$$

Fluida dingin

$$\text{H}_2\text{O} = 0,34 \text{ cp} = 2,08311 \text{ lb/ft jam}$$

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

$$\phi_t = 1,05$$

Menentukan corrected coefficient

$$h_c = \frac{h_o}{\phi_s} \times \phi_s = 86,95 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan corrected coefesient

$$h_{io} = \frac{h_{io}}{\phi} \times \phi = 119,99 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Clean Overall coefecient  $U_c$

$$U_c = (h_{io} \cdot h_o) / (h_{io} + h_o) = 64,85$$

$$\text{Design overall coefecient } U_d = 165 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

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

$$R_D = \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D} = 0,0040 \text{ jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F/Btu}$$

Menghitung Pressure Drop

Fluida dingin : shell side

$$\text{Res} = 165,69$$

$$f \text{ (faktor friksi)} = 0,0024 \text{ ft}^2 / \text{in}^2 \text{ (fig 29 Kern hal 839)}$$

$$s = 1,42$$

$$D_e = 0,8333 \text{ ft}$$

$$N+1 = L/B = 12 \times \text{BWG} / \text{Buffel} = 12 \times 12 / 3 = 48$$

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5.22 \cdot 10^{10} \cdot D_e s \phi_s} = 1,32\text{E-}04 \text{ psi}$$

Tube side ;fluida panas

$$\text{Ret} = 290$$

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

$$s = 1$$

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5.22 \cdot 10^{10} D_t \cdot \phi_t} = 3,45\text{E-}07 \text{ psi}$$

|          |            |          |
|----------|------------|----------|
| 91,73    | h outside  | 221, 34  |
| Uc       | Calculated | 64,84    |
| Ud       | Trial      | 160      |
| Ud       | Calculated | 165      |
| Rd       | Calculated | 0.0040   |
| Rd       | Required   | 0.0030   |
| Delta Ps | Calculated | 1,32E-04 |
| Delta PT | Calculated | 0.0160   |

### 23. Heater-01

Kode : E-221

Fungsi : Memanaskan larutan NaCl keluaran mixer-01 dari suhu 30°C menjadi 60°C

Tipe : 1 – 2 *Shell and Tube Heat Exchanger (Fixed Tube)*

*Tube side*



|                         |  |
|-------------------------|--|
| OD                      | : $\frac{3}{4}$ in = 0,0191 m ; 16 BWG |
| Panjang                 | : 1,0668 m                             |
| <i>Pitch</i>            | : 1 in <i>square</i>                   |
| Jumlah <i>Tube</i> , Nt | : 22 buah                              |
| <i>Passes</i>           | : 1                                    |
| <i>Shell side</i>       |  |
| ID                      | : 0,0262 m                             |
| <i>Passes</i>           | : 1                                    |
| HE Area , A             | : 18,3 ft <sup>2</sup>                 |
| Jumlah <i>exchanger</i> | : 1 buah                               |

#### 5.19 Heater-02

|        |   |
|--------|---|
| Kode   | : E-222   |
| Fungsi | : Memanaskan larutan HNO <sub>3</sub> keluar tangki dari suhu 30°C menjadi 60°C |
| Tipe   | : 1 – 2 <i>Shell and Tube Heat Exchanger (Fixed Tube)</i>                       |

#### *Tube side*

|                         |  |
|-------------------------|--|
| OD                      | : $\frac{3}{4}$ in = 0,0318 m ; 16 BWG |
| Panjang                 | : 1,0668 m                             |
| <i>Pitch</i>            | : 1 in <i>square</i>                   |
| Jumlah <i>Tube</i> , Nt | : 15 buah                              |
| <i>Passes</i>           | : 1                                    |
| <i>Shell side</i>       |  |
| ID                      | : 0,0262 m                             |
| <i>Passes</i>           | : 1                                    |
| HE Area , A             | : 18,3 ft <sup>2</sup>                 |
| Jumlah <i>exchanger</i> | : 1 buah                               |

#### 24. Belt Conveyor 1

|                 |                                   |
|-----------------|-----------------------------------|
| Fungsi          | : Mengangkat gudang NaCl ke mixer |
| Jenis           | : Horisontal Belt Conveyor        |
| Bahan           | : Karet                           |
| Laju alir massa | : 3906,63 kg/jam                  |

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Faktor kelonggaran   | : 0,2                       |
| Kapasitas  | : 4688 kg/jam = 4,69 ton/th |
| Kecepatan belt   | : 1,016 m/s                 |
| Daya motor   | : 1/3 HP                    |
| Kecepatan belt dibuat  | : 30,5 m/s                  |
| Dipakai belt conveyor kapasitas 64000 ton/tahun<br>(Tabel 7-7 Perry 1999 hal 7-10) |                             |
| 1. Lebar belt  | : 14 in                     |
| 2. Luas area   | : 0,11 ft <sup>2</sup>      |
| 3. Kecepatan Belt Normal   | : 200 m/s<br>61 m/s         |
| 4. Kecepatan Belt maksimum   | : 300 m/s<br>91 m/s         |
| 5. Belt plies maksimum   | : 5                         |
| 6. Belt plies minimum  | : 3                         |
| 7. Kecepatan belt  | : 100 m/s                   |
| 8. Asumsi panjang belt   | : 3 m                       |
| 9. Daya motor digunakan  | : 1/3 HP                    |
| 10. Kecepatan belt dibuat  | : 30,5 m/s                  |
| 11. Kemiringan   | : 2°                        |

#### 25. Belt Conveyor 2

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Kode                         | : J514  |
| Fungsi                       | : Mengangkut kristal NaNO <sub>3</sub> ke <i>silo penyimpanan</i> |
| Type                         | : <i>Horizontal belt conveyor</i>                                 |
| Bahan konstruksi             | : Karet   |
| Kapasitas maks.              | : 64.000 kg/jam   |
| <br>                         |   |
| Lebar <i>belt</i>            | : 0,35 m  |
| Luas area                    | : 0,01 m <sup>2</sup>   |
| Kecepatan <i>belt</i> normal | : 200 ft/menit  |
| Kecepatan <i>belt</i> maks   | : 300 ft/menit  |
| <i>Belt plies</i> maks       | : 5   |
| <i>Belt plies</i> min        | : 3   |
| Kecepatan <i>Belt</i>        | : 100 ft/menit  |
| Panjang <i>Belt</i>          | : 5 m   |
| Power motor                  | : 1/3 Hp  |

---

26. Hopper 1

|                      |   |
|----------------------|---|
| Kode                 | : H-411   |
| Fungsi               | : Menampung sementara Natrium nitrat dari centrifuge 1 sebelum masuk akumulator |
| Bahan                | : <i>Stainless steel (SA-167) type 304</i>                                      |
| Jumlah               | : 1 buah  |
| Bentuk               | : Kerucut   |
| Volume <i>hopper</i> | : 66,4599 m <sup>3</sup>  |
| Diameter             | : 3,35 m  |
| Tinggi silinder      | : 6,07 m  |
| Tinggi kerucut       | : 1,2518 m  |
| Diameter lubang      | : 0,6161 m  |
| Tebal dinding        | : $\frac{1}{4}$ in = 0,0127 m   |

27. Hopper 2

|                      |  |
|----------------------|--|
| Kode                 | : H-513  |
| Fungsi               | : Menampung sementara Natrium nitrat dari cooling conveyor sebelum masuk silo penyimpanan produk |
| Bahan                | : <i>Stainless steel (SA-167) type 304</i>   |
| Jumlah               | : 1 buah   |
| Bentuk               | : Kerucut  |
| Volume <i>hopper</i> | : 66,4599 m <sup>3</sup>   |
| Diameter             | : 3,35 m   |
| Tinggi silinder      | : 6,71 m   |
| Tinggi kerucut       | : 1,2518 m   |
| Diameter lubang      | : 0,6161 m   |
| Tebal dinding        | : $\frac{1}{4}$ in = 0,0127 m  |

28. Pompa 1

Kode : J 112

Fungsi : memompa larutan bahan baku asam nitrat ke silo penampungan

Dari Arus 1, didapatkan :

$$\rho = 1423,96 \text{ kg/m}^3 = 88,89 \text{ lb/cuft}$$

$$\mu \text{ campuran} = 0,7832 \text{ cp} = 0,0005 \text{ lb/ft s}$$

Menentukan kapasitas pompa

$$Q_f = \frac{\text{Kapasitas}}{\rho} = 4,82 \text{ m}^3 / \text{jam} = 0,05 \text{ cuft /sekon} = 21,20 \text{ gpm} = 0,00013 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diambil oversized 20%

Faktor keamanan = 20%

$$\text{Sehingga kapasitas pompa} = Q = 0,0681 \text{ cuft/s} = 30,53 \text{ gpm} = 0,0019 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Menghitung diameter optimum pipa aliran turbulen  $N_{re} > 2100$

$$D_{opt} = 3,0 Q^{0,36} \mu^{0,18} \quad (\text{Walas, 1988}) = 1,09 \text{ in} = 0,0276 \text{ m}$$

Digunakan pipa standart (Tabel 11 hal 844)

D nominal : 1 in

ID : 0,957 in

OD : 1,32 in

Sch : 80

$$\text{Flow area perpipa (A): } 0,7180 \text{ in}^2 = 0,005 \text{ ft}^2$$

Menghitung kecepatan linier fluida (v)

$$V = Q / A \text{ dengan :}$$

$$Q = \text{Laju alir volumetric (cuft/s)}$$

$$A = \text{luas penampang (ft}^2\text{)}$$

$$v = 9,48 \text{ ft/s} = 2,89 \text{ m/s}$$

Menghitung bilangan Reynold

$$N_{Re} = D \times v \times \rho / \mu, \text{ dengan}$$

$$\rho = \text{densitas cairan} = 88,89 \text{ lb/cuft}$$

$$D = 0,11 \text{ ft}$$

$$V = 2,89 \text{ m/s}$$

$$\mu = 0,0005 \text{ lb/ft s}$$

$$N_{Re} = 179669 \text{ (} N_{Re} > 2100 \text{ jadi aliran Turbulen)}$$

Neraca Tenaga

Tenaga mekanik teoritik dihitung dengan pers Bernauli

$$\frac{\Delta v^2}{2 \cdot g_c} + \frac{\Delta z \cdot g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F = -W_f \quad (\text{Peters, hal 486})$$

Dimana :

Dv = beda kecepatan linier fluida

a = faktor koreksi terhadap tenaga kinetis s<sup>2</sup>/lb

gc = faktor koreksi – 32174 lb ft/ lbf s<sup>2</sup>

Dz = beda elevasi

g = konstanta gravitasi m/s<sup>2</sup>

p = densitas fluida lb/cuft

SF = total friksi pada sistem pemipaan

-Wf = Total head

Menghitung velocity head

Velocity head = v<sup>2</sup> / 2 gc , dimana

g = 9,8 m/s

v = 2,89 m/s

maka velocity head = 0,43 m = 1,39 ft

Menghitung static head

$$\text{Static head} = \frac{\Delta z \cdot g}{g_c}$$

Tinggi cairan dalam shell = 1 m = 3,2808 ft

Tinggi silo = 25,11 ft

Delta z = 21,83 ft = 6,65 m

Menghitung pressure head

Tekanan luar 1 atm

Tekanan dalam silo 1 atm

Pressure head = delta P / p = 0

Menghitung friction head

NRe = 17996,24

ID = 0,975 in, diperoleh :

Relative Roughness  $\epsilon/D = 0,002$  (Grafik 126 Brown halaman 141)

$f = 0,0008$  (Grafik 125 Brown halaman 140)

| Komponen   |                         | Jumlah | Le/D    |         | L atau Le |
|------------|-------------------------|--------|---------|---------|-----------|
|            |                         |        | ft      | m       | m         |
| Pipa Lurus | Horizontal              | 3.0000 | 18.3727 | 5.6000  | 16.8000   |
|            | Vertikal                | 3.0000 | 18.3727 | 5.6000  | 16.8000   |
| Fitting    | Standar Elbow 90°       | 4.0000 | 41.01   | 12.5000 | 50.0000   |
|            | Check Valve             | 1.0000 | 49.21   | 15.0000 | 15.0000   |
|            | Gate Valve (fully open) | 1.0000 | 1.20    | 1.2000  | 1.2000    |
| Total      |                         |        |         |         | 99.8000   |

Sumber : Coulson Richadson Halaman 203

Panjang ekuivalen pipa ( $L + Le$ ) = 99,8 m = 327,43 ft

$$\sum F = \frac{f * (L + Le) * V^2}{2 * g * ID} \quad \text{Dimana}$$

$f$  = faktor friksi = 0,0009

$V$  = kecepatan linier fluida = 9,48 ft/s

$Le$  = Panjang ekuivalen = 327,4278 ft

$gc$  = faktor konversi = 32174 lb ft / lbf s<sup>2</sup>

$D$  = diameter dalam pipa = 0,0798 ft

$$\begin{aligned} \Sigma F &= 0,0049 \text{ ft lbf / lbm} \\ &= 0,0015 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung total head

$$(-Ws) = \frac{\Delta P}{\rho * g} + \Delta z + \frac{\Delta V^2}{2 * g} + \sum F$$

$$-Ws = 7,08 \text{ m} = 23,23 \text{ ft}$$

$$Q = 4,82 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Total head = 7,08 m = 279 in (Grafik 5.6 Coulson Hal199)

Diperoleh jenis pompa : Centrifugal single stage 3500 rpm

Menghitung Pompa Teoritis

Tenaga pompa dapat dicari dengan persamaan

$$\text{BHP teoritis} = \frac{Q \cdot -W_f \cdot \rho}{550}$$

Diketahui :

$$Q = 0,0473 \text{ cuft/s}$$

$$-W_f = 22,2351 \text{ ft}$$

$$\rho = 88,89 \text{ lb/cuft}$$

sehingga

$$\text{BHP Teoritis} = 0,1775 \text{ HP}$$

Menghitung tenaga pompa actual

$$\text{BHP teoritis} = 0,1775 \text{ HP}$$

$$\text{Kapasitas pompa} = 21,2041 \text{ gpm}$$

Efisiensi centrifugal pump 0,2 (Grafik 12-17 Peters hal 516)

$$\text{BHP actual} = \text{BHP teoritis} / \text{efisiensi} = 0,1775 / 0,2 = 0,8877 \text{ HP}$$

Menghitung Power Motor

$$\text{BHP actual} 0,8877 \text{ HP}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 80\%$$

$$\text{Power motor} = \text{BHP pompa} / \text{efisiensi motor}$$

$$\text{Power motor} = 1,11 \text{ HP} = 327 \text{ watt}$$

$$\text{Standar NEMA} = 2 \text{ HP}$$

Menghitung Specific Pump Speed

$$N_s = \frac{N * Q^{0.5}}{(h)^{0.75}} \quad (\text{Pers 5.1 Coulson})$$

$$N = 3500 \text{ rpm} \quad (\text{Grafik 5.6 Coulson hal 200})$$

$$Q = 10,9494 \text{ gpm}$$

$$h = 23,2351 \text{ ft}$$

$$N_s = 1522,89 \text{ rpm}$$

Menurut Coulson and Richardson impeller pompa dapat dipilih berdasarkan Specific Speednya jika :

1.  $N_s = 400 - 1000$ , dipilih Radial Flow Impellers

2.  $N_s = 1000 - 7000$  dipilih Mixed Flow Impellers
3.  $N_s > 7000$  dipilih Axial Flow Impellers

Sehingga untuk pompa dengan  $N_s = 1199,6912$  rpm digunakan pompa jenis Mixed flow impellers.

Spesifikasi Pompa

Jenis : Centrifugal Single Stage 3500 rpm  
 Impeller : Mixed flow impellers  
 Driver : Motor electric  $\frac{3}{4}$  HP

29. Pompa-02

Kode : L-213  
 Fungsi : memompa larutan bahan baku  $HNO_3$  dari heat exchanger  
 Jenis : *Centrifugal single stage*  
 Jenis *Impeller* : *Mixed Flow Impellers*  
 Bahan konstruksi : *Stainless Steel 304*  
 Total *head* : 9,25 m  
 BHP *actual* : 0.2416 Hp  
 Kapasitas pompa : 21.2041 gpm  
*Specific speed* : 4.100 rpm  
 Power motor : 1/2 Hp  
 Jumlah : 1

30. Pompa-03

Kode : L- 214  
 Fungsi : Memompa larutan bahan baku NaCl dari mixer ke heat exchanger  
 Jenis : *Centrifugal single stage*  
 Jenis *Impeller* : *Mixed Flow Impellers*  
 Bahan konstruksi : *Stainless Steel 304*  
 Total *head* : 6,5 m  
 BHP *actual* : 0.2788 Hp  
 Kapasitas pompa : 26.3549 gpm  
*Specific speed* : 5200 rpm



---

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Power motor           | : 1/2 Hp  |
| Jumlah                | : 1   |
| 31. Pompa-04          |   |
| Kode                  | : L-221   |
| Fungsi                | : Memompa larutan dari reaktor 1 ke reaktor 2     |
| Jenis                 | : <i>Centrifugal single stage</i>                 |
| Jenis <i>Impeller</i> | : <i>Mixed Flow Impellers</i>                     |
| Bahan konstruksi      | : <i>Stainless Steel 304</i>                      |
| Total <i>head</i>     | : 6.95 m  |
| BHP <i>actual</i>     | : 1.7068 Hp                                       |
| Kapasitas pompa       | : 50.9006 gpm                                     |
| <i>Specific speed</i> | : 2000 rpm  |
| Power motor           | : 2,5 Hp  |
| Jumlah                | : 1   |
| 32. Pompa-05          |   |
| Kode                  | : L-311   |
| Fungsi                | : memompa larutan hasil reaktor 2 ke evaporator 1 |
| Jenis                 | : <i>Centrifugal single stage</i>                 |
| Jenis <i>Impeller</i> | : <i>Mixed Flow Impellers</i>                     |
| Bahan konstruksi      | : <i>Stainless Steel 304</i>                      |
| Total <i>head</i>     | : 6.94 m  |
| BHP <i>actual</i>     | : 1.6848 Hp                                       |
| Kapasitas pompa       | : 34.7017 gpm                                     |
| <i>Specific speed</i> | : 2000 rpm  |
| Power motor           | : 2 Hp  |
| Jumlah                | : 1   |
| 33. Pompa-06          |   |
| Kode                  | : L-321   |
| Fungsi                | : Memompa larutan hasil evaporator 1 ke cooler 1  |
| Jenis                 | : <i>Centrifugal single stage</i>                 |

---

---

|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| Jenis <i>Impeller</i> | : <i>Mixed Flow Impellers</i> |
| Bahan konstruksi      | : <i>Stainless Stell 304</i>  |
| Total <i>head</i>     | : 1.71 m                      |
| BHP <i>actual</i>     | : 0.3364 Hp                   |
| Kapasitas pompa       | : 25.9690 gpm                 |
| <i>Specific speed</i> | : 5.000 rpm                   |
| Power motor           | : 1/2 Hp                      |
| Jumlah                | : 1                           |

#### 34. Pompa-07

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Kode                  | : L-124                                       |
| Fungsi                | : Memompa larutan hasil centrifuge 1 ke mixer |
| Jenis                 | : <i>Centrifugal single stage</i>             |
| Jenis <i>Impeller</i> | : <i>Mixed Flow Impellers</i>                 |
| Bahan konstruksi      | : <i>Stainless Stell 304</i>                  |
| Total <i>head</i>     | : 4,5 m                                       |
| BHP <i>actual</i>     | : 0.1404 Hp                                   |
| Kapasitas pompa       | : 16.4415 gpm                                 |
| <i>Specific speed</i> | : 4300 rpm                                    |
| Power motor           | : ½ Hp  |
| Jumlah                | : 1   |

#### 35. Pompa-08

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Kode                  | : L-621  |
| Fungsi                | : Memompa larutan hasil distilasi ke tangki Hno3 |
| Jenis                 | : <i>Centrifugal single stage</i>                |
| Jenis <i>Impeller</i> | : <i>Mixed Flow Impellers</i>                    |
| Bahan konstruksi      | : <i>Stainless Stell 304</i>                     |
| Total <i>head</i>     | : 1.43 m   |
| BHP <i>actual</i>     | : 0.005 Hp                                       |
| Kapasitas pompa       | : 0.4933 gpm                                     |

---

*Specific speed* : 772 rpm  
Power motor : ½ Hp  
Jumlah : 1

## BAB VI

### UTILITAS

#### Unit Penyediaan dan Pengolahan air

- A. Air untuk keperluan umum jumlah total 1356 kg/jam
- B. Air proses total 4109,4807 kg/jam dan make up 447,1880 kg/jam
- C. Air untuk boiler total 189,59 kg/jam dan make up 17,06 kg/jam
- D. Air untuk cooling tower 6975,9854 kg/jam dan make up 697,60 kg/jam
- E. Air untuk refrigerant 2778,13 kg/jam dan make up 277,18 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 Branam, 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

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

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

$n = 1,4$

$T_1 = 303 \text{ K}$

$P_2/P_1 = 1,3$

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

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 =  $(1372,6715/3600) \times 2,3 = 0,8869 \text{ kW}$

#### 2. Refrigerant

Massa air pendingin 2778,13 kg/jam

$Q = 210226,3737$  kJ/jam

Digunakan Pendingin air adalah Freon R 32 (Panasonic) → Aman dilingkungan

Pendingin Freon pada suhu  $-29,8^{\circ}\text{C}$

$Q = 210226,3737$  kJ/jam

Dari [www.EngineeringToolBox.com](http://www.EngineeringToolBox.com) diperoleh latent heat pada  $-29,8^{\circ}\text{C}$  adalah 2501 kJ/kg

Kebutuhan pendingin Freon

$$\text{Kebutuhan pendingin}(m) = \frac{Q}{\lambda} = 210226,3737 / 2501 = 84,0569 \text{ kg/jam}$$

Kompresor

Uap jenuh (A)

$T_a = -29,8^{\circ}\text{C}$  dari [www.EngineeringToolBox.com](http://www.EngineeringToolBox.com) didapat :

$P_a = 1$  atm

$H_a = 174,29$  kJ/kg

$S_a = 0,7168$  kJ/kgK

Uap (B)

$P_b = 3,578$  atm dari [www.EngineeringToolBox.com](http://www.EngineeringToolBox.com) didapat :

$T_b = 9^{\circ}\text{C}$

$H_b = 148,97$  kJ/kg

$S_b = 0,6942$  kJ/kgK

Tenaga yang dibutuhkan (-Ws) :

$$(-W_s) = H_b - H_a = 148,97 - 174,29 = 25,32 \text{ BTU/jam}$$

Jumlah Freon = 117,6508 lbm/jam

$$\text{Maka tenaga dibutuhkan} = (-W_s) \times m = 25,32 \times 117,6508 = 2978,9183 \text{ BTU/jam}$$

Tenaga = 0,8730 kW

Katub Expansi

Cair jenuh ( C )

$P_c = 3,578$  atm

Dari [www.EngineeringToolBox.com](http://www.EngineeringToolBox.com) :

$T_c = 9^{\circ}\text{C}$

$H_c = 8,98$  kJ/kg

Cair-uap (D)

$P_d = 1$  atm

Dari [www.EngineeringToolBox.com](http://www.EngineeringToolBox.com)

$T_d = -29,8^{\circ}\text{C}$

$H_d = H_c = 8,98$  kJ/kg

Mencari jumlah cairan yang menjadi uap

Karena titik B merupakan campuran cair dan uap maka :

$H_{\text{tetap}} = H_d = H_c$

$H_d = x H_u - (1-x) \times H_c$  dimana

$H_c =$  entalpi pada cair jenuh = 8,98 BTU/lbm

$H_u$  = Entalpi pada uap jenuh = 174,29 BTU/lbm

$X$  = fraksi uap yang terbentuk

$X$  = 52,5966 lbm uap/lbm cair

Kondensor

$P_b = P_c = 3,578$  psia

$Q = H_c - H_b = 8,98 - 148,97 = -139,99$  BTU/lbm

Coefecirmt of performance (Ratio refrigerasi)

Siklus uap dengan katup ekspansi

$$CPO = \frac{(H_A - H_{D'})}{(H_B - H_A)} = 6,5288 \text{ dimana } H_{D'} = H_c$$

### 3. Alat yang digunakan

#### 3.1 Cooling Tower

Fungsi : Tempat mendinginkan air pendingin dan mensirkulasikan kembali

Suhu air masuk cooling :  $60^\circ\text{C} = 122^\circ\text{F}$

Suhu air keluar cooling :  $27^\circ\text{C} = 82,4^\circ\text{F}$

Kecepatan pemasukan :  $6975,9850$  kg/jam = 30,7140 gpm

Digunakan udara sebagai medium pendingin dengan RH = 70%

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

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

Tabel 17.2 Kern hal 585 diperoleh humidity udara  $28^\circ\text{C} = 0,0262$  lb air/lb udara kering

Maka setiap lb udara kering membawa 0,0262 lb air

Kehilangan air akibat penguapan ( $W_e$ )

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

$W_c = 6975,9850$  kg/jam

$W_e = 136,3805$  kg/jam = 300,6672 lb/jam

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

Udara yang dipindahkan =  $136,3805 / 0,0262 = 11475,8477$  lb udara kering / jam

Kecepatan air 5 gpm

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

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

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

laju alir massa = 115,0549 kg/menit

$Q_t = 116,2664 / 28,2356 = 4,1178$  cuft/menit = 30,48 gpm

Cooling tower area = debit air yang diinginkan / kecepatan air =  $30,8 / 5 = 6,16$  ft

Over design 20%

Luas cooling area = 29,22 ft = 9,13 m

Tinggi = akar dari luas 5,13 m

Maka tower rancangan berbentuk persegi

Kebutuhan make up air cooling tower

$$W_m = W_e + W_d + W_b \text{ (Perry 12-9)}$$

$$W_b = W_e / (s-1) \text{ (Perry 12-12)}$$

$$W_d = 0,0002 W_e \text{ (Perry 12-17)}$$

Dimana

$W_m$  = jumlah make up water

$W_e$  = air hilang karena penguapan

$W_d$  = air hilang karena dikeluarkan

$W_b$  = air hilang untuk blowdown

$s$  = cycle of cooling tower = 5

$$W_b = W_e / (s-1) = 300,67 / (5 - 1) = 75,16 \text{ lb/jam}$$

$$W_d = 0,0002 \times 75,16 = 0,015 \text{ lb/jam}$$

Jadi,

$$W_m = W_e + W_d + W_b = 300,67 + 0,015 + 75,16 = 170,48 \text{ lb/jam} = 4091,58 \text{ kg/hari}$$

Daya penggerak fan cooling tower

Performance cooling tower 90%

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

$$\text{Tenaga yang dibutuhkan (BHP)} = \text{luas tower} \times \text{daya penggerak fan} = 0,88 \text{ HP}$$

Efisiensi motor 80%

$$\text{Power motor} = \text{BHP} = 1,095 \text{ HP}$$

Digunakan 1 fan dengan motor 1 1/4 HP

### 3.2 Bak Refrigerator

Densitas :  $1000 \text{ kg/m}^3$

Pemasukan air :  $2778,13 \text{ kg/jam}$

Waktu tinggal : 1 jam

Overdesign 20%

Bentuk bak persegi panjang

$$\text{Volume bak} = 1,2 \times 1 \text{ jam} \times 2778,13 \text{ m}^2/\text{jam} = 9,21 \text{ m}^3$$

Dimensi bak dirancang

$$P = 2,96 \text{ m}$$

$$L = 1,05 \text{ m}$$

$$T = 4,19 \text{ m}$$

### 3.3 Bak Penampung sementara (BU 01)

Tugas : menampung air dan selanjutnya didistribusikan ke semua pengolahan air

Kapasitas  $20218,61 \text{ kg/jam}$

Dirancang overdesign 20% dan waktu tinggal dalam tangki 1 jam

$$\text{Volume tangki} = 20218 \times 1,2 / 1000 = 24,26 \text{ m}^3$$

$$\text{Diameter} = \text{Tinggi} = 3,14 \text{ m}$$

Bahan digunakan adalah beton

### 3.4 Demineralizer

Cation Exchanger

Bahan : Stainless stell 304

Tugas : Menurunkan kesadahan air umpan boiler

Resin : Natural Greensadn Zeolit

Kapasitas

Jumlah air diolah (W) : 4299,07 kg/jam

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

Overdesign : 20%

Kapasitas : 18,93 gpm

Air yang masuk ke dalam *kation exchanger* mengandung :

|                                     |                 |              |
|-------------------------------------|-----------------|--------------|
| Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> | = 0,7995        | meq/L        |
| Fe <sup>2+</sup>                    | = 0,3560        | meq/L        |
| Mn <sup>2+</sup>                    | = 0,0182        | meq/L        |
| <b>Total</b>                        | <b>= 1,1737</b> | <b>meq/L</b> |

Volume resin

$$= \frac{\text{Kation yang diserap}}{\text{Kapasitas penyerapan}}$$

$$= \frac{851,38 \text{ eq}}{0,18 \text{ eq/L}}$$

$$= 4729,86 \text{ L}$$

$$= 167,03 \text{ ft}^3$$

Kebutuhan HCl untuk regenerasi diambil 110% g HCl/L resin

HCl yang dibutuhkan

$$= 1,1 \text{ g HCl/L resin} \quad \times \quad \text{Volume resin}$$

$$= 1,1 \text{ g HCl/L resin} \quad \times \quad 4729,86$$

$$= 5202,85 \text{ g HCl}$$

Volume HCl 37% yang dibutuhkan

$$= \frac{5202,85 \text{ G}}{1,18 \text{ g/cm}^3}$$



---


$$= 4409,195 \text{ cm}^3$$

$$= 4,4092 \text{ L}$$

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

$$167,03 = 0,785 D^3$$

$$D^3 = 212,78 \text{ ft}$$

$$D = 5,97 \text{ ft}$$

$$\text{h bed} = D = 5,97 \text{ ft}$$

|                  |   |          |                 |          |
|------------------|---|----------|-----------------|----------|
| Kapasitas        | = | 18,93    | gpm             |          |
| Volume bed resin | = | 167,03   | ft <sup>3</sup> |          |
| Tinggi bed resin | = | 10,42    | Ft              |          |
| Dimensi Tangki   | = | Diameter | =               | 10,42 ft |
|                  |   | Tinggi   | =               | 14,66 ft |
| Kebutuhan HCl    | = | 4,41     | L               |          |
| Jumlah           | = | 1        | Buah            |          |

---

### Anion Exchanger

Tugas : Menghilangkan anion dari air keluaran kation exchanger

Resin : Synthetix resin anion exchanger

Kapasitas :  $W = 4299,07 \text{ kg/jam}$

$p = 997 \text{ kg/m}^2$

Overdesign: 20%

Kapasitas : 18,93 gpm

Air yang masuk ke dalam *anion exchanger* mengandung:

|                    |   |       |      |   |        |       |
|--------------------|---|-------|------|---|--------|-------|
| $\text{SO}_4^{2-}$ | = | 200   | mg/L | = | 0,4167 | meq/L |
| $\text{NO}^-$      | = | 10    | mg/L | = | 0,3333 | meq/L |
| $\text{F}^-$       | = | 1,5   | mg/L | = | 0,077  | meq/L |
|                    |   | Total |      | = | 0,827  | meq/L |

*Anion exchanger* beroperasi selama 24 jam/hari

Wakturegenerasi = 8 Jam

$$\begin{aligned} \text{Volume resin} &= \frac{\text{Anion yang diserap}}{\text{Kapasitas penyerapan}} \\ &= \frac{599,89 \text{ Eq}}{0,97 \text{ eq/L}} \\ &= 618,44 \text{ L} \\ &= 21,84 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Regenerasi resin = 70 g NaOH/L resin

Kebutuhan NaOH untuk regenerasi:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan NaOH} &= \text{Regenerasi resin} \times \text{Volume resin} \\ &= 70 \text{ g NaOH/L} \times 618,44 \\ &= 43290,83 \text{ g NaOH} \\ &= 43,2908 \text{ kg NaOH} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume resin} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ 21,84 &= 0,785 \times D^3 \\ D^3 &= 27,83 \text{ ft}^3 \\ D &= 3,03 \text{ ft} \end{aligned}$$

---

|                 |   |      |    |
|-----------------|---|------|----|
| H bed           | = | D    |    |
|                 | = | 3,03 | ft |
| Tinggi silinder | = | h    |    |
|                 | = | bed  |    |
|                 | = | 3,03 | ft |

#### Karakteristik synthertic resin anion exchanger

|                  |   |       |                 |                                      |
|------------------|---|-------|-----------------|--------------------------------------|
| Volume bed resin | = | 21,84 | ft <sup>3</sup> |                                      |
| Tinggi bed resin | = | 5,46  | ft              | 2,608702 m                           |
| Diameter         | = | 5,46  | ft              | 2,608702 m                           |
| Tinggi           | = | 7,72  | ft              | 2,340323 m                           |
| Kebutuhan NaOH   | = | 43,29 | kg              | untuk setiap 8 jam regenerasi/minggu |
| Jumlah           | = | 1     | buah            |                                      |

---

### 3.5 Tangki Air Demin (TU-05)

Bahan : Carbon steel  
 Tugas : Menampung sementara air make up boiler dan ion exchanger  
 Kecepatan volumetric :  $5,03 \text{ m}^3/\text{jam}$   
 Waktu tinggal : 6 jam (Perry 1997)  
 Volume terisi : 80%  
 Volume bak :  $F_v \times t / 80\% = 37,73 \text{ m}^3$   
 Diambil H/D = 1,5  
 Diameter tangki =  $(37,73 \times 4 / 1,5 / 3,14)^{(1/3)}$   
 $= 3,2 \text{ ,m}$   
 Tinggi tangki =  $3,2 \times 1,5 = 4,8 \text{ m}$

### 3.6 Daerator

Bahan : Stainless stell 304  
 Tugas : Melepaskan gas – gas yang terlarut dalam air seperti  $\text{O}_2$  dan  $\text{CO}_2$   
 Jenis : Silinder tegak dengan bahan isian  
 Perancangan  
 Bahan isian : Raschig ring ceramic  
 Dp : 1 in = 25,4 mm  
 Packing faktor : 160 (tabel 11.2 Coulson,1983)  
 Kecepatan air :  $206,65 \text{ kg/jam} = 11,5 \text{ kmol/jam}$   
 Kecepatan steam:  $6500 \text{ kg/jam} = 361,1 \text{ kmol/jam}$   
 Massa jenis air:  $997 \text{ kg/m}^3$   
 Massa jenis steam :  $955,7704 \text{ kg/m}^3$   
 Viskositas air :  $1 \text{ cP} = 0,001 \text{ Ns/m}^2$   
 $FL_v = L / v (MJ_v / MJ_1)^{0,5}$   
 $FL_v = 10,1 / 55,6 (955,7704 / 977)^{0,5}$   
 $FL_v = 0,03$   
 Dari fig 11.44 Coulson dengan dP/m diambil 8 mm air/m  
 Didapat  $K_4 = 0,3$

$$V_w' = ((K4 \times MJ_v \times (MJ_1 - MJ_v) / (42,9 \times F_p \times (vis_1 / MJ_1)^{0,1}))^{0,5}$$

$$V_w' = ((0,08 \times 955,7704 \times (997 - 955,7704) / (42,9 \times 160 \times (0,001/997)^{0,1}))^{0,5}$$

$$V_w' = 3,22 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

$$\text{Luas penampang} = 6500 / (3,219 \times 3600) = 0,56 \text{ m}^2$$

$$\text{Diameter bed} = (4 \times 0,56 / 3,14)^{0,5} = 0,85 \text{ m}$$

$$\text{Dipakai } D = 0,9 \text{ m}$$

Untuk diameter packing 1 in tinggi bed diperkirakan 0,4 – 0,5 m (Coulson, 1983)

$$H_o \text{ (tinggi bed)} = 0,5 \text{ m}$$

$$H_1 \text{ tinggi ruang diatas bed} = H_o/2 = 0,25 \text{ m}$$

$$H_2 \text{ (tinggi ruang dibawah bed)} = H_o = 0,5 \text{ m}$$

$$H_s = H_o + H_1 + H_2 = 1,25 \text{ m}$$

Digunakan elliptical dished head dengan  $a/b = 2$

$$H_h = D/4 = 0,22 \text{ m}$$

$$H_{\text{total}} = H_s + 2 H_h = 1,7 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 3,14 \times (0,9/2)^{0,5} \times 1,7$$

$$\text{Volume} = 1,08 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume} = 285,59 \text{ gallon}$$

### 3.7 Boiler

Tugas : menyediakan steam jenuh untuk memenuhi kebutuhan steam

Jenis : Water tube boiler

Jumlah steam : 189,59 kg/jam = 418,06 lb/jam

Dari steam table

$$P = 14,5 \text{ psi}$$

$T = 314,6 \text{ }^\circ\text{F}$  (suhu dipakai  $150^\circ \text{C}$ , tetapi dibuat  $157^\circ\text{C}$  asumsi hilang  $7^\circ\text{C}$  saat berjalan ke proses)

$$H_g = 1167,3 \text{ BTU/lb}$$

$$H_f = 228,65 \text{ BTU/lb}$$

$$H_{fg} = 938,6 \text{ BTU/lb}$$

Efisiensi boiler 85%

Air umpan =  $189,59 \text{ kg/jam} / 85\% = 223,0 \text{ kg/jam}$

Suhu air umpan  $T_1 = 80,6 \text{ }^\circ\text{F} = 27 \text{ }^\circ\text{C}$

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

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

Beban boiler =  $195,4 \times 1 \times (157 - 24) + 392 \times (1167,3 - 228,65)$

Beban boiler =  $1021631 \text{ kJ/jam}$

Digunakan bahan bakar fuel oil (solar) dengan spesifikasi

Normal heating value (F) =  $45600 \text{ kJ/kg}$  (<http://indonesia-property.com>)

Densitas  $0,85 \text{ kg/L}$

Efisiensi  $80\%$

Kebutuhan solar =  $Q / (F \times p) = 1021631 / 30862,08 = 33,10 \text{ L/jam}$

Kebutuhan solar =  $794,47 \text{ L/hari}$

### 3.8 Tangki Larutan $\text{N}_2\text{H}_2$

Tugas : membuat larutan  $\text{N}_2\text{H}_2$  yang mencegah pembentukan kerak dalam proses

Air yang diolah sebanyak  $206,65 \text{ kg/jam} = 0,21 \text{ m}^3/\text{jam} = 54,59 \text{ gallon/jam}$

Kebutuhan  $\text{N}_2\text{H}_2 = 30 \text{ ppm}$

$$= ((30/1000000) \times 206,65) = 0,0062 \text{ kg/jam} = 0,3280 \text{ lb/hari}$$

$p \text{ N}_2\text{H}_2 = 1 \text{ lb/cuft}$

Volume  $\text{N}_2\text{H}_2 = 0,33 / 63,74 = 0,0052 \text{ cuft/hari}$

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

Overdesign  $20\%$

Dibuat larutan  $\text{N}_2\text{H}_2 5 \%$

Volume larutan =  $(100/5) \times 0,005146 \times 720 = 3,09 \text{ cuft} = 0,0874 \text{ m}^3$

Volume tangki =  $0,10 \text{ m}^3$

Bentuk tangki = silinder tegak

Ukuran tangki =  $H/D = 1$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}} = 0,51 \text{ m}, \text{ jadi } H = D = 0,51 \text{ m}$$

Digunakan motor listrik 0,5 HP dengan putaran pengadukan 20 rpm

Spesifikasi :

Jenis

Volume : 0,10 m<sup>3</sup>

Diameter : 0,51 m

Tinggi : 0,51 m

Jenis pengaduk : marine propeller 3 blade

Bahan : Stainless stell

### 3.9 Tangki Karbon Aktif

Fungsi : Membersihkan air dari bau dan rasa yang kurang sedap

Bahan : Carbon steel

Air diolah sebanyak : 956 kg/jam = 181844,5075 gallon/bulan

Kebutuhan karbon aktif : 6 lb/ 100000 gallon

Kebutuhan karbon aktif = 6 x 181844,5075 / 100000 = 3,6 lb/bulan

p karbon aktif = 27 lb/cuft

Volume = 10,2716 / 27 x 1 bulan = 0,4041 cuft

Overdesign 20% maka V = 0,4849 cuft

Bentuk tangki H/D = 2

$V = (\pi/4) \times D \times D \times (2 \times D)$

$D = (2 \times V / \pi)^{(1/3)}$

D = 0,6760 ft = 0,2060 m

H = 0,4121 m = 1,3519 ft

### 3.10 Tangki kaporit

Tugas : Menyiapkan dan menyimpan larutan kaporit 5% untuk persediaan 1 minggu

Jumlah air yang diolah = 956 kg/jam

Kebutuhan kaporit = 5 ppm

Kebutuhan kaporit = (5/1000000) x 956 = 0,0048 kg/jam

Kebutuhan larutan kaporit 5% = (100/5) x 0,0048 = 0,0956 kg/jam

Densitas larutan dianggap 997 kg/m<sup>3</sup>

Keperluan 1 bulan :

$$\text{Volume cairan} = 30 \times 24 \times (0,0956/997) = 0,069 \text{ m}^3$$

$$\text{Overdesign 20\% maka} = 0,0828 \text{ m}^3$$

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

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

$$D = 0,1796 \text{ m}$$

$$H = 0,3592 \text{ m}$$

Bahan = Fyber

### 3.11 Tangki Air Sanitasi

Fungsi : menampung air bersih untuk perkantoran sehari - hari

Bahan : Fyber

Air ditampung : 956kg/ jam = 0,956 m<sup>3</sup> / jam

Kapasitas 7 hari kedepan:

Overdesign 20%

Bentuk : silinder vertical

$$\text{Volume} : 22,6 \times 7 \times 1,2 = 192,7296 \text{ m}^3$$

$$D/H = 2$$

$$H = (2 \times V / \pi)^{(1/3)}$$

$$H = 4,9699 \text{ m}$$

$$D = 9,9398 \text{ m}$$

### 1.12 Tangki Larutan HCl

Tugas : Membuat HCl 37% untuk regenerasi kation exchanger

Volume : 4,41 L/minggu

Diameter : 4,25 m

Tinggi : 1,76 m

Jenis : Silinder tegak

Tenaga pengaduk : 0,5 HP

Jenis pengaduk : *Marine propeler 3 blade*

Bahan : *Stainless stell SA 167 type 304*



---

### 1.13 Tangki Larutan NaOH

|                 |   |
|-----------------|---|
| Tugas           | : Membuat NaOH untuk regenerasi anion exchanger |
| Volume          | : 43,29 kg/jam                                  |
| Diameter        | : 2,63 m  |
| Tinggi          | : 2,63 m  |
| Jenis           | : Silinder tegak                                |
| Tenaga pengaduk | : 0,5 HP  |
| Jenis pengaduk  | : <i>Marine propeler 3 blade</i>                |
| Bahan           | : <i>Stainless stell SA 167 type 304</i>        |

### 1.14 Tangki Air Pendingin 1 Refrigerant

|  |  |
|--|--|
| Tugas  | : Menampung air make up dan air pendingin yang telah digunakan |
| Jenis  | : tangki silinder tegak  |
| Jumlah air   | : 2778,13 kg/jam = 2,7781 m <sup>3</sup> /jam                  |
| Overdesign 10% waktu tinggal 1 jam                   |  |
| V tangki   | : 2,7781 x 1,1 x 1 = 3,0559 m <sup>3</sup>                     |
| Dimensi tangki: $D = H = (4 \times V / \pi)^{(1/3)}$ | = 1,5731 m   |
| Bahan  | : Carbon Steel   |

### 1.15 Tangki Air Pendingin 2 Refrigerant

|  |   |
|--|---|
| Tugas  | : Menampung air pendingin yang siap digunakan |
| Jenis  | : tangki silinder tegak                       |
| Jumlah air   | : 2778,13 kg/jam = 2,7781 m <sup>3</sup> /jam |
| Overdesign 10% waktu tinggal 1 jam                   |   |
| V tangki   | : 2,7781 x 1,1 x 1 = 3,0559 m <sup>3</sup>    |
| Dimensi tangki: $D = H = (4 \times V / \pi)^{(1/3)}$ | = 1,5731 m                                    |
| Bahan  | : Carbon Steel                                |

### 1.16 Pompa 1

Fungsi : memompa air dari B-01 ke TU-01

Kondisi air suhu 28°C , didapatkan :

$$\rho = 1022,8753 \text{ kg/m}^3 = 63,8639 \text{ lb/cuft}$$

$$\mu \text{ campuran} = 0,8150 \text{ cp} = 0,0005 \text{ lb/ft s}$$

Menentukan kapasitas pompa

$$Q_f = \frac{\text{Kapasitas}}{\rho} = 16,1172 \text{ m}^3 / \text{jam} = 0,1581 \text{ cuft /sekon} = 70,9156 \text{ gpm}$$

Diambil overdesign 20%

Faktor keamanan = 20%

$$\text{Sehingga kapasitas pompa} = Q = 0,2213 \text{ cuft/s} = 82,7198 \text{ gpm}$$

Menghitung diameter optimum pipa aliran turbulen  $N_{re} > 2100$

$$D_{opt} = 3,0 Q^{0,36} \mu^{0,18} \quad (\text{Walas, 1988}) = 0,9230 \text{ in}$$

Digunakan pipa standart (Tabel 11 hal 844)

D nominal : 1 in

ID : 7,98 in

OD : 8,63 in

Sch : 40

$$\text{Flow area perpipa (A)} : 0,718 \text{ in}^2 = 0,005 \text{ ft}^2$$

Menghitung kecepatan linier fluida (v)

$$V = Q / A \text{ dengan :}$$

Q = Laju alir volumetric (cuft/s)

A = luas penampang (ft<sup>2</sup>)

$$v = 0,4553 \text{ ft/s} = 0,1388 \text{ m/s}$$

Menghitung bilangan Reynold

$$N_{Re} = D \times v \times \rho / \mu \text{ , dengan}$$

$\rho$  = densitas cairan = 63,8539 lb/cuft

$$D = 0,11 \text{ ft}$$

$$V = 1,4355 \text{ ft/s}$$

$$\text{Miu} = 0,0006 \text{ lb/ft s}$$

$$\text{NRe} = 18383,2580 \text{ (NRe} > 2100 \text{ jadi aliran Turbulen)}$$

Neraca Tenaga

Tenaga mekanik teoritik dihitung dengan pers Bernauli

$$\frac{\Delta v^2}{2 \cdot g_c} + \frac{\Delta z \cdot g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum .F = -W_f \quad (\text{Peters, hal 486})$$

Dimana :

Dv = beda kecepatan linier fluida

a = faktor koreksi terhadap tenaga kinetis  $\text{s}^2/\text{lb}$

$g_c$  = faktor koreksi =  $32174 \text{ lb ft/ lbf s}^2$

Dz = beda elevasi

g = konstanta gravitasi  $\text{m/s}^2$

p = densitas fluida  $\text{lb/cuft}$

SF = total friksi pada sistem pemipaan

-Wf = Total head

Menghitung velocity head

Velocity head =  $v^2 / 2 g_c$  , dimana

$$g = 9,8 \text{ m/s}$$

$$v = 0,4383 \text{ m/s}$$

$$\text{maka velocity head} = 0,0098 \text{ m} = 0,0321 \text{ ft}$$

Menghitung static head      $\text{Static head} = \frac{\Delta z g}{g_c}$

$$\text{Tinggi cairan dalam shell} = 1,4345 \text{ m} = 4,7064 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi pemasukan di T-01} = 1,3250 \text{ ft} = 0,4039 \text{ m}$$

$$\text{Delta z} = 3,3814 \text{ ft} = 1,0307 \text{ m}$$

Menghitung pressure head

Tekanan B-01 1 atm

Tekanan dalam T-01 1 atm

$$\text{Pressure head} = \text{delta P} / \rho = 0$$

Menghitung friction head

$$NRe = 18383,2580$$

ID = 1,32 in, diperoleh :

Relative Roughness  $\epsilon/D = 0,0014$  (Grafik 126 Brown halaman 141)

$f = 0,028$  (Grafik 125 Brown halaman 140)

| Komponen               | Jumlah | Le/D        |         | L atau Le<br>m |
|------------------------|--------|-------------|---------|----------------|
|                        |        | ft          | m       |                |
| <b>Pipa Lurus</b><br>: |        |             |         |                |
| <b>Horizontal</b>      | 3      | 18.3727     | 5.6     | 16.8           |
| <b>Vertikal</b>        | 3      | 18.3727     | 5.6000  | 16.8000        |
| <b>Elbow 90°</b>       | 4      | 41.01049869 | 12.5000 | 50.0000        |
| <b>Gate Valve</b>      | 1      | 49.21259843 | 15.0000 | 15.0000        |

Sumber : Coulson Richadson Halaman 203

Panjang ekuivalen pipa ( $L + Le$ ) = 98,6 m = 323,4908 ft

$$\sum F = \frac{f * (L + Le) * V^2}{2 * g * ID} \quad \text{Dimana}$$

$f$  = faktor friksi = 0,028

$V$  = kecepatan linier fluida = 1,4355 ft/s

$Le$  = Panjang ekuivalen = 323,4908 ft

$gc$  = faktor konversi = 32174 lb ft / lbf s<sup>2</sup>

$D$  = diameter dalam pipa = 0,0874 ft

$$\begin{aligned} \Sigma F &= 0,0033 \text{ ft lbf / lbm} \\ &= 0,0001 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung total head

$$(-Ws) = \frac{\Delta P}{\rho * g} + \Delta z + \frac{\Delta V^2}{2 * g} + \sum F$$

$$-Ws = 1,0415 \text{ m} = 3,4169 \text{ ft}$$

$$Q = 1,2668 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Total head = 1,0415 m (Grafik 5.6 Coulson Hal199)

Diperoleh jenis pompa : Centrifugal single stage 3500 rpm

Menghitung Pompa Teoritis

Tenaga pompa dapat dicari dengan persamaan

$$\text{BHP teoritis} = \frac{Q \cdot -W_f \cdot \rho}{550}$$

Diketahui :

$$Q = 0,0124 \text{ cuft/s}$$

$$-W_f = 3,4169 \text{ ft}$$

$$\rho = 63,8625 \text{ lb/cuft}$$

sehingga

$$\text{BHP Teoritis} = 0,0049 \text{ HP}$$

Menghitung tenaga pompa actual

$$\text{BHP teoritis} = 0,0049 \text{ HP}$$

$$\text{Kapasitas pompa} = 4,6443 \text{ gpm}$$

Efisiensi centrifugal pump 0,2 (Grafik 12-17 Peters hal 516)

$$\text{BHP actual} = \text{BHP teoritis} / \text{efisiensi} = 0,0049 / 0,2 = 0,0247 \text{ HP}$$

Menghitung Power Motor

$$\text{BHP actual} = 0,0247 \text{ HP}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 80\%$$

$$\text{Power motor} = \text{BHP pompa} / \text{efisiensi motor}$$

$$\text{Power motor} = 0,0308 \text{ HP} = 22,9793 \text{ watt}$$

$$\text{Standar NEMA} = 1/2 \text{ HP}$$

Menghitung Spesific Pump Speed

$$N_s = \frac{N * Q^{0.5}}{(h)^{0.75}} \text{ (Pers 5.1 Coulson)}$$

$$N = 3500 \text{ rpm (Grafik 5.6 Coulson hal 200)}$$

$$Q = 70,9156 \text{ gpm}$$

$$h = 1,9912 \text{ ft}$$

$$N_s = 3001,2483 \text{ rpm}$$

Menurut Coulson and Richardson impeller pompa dapat dipilih berdasarkan Spesific Speednya jika :

1.  $N_s = 400 - 1000$ , dipilih Radial Flow Impellers
2.  $N_s = 1000 - 7000$  dipilih Mixed Flow Impellers

---

### 3. $N_s > 7000$ dipilih Axial Flow Impellers

Sehingga untuk pompa dengan  $N_s = 1241,8161$  rpm digunakan pompa jenis Mixed flow impellers

#### Spesifikasi Pompa

Jenis : Centrifugal Single Stage 3500 rpm

Impeller : Mixed flow impellers

Driver : Motor electric 1 HP

#### 19 Pompa Utilitas 2

Kode : PU-02

Fungsi : Mengalirkan air dari TU-01 ke TU-02

Bahan : *Cast Iron*

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas :  $1,3085 \text{ m}^3/\text{jam}$

Power : 1 Hp

#### 6.8.20 Pompa Utilitas 3

Kode : PU-03

Fungsi : Mengalirkan air dari TU-02 ke kantor dan perumahan

Bahan : *Cast Iron*

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas :  $1,3085 \text{ m}^3/\text{jam}$

Power : 1 Hp

#### 6.8.21 Pompa Utilitas 4

Kode : PU-04

Fungsi : Mengalirkan air dari BU-01 ke TU-03

Bahan : *Cast Iron*

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas :  $4,2029 \text{ m}^3/\text{jam}$

---

Power : 1 Hp

#### 6.8.22 Pompa Utilitas 5

Kode : PU-05  
Fungsi : Mengalirkan air dari TU-03 ke TU-04  
Bahan : *Cast Iron*  
Jenis : *Centrifugal pump*  
Jumlah : 1 buah  
Kapasitas : 4,2029 m<sup>3</sup>/jam  
Power : 1 Hp

#### 6.8.23 Pompa Utilitas 6

Kode : PU-06  
Fungsi : Mengalirkan air dari BU-01 ke TU-05  
Bahan : *Cast Iron*  
Jenis : *Centrifugal pump*  
Jumlah : 1 buah  
Kapasitas : 6,8200 m<sup>3</sup>/jam  
Power : 2 Hp

#### 6.8.24 Pompa Utilitas 7

Kode : PU-07  
Fungsi : Mengalirkan air dari BU-01 ke TU-06  
Bahan : *Cast Iron*  
Jenis : *Centrifugal pump*  
Jumlah : 1 buah  
Kapasitas : 2,7160 m<sup>3</sup>/jam  
Power : 1 Hp

#### 6.8.25 Pompa Utilitas 8

Kode : PU-08  
Fungsi : Mengalirkan air pendingin dari CT ke tangki air pendingin

---

---

|           |                              |
|-----------|------------------------------|
| Bahan     | : <i>Cast Iron</i>           |
| Jenis     | : <i>Centrifugal pump</i>    |
| Jumlah    | : 1 buah                     |
| Kapasitas | : 6,8200 m <sup>3</sup> /jam |
| Power     | : 1 Hp                       |

#### 6.8.26 Pompa Utilitas 9

|           |  |
|-----------|--|
| Kode      | : PU-09  |
| Fungsi    | : Mengalirkan air dari refrignator ke tangki pendingin |
| Bahan     | : <i>Cast Iron</i>                                     |
| Jenis     | : <i>Centrifugal pump</i>                              |
| Jumlah    | : 1 buah   |
| Kapasitas | : 2,7160 m <sup>3</sup> /jam                           |
| Power     | : 1 Hp   |

#### 6.8.27 Pompa Utilitas 10

|           |   |
|-----------|---|
| Kode      | : PU-10                                   |
| Fungsi    | : Mengalirkan air dari TU-07 ke deaerator |
| Bahan     | : <i>Cast Iron</i>                        |
| Jenis     | : <i>Centrifugal pump</i>                 |
| Jumlah    | : 1 buah                                  |
| Kapasitas | : 0,1853 m <sup>3</sup> /jam              |
| Power     | : 1 Hp                                    |

#### 6.8.28 Pompa Utilitas 11

|           |   |
|-----------|---|
| Kode      | : PU-11                                   |
| Fungsi    | : Mengalirkan air dari daerator ke boiler |
| Bahan     | : <i>Cast Iron</i>                        |
| Jenis     | : <i>Centrifugal pump</i>                 |
| Jumlah    | : 1 buah                                  |
| Kapasitas | : 0,1853 m <sup>3</sup> /jam              |
| Power     | : 1 Hp                                    |

---



#### 6.8.29 Pompa Utilitas 12

|           |                                       |
|-----------|---------------------------------------|
| Kode      | : PU-12                               |
| Fungsi    | : Mengalirkan air dari TU-07 ke Mixer |
| Bahan     | : <i>Cast Iron</i>                    |
| Jenis     | : <i>Centrifugal pump</i>             |
| Jumlah    | : 1 buah                              |
| Kapasitas | : 4,0176 m <sup>3</sup> /jam          |
| Power     | : 1 Hp                                |

---

## BAB VIII

### 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 : 45.000 ton / tahun

Pabrik beroperasi : 330 hari kerja

Umur alat : 10 tahun

Nilai kurs 1 USD : 14018 per tanggal 12 Januari 2019 ( kursdollar.net )

Tahun evaluasi : 2019

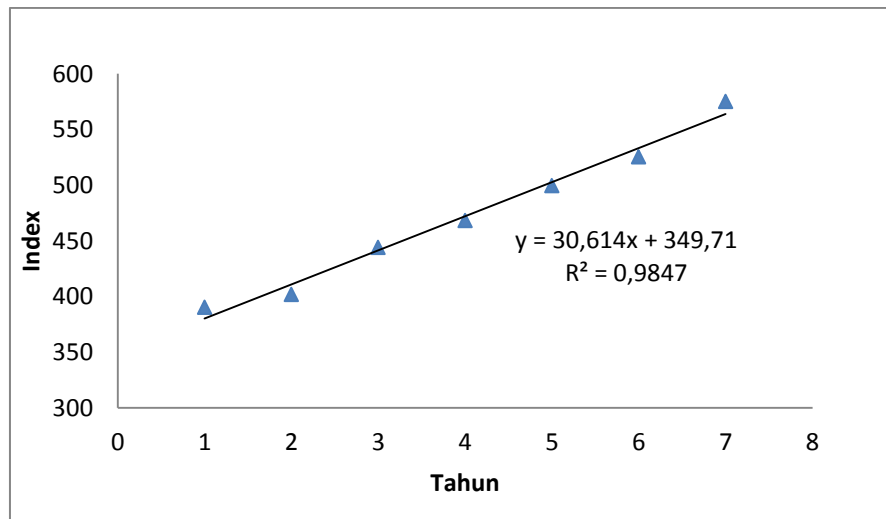
Harga alat pada tahun : 2014

Pabrik didirikan pada tahun 2022

Indeks dari Peters,2003

| Tahun ke | Tahun | Indeks |
|----------|-------|--------|
| 1        | 2002  | 390,40 |
| 2        | 2003  | 402,00 |
| 3        | 2004  | 444,20 |
| 4        | 2005  | 468,20 |
| 5        | 2006  | 499,60 |
| 6        | 2007  | 525,40 |
| 7        | 2008  | 575,40 |

Dibuat grafik index VS tahun di excel



Dari grafik diatas diperoleh persamaan  $y = 30,614 x + 349,71$

Tahun 2014 adalah tahun ke 13 maka x masukkan angka 13, ketemu indeks tahun 2014

Tahun 2022 = 992,604

Tahun 2014 = 747,692

Tahun 2012 = 686,464

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

Harga upah buruh di Banten Rp 3.913.078 = 18812,875 / jam

Harga alat di [www.Matche.com](http://www.Matche.com)

Physical Plant Cost (PPC)

PPC = USD 3.164.422,86 = Rp 44.602.540.176,88

1. Delivered equipment cost (DEC)

Diperkirakan biaya transportasi alat sampai ditempat 10% PEC (Peters,2003)

DEC = 10% x Rp 44.602.540.176,88 = Rp 4.460.254.017,688

2. Biaya instalasi (biaya pasang alat) 25-55% PEC (Peters, 2003)

Material 11% PPC = 11% x Rp 44.602.540.176,88 = Rp 4.460.254.017,69

Buruh 32% PPC = 32% x Rp 44.602.540.176,88 = Rp 14.272.812.856,60

Jumlah manhour = Rp 14.272.812.856,60/ (Rp 18.812/manhour) = 758.707,89 manhour

Buruh lokal 100% = 100% x 18.812 x 1.158.129,38 = Rp 14.272.812.856,60

Total cost = Rp 19.179.092.276,06

3. Pemipaan (biaya pasang pipa) untuk cairan sampai 80% (Peters,2003)

Material 43% PPC = 43% x Rp 44.602.540.176,88 = Rp 19.179.092.276,06

Buruh 37% PPC = 37% x Rp 44.602.540.176,88 = Rp 16.502.939.865,45

Jumlah manhour = Rp 16.502.939.865,45/ (Rp 18.812 / manhour) = 877.256,00

- 
- Buruh lokal (100%) =  $100\% \times 18.812 \times 1.339.087,10 = \text{Rp } 16.502.939.865,45$   
Total cost =  $\text{Rp } 35.682.032.141,50$
4. Instrumentasi (biaya pemasangan alat alat control) 8 – 50% (Peters,2003)  
Material 20% PPC =  $20\% \times \text{Rp } 44.602.540.176,88 = \text{Rp } 8.920.508.035,38$   
Buruh 10% PPC =  $10\% \times \text{Rp } 44.602.540.176,88 = \text{Rp } 4.460.254.0176,88$   
Jumlah manhour =  $\text{Rp } 4.460.254.0176,88 / (\text{Rp } 18.812/\text{manhour}) = 237.096,22$   
Buruh lokal 100% =  $100\% \times 18.812 \times 361.915,43 = \text{Rp } 2.392.775.013,10$   
Total cost =  $\text{Rp } 11.313.283.048,48$
5. Listrik 15-30% PPC (Peters,2003)  
Material 15% PPC =  $15\% \times \text{Rp } 44.602.540.176,88 = \text{Rp } 6.690.381.026,53$   
Buruh 5% PPC =  $5\% \times \text{Rp } 44.602.540.176,88 = \text{Rp } 2.230.127.008,84$   
Jumlah manhour =  $\text{Rp } 2.230.127.008,84 / (\text{Rp } 18.812/\text{manhour}) = 118.548,11$   
Buruh lokal 100% =  $100\% \times 18.812 \times 180.957,72 = \text{Rp } 2.230.127.008,84$   
Total cost =  $\text{Rp } 8.920.508.035,$

6. Isolasi pada sistem pipa

Material 5% PPC =  $5\% \times \text{Rp } 44.602.540.176,88 = \text{Rp } 2.230.127.008,84$   
 Buruh 4% PPC =  $4\% \times \text{Rp } 44.602.540.176,88 = \text{Rp } 1.784.101.607,08$   
 Jumlah manhour =  $\text{Rp } 1.784.101.607,08 / (\text{Rp } 18.812/\text{manhour}) = 94.834,08$   
 Buruh lokal 100% =  $100\% \times 18.812 \times 144.755,90 = \text{Rp } 1.784.101.607,08$   
 Total cost =  $\text{Rp } 4.014.228.615,92$

7. Bangunan

Jual di Krakatau steel 225 USD atau  $\text{Rp } 3.151.3750 / \text{m}^2$  Tahun 2012  
 Tahun 2019 = indeks 2019/indeks 2012 x Harga tahun 2012 =  $\text{Rp } 3.994.588,063 / \text{m}^2$   
 Biaya bangunan =  $63.314.220.792,10$   
 Pengembangan lahan  
 Termasuk biaya untuk pagar, jalan raya, dll  
 Harga =  $\text{Rp } 1.500.000,00/\text{m}^2$   
 Biaya =  $\text{Rp } 9.555.000.000,00$   
 Luas jalan =  $2660 \text{ m}^2$   
 Harga jalan aspal =  $\text{Rp } 150.000,00$  ([www.pengaspalanhotmix.com/2017](http://www.pengaspalanhotmix.com/2017))  
 Biaya jalan =  $\text{Rp } 399.000.000,00$   
 Biaya pengembangan =  $9.954.000.000,00$

8. Tanah

Luas tanah  $15.850 \text{ m}^2$   
 Harga tanah =  $\text{Rp } 885.424,2867 / \text{m}^2$  tahun 2018  
 Biaya tanah =  $\text{Rp } 15.850.000.000,00$

9. Utilitas

Harga alat lokal  $\text{Rp } 416.261.002$   
 PPC =  $\text{Rp } 8.176.849.076,97$   
 PPC = Purchased Equipment Cost

- Delivered Equipment Cost (DEC)  
 Diperkirakan biaya transport alat sampai tempat 10% PEC  
 DEC 10% PEC =  $10\% \times \text{Rp } 8.176.849.076,97 = \text{Rp } 817.684.907,70$
- Instalasi (biaya pemasangan 25-55% PEC)  
 Material 11% PPC =  $11\% \times \text{Rp } 8.176.849.076,97 = \text{Rp } 899.453.398,47$   
 Buruh 32% PEC =  $32\% \times \text{Rp } 8.176.849.076,97 = \text{Rp } 2.616.591.704,63$   
 Jumlah manhour =  $\text{Rp } 2.616.591.704,63 / (\text{Rp } 18.812/\text{manhour}) = 139.085,16$   
 Buruh lokal 100% =  $100\% \times 18.812 \times 296.832,15 = \text{Rp } 2.616.470.005,12$   
 Total cost =  $\text{Rp } 3.515.923.403,58$
- Pemipaan (biaya pemasangan pipa) untuk cairan 80%  
 Material 43% PEC =  $43\% \times \text{Rp } 8.176.849.076,97 = \text{Rp } 3.516.045.103,10$   
 Buruh 37% PEC =  $37\% \times \text{Rp } 8.176.849.076,97 = \text{Rp } 3.025.434.158,48$   
 Jumlah manhour =  $\text{Rp } 3.025.434.158,48 / (\text{Rp } 18.812/\text{manhour}) = 160.817,21$   
 Buruh lokal 100% =  $100\% \times 18.812 \times 34.321,18 = \text{Rp } 3.025.434.158,48$   
 Total cost =  $\text{Rp } 6.541.479.261,58$
- Instrumentasi 30% (biaya pemasangan alat alat control)

Material 20% PEC = 20% x Rp 8.176.849.076,97 = Rp 1.635.369.815,39  
 Buruh 10% PPC = 10% x Rp 8.176.849.076,97 = Rp 817.684.907,70  
 Jumlah manhour = Rp 817.684.907,70/ (Rp 18.812/manhour) = 43.464,11  
 Buruh lokal 100% = 100% x 18.812 x 92.760,05= Rp 817.646.876,60  
 Total cost = Rp 2.453.016.691,99

- Listrik 10-40%

Material 15% PPC = 15% x Rp 8.176.849.076,97 = Rp 1.404.067.201,39  
 Buruh 5% PPC = 5% x Rp 8.176.849.076,97 = Rp 468.067.201,39  
 Jumlah manhour = Rp 468.067.201,39/ (Rp 18.812/manhour) = 139.140,07  
 Buruh lokal 100% = 100% x 18.812 x 139.140,07= Rp 468.067.201,39  
 Total cost = Rp 2.453.016.691,99

- Isolasi pada sistem pipa

Material 5% PPC = 5% x Rp 8.176.849.076,97 = Rp 408.842.453,85  
 Buruh 4% PPC = 4% x Rp 8.176.849.076,97 = Rp 327.073.963,08  
 Jumlah manhour = Rp 327.073.963,08/ (Rp 18.812/manhour) = 17.385,64  
 Buruh lokal 100% = 100% x 18.812 x 37.101,39= Rp 327.073.963,08  
 Total cost = Rp 735.916.41,93

PPC Utilitas = Rp 16.517.075.404,87

| <b>FIXED CAPITAL<br/>INVESTMENT</b> | <b>Rp</b>                 | Range                   |
|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| PEC                                 | 52.779.389.253,85         |                         |
| Instalasi                           | 22.695.015.679,64         |                         |
| Pemipaan                            | 42.223.511.403,08         |                         |
| Instrument                          | 13.766.299.740,47         |                         |
| Listrik                             | 11.373.562.758,47         |                         |
| Isolasi                             | 4.750.145.032,85          |                         |
| Tanah                               | 15.850.000.000,00         |                         |
| Bangunan                            | 63.314.220.792,10         |                         |
| Pengembangan                        | 9.954.000.000,00          |                         |
| <b>Jumlah PPC</b>                   | <b>236.706.144.660,46</b> |                         |
| Engineering & Contruction, 30%      | 71.011.843.398,14         | 5-30% FCI (Peters,2003) |
| <b>Jumlah DPC</b>                   | <b>307.717.988.058,60</b> |                         |

|                       |                           |                          |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------|
| Contractor's fee, 20% | 61.543.597.611,72         | 10-20% FCI (Peters,2003) |
| Contingency, 10%      | 30.771.798.805,86         | 5-15% FCI (Peters,2003)  |
| <b>Jumlah FCI</b>     | <b>400.033.384.476,17</b> |                          |

Manufacturing cost (Biaya produksi)

Direct Manufacturing cost

1. Bahan baku

| Bahan baku      | Kebutuhan  | Rp/kg    | Harga Rp           |
|-----------------|------------|----------|--------------------|
| Asam Nitrat 60% | 5.763,8871 | 3.382,00 | 154.388.250.794,02 |
| NaCl 98%        | 3.906,6260 | 3.500,00 | 108.291.671.568,05 |
|                 |            |          | 262.679.922.362,08 |

2. Gaji Karyawan Rp 16.756.560.000,00

3. Supervisi (15% karyawan) = Rp 2.513.484.000,00

4. Maintenance (8% FCI) = Rp 32.002.670.758,09

5. Plant supplies (15% maintenance) = Rp 4.800.400.613,71

6. Harga produk Sodium nitrat 1,35 USD → 5.681,82 kg/jam

Harga produk =  $1,35 \times 140095 \times 5.681,82 \times 24 \times 330 = \text{Rp } 850.864.500.000,00$

7. Royalty and patent (2% sales) = Rp 17.017.290.000,00 (0-6% total produk)

8. Kebutuhan bahan utilitas

Biaya utilitas = Rp 54.523.278.345/ tahun

Total Direct Manufacturing Cost (DMC) = Rp 390.293.606.078,60

## B. Indirect Manufacturing Cost

Payroll Overhead: 20% Karyawan = Rp 2.513.484.000,00 (10-20% dari karyawan)

Laboratorium : 20% karyawan = Rp 2.513.484.000,00 (10-20% dari karyawan)

Pack dan shipping : 20% FCI = Rp 80.006.676.895,23 (10-20% FCI)

Plant overhead : 60% karyawan = Rp 10.053.936.000,00 (50-70% dari karyawan)

Total Indirect Manufacturing Costr (IMC) = Rp 95.087.580.895,23

## C. Fixed Manufacturing Cost

Depreciation : 10% FCI = Rp 40.003.338.447,62 (10% FCI)

Property tax : 4% FCI = Rp 16.001.335.378,05 (1-4% FCI)

---

Asuransi : 1% FCI = Rp 4.000.333.844,76 (0,4 – 1 % FCI)

Total Fixed Manufacturing Cost (FMC) = Rp 60.005.007.671,43

Total Manufacturing Cost (DMC + IMC + FMC) = Rp 545.386.194.645,27

Working Capital

Persediaan bahan baku : 1/12 x bahan baku = Rp 21.889.993.530,17

Bahan baku dalam proses : 0,5/330 x manufacturing = Rp 826.342.719,16

Biaya sebelum terjual : 1/12 x manufacturing = Rp 45.448.849.553,77

Persediaan uang : 1/12 x manufacturing = Rp 45.448.849.553,77

Jumlah (WC Working Capital) : Rp 113.614.035.356,88

General Expense

Administrasi : 5% MC = Rp 27.269.309.732,26 (2-5% MC Peters,2003)

Sales : 15% MC = Rp 81.807.929.196,79 (2-20% MC Peters,2003)

Finance : 1% MC = Rp 5.453.861.946,45 (1% MC Peters,2003)

Riset : 5% MC = Rp 27.269.309.732,26 (5% MC Peters,2003)

Total general expense Rp 141.800.410.607,77

Total biaya produksi = manufacturing cost + general expense = Rp 687.186.605.253,03

Penjualan (Sa) Rp 850.864.500.000,00

Total cost = Rp 729.541.402.397,67

Keuntungan sebelum pajak (Sa-total cost) = Rp 121.323.097.602,23

Keuntungan sesudah pajak = Rp 121.323.097.602,23– (30% x 121.323.097.602,23)

Keuntungan sesudah pajak = Rp 84.926.168.321,63

Pajak 30% dari keuntungan = Rp 36.396.929.280,70

Return on Investmen (ROI) adalah perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasi.

$Pr\ b = Pb / If$  dan  $Pr\ a = Pa / If$

Dengan :

Prb = ROI sebelum pajak

Pra = ROI sesudah pajak

Pb = keuntungan sebelum pajak

---



Pa = keuntungan sesudah pajak

If = fixed capital investment

POT (Pay out time) adalah jangka waktu pengembalian modal yang ditanam berdasarkan keuntungan yang dicapai

POT sebelum pajak =  $If / (Pb + 0,1 If)$

POT sesudah pajak =  $If / (Pa + 0,1 If)$

BEP (Break even point) merupakan titik batas suatu pabrik dapat dikatakan tidak untung tidak rugi.

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

SDP (Shut down point) adalah titik dimana pabrik merugi sebesar fixed cost sehingga harus ditutup)

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

Discounted Cash Flow

Analisis kelayakan ekonomi dengan menggunakan Discounted Cash Flow merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun berdasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi. Rated of return based on discounted cash flow adalah laju bunga maksimal dimana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umnur pabrik

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

Dengan

C = Annual cost = profit after tax + depreciation + finance

SV = salvage value 0,1FCI

WC = Working capital

FC = Fixed capital

i dicari dengan trial

PERHITUNGAN

ROI sebelum pajak = 30,33%

ROI sesudah pajak = 21,23%

| <b>Fixed Cost (Fa)</b> | <b>Rp</b>                |
|------------------------|--------------------------|
| Depreciation           | 40.003.338.447,62        |
| Pajak                  | 16.001.335.379,05        |
| Insurance              | 4.000.333.844,76         |
|                        | <b>60.005.007.671,43</b> |

| <b>Variable cost (Va)</b> | <b>Rp</b>                 |
|---------------------------|---------------------------|
| Bahan Baku                | 262.679.922.362,08        |
| Royalty and Patent        | 17.017.290.000,00         |
| Utilitas                  | 54.523.278.344,72         |
| Packaging and Shipping    | 80.006.676.895,23         |
|                           | <b>414.227.167.602,03</b> |

| <b>Regulateted Cost (Ra)</b> | <b>Rp</b>                 |
|------------------------------|---------------------------|
| Labour                       | 16.756.560.000,00         |
| Maintenance                  | 32.002.670.758,09         |
| Plant Suplies                | 4.800.400.613,71          |
| Labolatory                   | 2.513.484.000,00          |
| Payroll Overhead             | 2.513.484.000,00          |
| Plant Overhead               | 10.053.936.000,00         |
| General Expense              | 141.800.410.607,77        |
|                              | <b>210.440.945.979,58</b> |

BEP = Masukkan rumus diatas = 42,56 %

SDP = Masukkan rumus diatas = 21,82 %

C = Rp 161.406.576.889,13

FC = Rp 400.033.384.476,17

WC = Rp 113.614.035.356,88

SV = 0,1 x FC = Rp 40.003.338.447,62

Bunga trial 11,25 %

Rerata bunga bank per 2019 7,5%, berarti 1,5% = 11,25 %

Persamaan DCF =  $(FC + WC)(1+i)^N = \sum_{j=1}^N C_j(1+i)^{N-j} + WC + SV$

Trial i = 11,25%

Ruas kiri 1,06E+12

Ruas kanan 1,06E+12

Menggambar grafik BEP dan SDP

Kapasitas dibuat 0 , 100

Sa = % x harga x 100.000

Fa = diketahui

Va = kapasitas x Va/unit + Fa

Tc = Fc + Va

Fc = Fa + 0,3Ra

Vc = 0,7Ra x kapasitas + Va

Dibuat tabel

Sa, Fa, Va, dan Tc dan digrafikkan Rupiah VS Kapasitas

Didapatkan grafik

