

BAB IX

KESIMPULAN

Pabrik secara Batch di kontiyukan dengan kapasitas 10.000 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 53.824.014.548,36 |
| | Laba sesudah pajak | | Rp 37.676.810.183,85 |
| 2 | ROI sebelum pajak | Minimum 11% | 16,04 % |
| | ROI sesudah pajak | | 11,23% |
| 3 | POT sebelum pajak | Maksimum 5 tahun | 3,8 tahun |
| | POT sesudah pajak | | 4,7 tahun |
| 4 | BEP | 40% -60% | 42,41 % |
| 5 | SDP | | 23,46 % |
| 6 | DCF | 1,5-2 x bunga bank | 11,25 % |

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2018. "Data Ekspor dan Impor *Boric Acid*", www.bps.go.id. Diakses pada Februari 2018.
- Badger, W. L. And Banchero, J.T., *Introduction To Chemical Engineering*. International Student Edition, Mc. Graw Hill Book Company, New York.
- Blasius, J. R. 1979. "*Method for Making Crude Boric Acid from Borate and Sulfuric Acid*", US Patent No. 4.156.654.
- Brown, G. G., 1978. *Unit Operation*. Modern Asia Edition. Charles E. Tuttle Company. Inc, Tokyo. Japan.
- Brownell, E.L and Edwin H.Young. *Equipment Design*. New York: John Willet and Son's,inc.
- Coulson and Richardson's.1999. *Chemical Engineering Design*. Vol 6.New York: R.K. Sinnott Faith, Keyes and Clark.1957. *Industrial Chemicals*. John Wiley and Son's.
- Erdogdu, A. 2004. "*Dissolution of Colemanite and Crystallization of Gypsum During Boric Production in a Batch Reactor*". Middle East Technical University.
- Foust, S. Leonard A. Wenzel, dkk. "*Principles of Unit Operation*" . 2nd edition. Wiley and Son's Inc. New York
- Geankoplis, C. J. 2003. *Transport Processes and Separation Process*. 4th ed. Prentice hall. USA.
- <http://www.alibaba.com>. Diakses pada Agustus 2018.
- <http://www.asc.co.id>. Diakses pada September 2018.
- <http://www.kig.co.id>. Diakses pada September 2018.
- <http://www.petrokimia-gresik.com>. Diakses pada September 2018.
- Himmelblau, D. M. 1974. "*Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. 3rd. Prentice Hall Inc. New Jersey
- Kern, D. Q. 1950. *Process heat Transfer*. New York. Mc Graw Hill International Book Company Inc.
- Levenspiel, O. 1972. *Chemical Reaction Engineering*. 2nd edition. New York: John Wiley and Son's Inc.

-
- Ludwig, E. E. 1965. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical*. Vol 1. Gulf Publishing Co. Houston
- Mc. Ketta, J. J. And Cunningham, W. A. 1992. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*. Volume 5. New York: Marcel Decker Inc.
- O'Brien, P. J., et al. 1951. "Process for the Manufacture of Boric Acid from Sodium Borate", US Patent No. 2.545.746.
- Othmer, D. F. and Kirk, R. E. 1997. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Volume 4. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Othmer, D. F. and Kirk, R. E. 1997. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Volume 5. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Perry, R. H., Don. W. G., and James, O. M. 1997. *Perry's Chemical Engineers Handbook*. Edisi 7. London: Mc Graw Hill Book Company.
- Perry, R. H., Don. W. G., and James, O. M. 2008. *Perry's Chemical Engineers Handbook*. Edisi 8. London: Mc Graw Hill Book Company.
- Peters, M., and Timmerhausm, K. 2003. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering 5th edition*. New York: Mc Graw Hill International Book Company Inc. Rase, H.F., and Holmes, J.R. 1977. *Chemical Reactor Design for process Plant*. Vol 1. Principles and Techniques. New York: John Wiley and Son's Inc.
- Smith, J. M. and Van Ness, H. H. 1975. *Introduction to Engineering Thermodynamic*. 3th edition. Tokyo: Mc Graw Hill International Book co.
- Treyball, R. E. 1981. *Mass Transfer Operation*. 3rd Edition. Mc Graw Hill Book Company Inc. Singapore
- Ullman, 1998. *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Volume 6. New York: Interscience Encyclopedia, Inc.
- Ulrich, G. D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley and Sons. Inc. New York.
- Undata. *A World of Information*. 2018. www.data.un.org. Diakses pada Agustus 2018.
- Wagman, D. D., Evans, W. H., Parker, V. B., and Schumm, R. H. 1982. *The NBS Tables of Chemical Thermodynamic Properties Selected Values for Inorganic and C1 and C2 Organic Substances in SI Units*. Volume 11. New York: America Chemical Society.
-

www.engineeringtoolbox.com

www.kursdollar.net

www.matche.com

www.pengaspalanhotmix.com

www.surabaya.tribunnews.com

Yaws, C. L. 1996. *Chemical Properties Handbook*. New York: Mc Graw Hill Book Company.

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 | μ, Cp |
|--------------------|----------|----------|---------|----------|------------------|
| CH ₂ O | -2,5971 | 633,97 | 0,00366 | -6,4E-06 | 1,0399 |
| H ₂ O | -10,2158 | 1792,50 | 0,01773 | -1,3E-05 | 0,8150 |
| CH ₃ OH | -1,4562 | 222,8100 | 0,0002 | 1,1,E-07 | 0,2253 |

Viskositas Dari yaws(1999)

Arus 1 :

p campuran : 0,8748 kg/L

Cp campuran : 9,7499 J/kgK

Fv campuran : 2582,2547 L/jam

Arus 2 :

p campuran : 1,023 kg/L

Cp campuran : 20,9538 J/kgK

Fv campuran : 148,0193 L/jam

Arus 14 :

p campuran : 0,9338 kg/L

Cp campuran : 13,4246 J/kgK

Fv campuran : 1069,1135 L/jam

TOTAL RATE VOLUMETRIK = 3793,1080 L/jam

Perancangan Dimensi Tangki

Total rate volumetrik : 3793,1080 L/jam

p campuran : 0,8987 kg/L = 898,6558 kg/m³

waktu tinggal : 1 jam (ditentukan)

direncanakan digunakan 1 tangki, sehingga volume tangki 3793,1080 L/jam

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

Over design 20%

Volume tangki = Total Fv / 80%

Volume tangki = 4551,73 L/jam = 4,5517 m³/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

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

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

$$V_{\text{tangki}} = 4,5517 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$D = H = 1,79 \text{ m} = 70,73 \text{ in}$$

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

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

Sf = 2 (straight flangel)

$$D = 70,73 \text{ in, pi}=3,14, \text{ sf} = 2 \text{ dihitung } V_{\text{head}} = 0,08 \text{ ft}^3 = 0,0024 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{mixer}} = V_{\text{shell}} + V_{\text{head}} = 4,55 + 0,0024 = 4,55 \text{ m}^3$$

Volume bottom = 0,5 x volume head

$$\text{Volume bottom,} = 0,0012 \text{ m}^3$$

Volume cairan dalam shell = volume shell – volume bottom = 7,4578 m³

$$\text{Tinggi cairan dalam shell } h = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} = (4 \times 74578) / (3,14 \times 2,12^2) = 2,12 \text{ m} \\ = 1,79 \text{ ft}$$

Dengan spesifikasi sebagai berikut :

Diameter shell : 1,79 m

Tinggi shell : 1,79 m

Volume shell : 4,55 m

Volume head : 0,0024 m

Volume mixer : 4,55 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 70,73 = 35,36 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 = 0,1609 in

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

Menentukan Tebal Head (th) dan Tebal Bottom

Jenis head yang dipilih adalah : Torispherical dengan alasan cocok untuk tangki silinder dan horizontal dan tekanan 15-200 psi sangat cocok

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

OD = ID + 2 t_s = 70,73 + 2 x 0,1875 dari tabel 5-7 Brownell hal 90

OD = 78 in dan $icr = 5 \frac{1}{2}$ in dan $r = 78$ in

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right) = 0,8164 \text{ in}$$

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

dengan

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

$$r = 78 \text{ in}$$

$$w = 0,8164 \text{ in}$$

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

$$E = 0,85$$

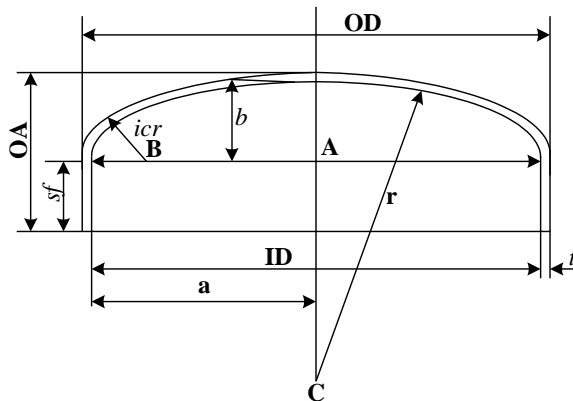
$$C = 0,125$$

th = 0,1573 in dipakai tebal standar Brownell hal 350 adalah 3/16 in = 0,0048 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

$$ID = OD - (2 \times ts) = 72 - (2 \times 0,1875) = 71,63 \text{ in}$$

$$r = 38,81 \text{ (jari – jari dalam shell)}$$

$$AB = a - icr = 38,81 - 5 \frac{1}{2} = 33,31 \text{ in}$$

$$BC = OD - icr = 78 - 5 \frac{1}{2} = 72,50 \text{ in}$$

$$AC = \text{akar dari } (BC^2 - AB^2) = 64,39 \text{ in}$$

$$b = OD - AC = 78 - 64,39 = 13,61 \text{ in}$$

Tinggi total head total (OA) = sf + b + th = 15,79 in

Tinggi mixer total = 2 x tinggi head total + tinggi shell

Tinggi mixer total = 0,79 + 1,79 = 2,59 m = 103 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

$$Di/DR = 1/3$$

$$E/Di = 1$$

$$W = Di/5$$

$$L = Di/4$$

$$B = DR/10$$

Diameter mixer (DR) : 1,79 m

Diameter pengaduk (Di) : $1/3 \times 1,79 = 0,59$ m

Pengaduk dari dasar (E) : 0,59 m

Tinggi pengaduk (W) : $0,59/5 = 0,1198$ m

Lebar pengaduk (L) : $0,59/4 = 0,1497$ m

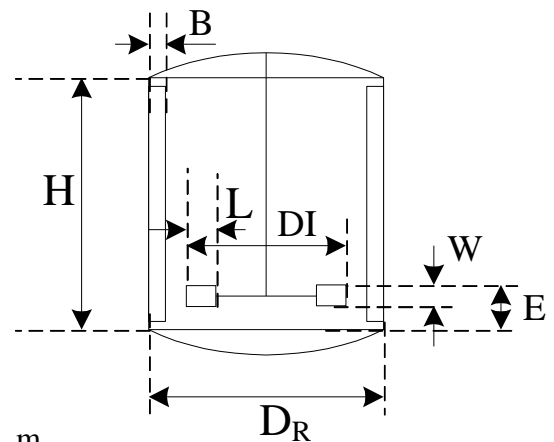
Lebar Baffle (B) : $1,7969/10 = 0,1797$ m

Menghitung jumlah impeller (pengaduk)

WELH adalah Water Equivalen Liquid High

$$WELH = \text{tinggi bahan} \times \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}} = 1,79 \text{ m} \times (898,66/995,68) = 1,62 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah impeller} = WELH / D = 1,62/1,79 = 0,90 = 1$$



$$\frac{WELH}{2 \cdot Di} = \left(\frac{\pi \cdot Di \cdot N}{60} \right)^2$$

Putaran pengaduk = (Rase,1977 hal 345)

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

Dimana

pi = 3,14

DI= 0,59 m

WELH = 1,62 m

Dihitung Nre = 7869 Dari grafik 8.8 Rase HF menghasilkan Np = Po = 0,85

$$P = \frac{N^3 \cdot Di^5 \cdot \rho \cdot Np}{550 \cdot g_c}$$

P=0,81 hp (Efisiensi motor = 81% (Fig 14.38 Peters hal 521))

$$\text{Daya motor} = \frac{P}{\eta} = 0,99 \text{ HP}$$

Over design 10% = 1,09 HP

Dipilih power standart NEMA 3 HP

Kriteria

Diameter shell : 1,79 m

Tinggi shell : 1,79 m

Vollume shell : 4,55 m³

Volume head : 0,0024 m³

Volume mixer : 4,55 m³

Tinggi mixer total : 2,59 m³

Jenis pengaduk : Turbin dengan 6 blade disk standart

Jumlah pengaduk : 1

Putaran pengaduk : 113,15 rpm

Power : 1 1/2 HP

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

2. Perancangan Tangki-01

Fungsi = untuk menyimpan formaldehid

Tujuan perancangan =

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

Memilih tipe tangki: Tipe tangki silinder tegak tertutup dengan pertimbangan

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

Memilih bahan konstruksi :

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

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

Dari arus 1 diketahui :

$$p \text{ campuran} = 874,81 \text{ kg/m}^3 = 54,61/\text{cuft}$$

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

Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 1 tangki

$$\text{Volume tangki Over Design 20\%} = F_v \times 7 \times 24 : 2 = 1313,16 \text{ cuft} = 37,1845 \text{ m}^3$$

Kurang dari 71354 cuft berarti masuk small tank

Menghitung dimensi tangki

1. Menghitung tinggi dan diameter

Untuk small H=D

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

$$\text{Volume} = 1313,16 \text{ cuft}$$

$$\text{Diameter} = 11,87 \text{ ft} = 142,45 \text{ in} = 3,62 \text{ m}$$

$$D = H$$

2. Menghitung tebal Plat Shell

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

$$P \text{ hidrostatik} = \rho \times 0,8 \times H \\ = 8,77 \text{ psi}$$

Faktor keamanan 10%

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

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

Dengan :

$$P = 4,67 \text{ psi}$$

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

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

$$\text{Tegangan yang diijinkan} = 18.750 \text{ psi}$$

$$T_s = 0,1362 \text{ in}$$

Dipakai standar 3/16

Tutup elipsoidal

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

$$P = 4,67 \text{ psi}$$

$$D = 143 \text{ in}$$

$$F = 35000$$

$$E = 0,85$$

$$T_s = 0,75 \text{ in di rancang } 3/4 = 0,75$$

Spesifikasi

Volume : 9823,74 gallon

Diameter : 11,87 ft

Tinggi : 11,87 ft

Tebal shell : 0,1362 in

Tebal tutup atas : 0,1976 in

Tebal tutup bawah : 0,3976 in

Konstruksi : *Stainless steel 304*

Jumlah : 2

3. Perancangan Tangki-02

Fungsi = untuk menyimpan asetaldehid

Tujuan perancangan =

Menentukan jenis tangki

Menentukan bahan konstruksi yang digunakan

Menentukan dimensi tangki

Memilih tipe tangki: Tipe tangki silinder tegak tertutup dengan pertimbangan

Tekanan 1 atm

suhu operasi 30°C

Konstruksi sederhana sehingga ekonomis

Memilih bahan konstruksi :

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

Bahan yang disimpan adalah asam kuat

Tahan lama dan tahan korosi (Brownell, hal 342)

Dari arus 1 diketahui :

p campuran = 768,03 kg/m³ = 47,95/cuft

F_v campuran = 0,68 m³/jam

Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 1 tangki

Volume tangki Over Design 20% = $F_v \times 7 \times 24 : 2 = 344,70$ cuft = 9,77m³

Kurang dari 71354 cuft berarti masuk small tank

Menghitung dimensi tangki

Menghitung tinggi dan diameter

Untuk small H=D

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

Volume = 344,70 cuft

$$\text{Diameter} = 7,60 \text{ ft} = 91,21 \text{ in} = 2,32 \text{ m}$$

$$D = H$$

Menghitung tebal Plat Shell

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

$$P \text{ hidrostatik} = p_o \times 0,8 \times H$$

$$= 2,39 \text{ psi}$$

Faktor keamanan 10%

$$P \text{ desain} = 2,63 \text{ psi}$$

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

Dengan :

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

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

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

$$\text{Tegangan yang diijinkan} = 18.750 \text{ psi}$$

$$T_s = 0,1362 \text{ in}$$

Dipakai standar 3/16

Tutup elipsoidal

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

$$P = 2,63 \text{ psi}$$

$$D = 91,21 \text{ in}$$

$$F = 35000$$

$$E = 0,85$$

$$T_s = 0,3576 \text{ in di rancang } \frac{3}{4} = 0,75$$

Spesifikasi

$$\text{Volume} : 2578,72 \text{ gallon}$$

$$\text{Diameter} : 7,6 \text{ ft}$$

Tinggi : 7,6 ft
Tebal shell : 0,1290 in
Tebal tutup atas : 0,1511 in
Tebal tutup bawah : 0,1511 in
Kontruksi : *Stainless steel 304*
Jumlah : 2

4. Perancangan Tangki-03

Fungsi = untuk menyimpan Natrium Hidroksida

Tujuan perancangan =

Menentukan jenis tangki

Menentukan bahan konstruksi yang digunakan

menentukan dimensi tangki

Memilih tipe tangki: Tipe tangki silinder tegak tertutup dengan pertimbangan

Tekanan 1 atm

Suhu operasi 30°C

Konstruksi sederhana sehingga ekonomis

Memilih bahan konstruksi :

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

Bahan yang disimpan adalah asam kuat

Tahan lama dan tahan korosi (Brownell, hal 342)

Dari arus 1 diketahui :

p campuran = 1618,5654 kg/m³ = 101,05 lb/cuft

F_v campuran = 0,43 m³/jam

Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 1 tangki

Volume tangki Over Design 20% = $F_v \times 7 \times 24 : 2 = 1540,44$ cuft = 43,62 m³

Kurang dari 71354 cuft berarti masuk small tank

Menghitung dimensi tangki

Menghitung tinggi dan diameter

Untuk small H=D

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

Volume = 1540,44 cuft

Diameter = 12,52 ft = 150,24 in = 3,82 m

D = H

Menghitung tebal Plat Shell

P operasi = 8,29 psi

P hidrostatik = $pro \times 0,8 \times H$
= 2,39 psi

Faktor keamanan 10%

P desain = 9,12psi

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

Dengan :

P = 9,12 psi

Effisiensi pengelasan = 0,85

Faktor korosi = 0,125

Tegangan yang diijinkan = 18.750 psi

Ts = 0,1362 in

Dipakai standar 3/16

Tutup elipsoidal

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

P = 9,12 psi

D = 150,24 in

F = 35000

E = 0,85

Ts = 0,3576 in di rancang $\frac{3}{4} = 0,75$

Spesifikasi

| | |
|-------------------|------------------------------|
| Volume | : 11524,04 gallon |
| Diameter | : 12,52 ft |
| Tinggi | : 12,52 ft |
| Tebal shell | : 0,1480 in |
| Tebal tutup atas | : 0,2744 in |
| Tebal tutup bawah | : 0,2744 in |
| Konstruksi | : <i>Stainless steel 304</i> |
| Jumlah | : 2 |

5. Perancangan Tangki-04

Fungsi = untuk menyimpan Asam Format

Tujuan perancangan =

Menentukan jenis tangki

Menentukan bahan konstruksi yang digunakan

Menentukan dimensi tangki

Memilih tipe tangki: Tipe tangki silinder tegak tertutup dengan pertimbangan

Tekanan 1 atm

Suhu operasi 30°C

Konstruksi sederhana sehingga ekonomis

Memilih bahan konstruksi :

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

Bahan yang disimpan adalah asam kuat

Tahan lama dan tahan korosi (Brownell, hal 342)

Dari arus 1 diketahui :

$$p \text{ campuran} = 1,1956 \text{ kg/m}^3 = 0,075 \text{ lb/cuft}$$

$$F_v \text{ campuran} = 102,68 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 1 tangki

$$\text{Volume tangki Over Design 20\%} = F_v \times 7 \times 24 : 2 = 2175,66 \text{ cuft} = 61,61 \text{ m}^3$$

Kurang dari 71354 cuft berarti masuk small tank

Menghitung dimensi tangki

Menghitung tinggi dan diameter

Untuk small H=D

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

Volume = 2175,66 cuft

Diameter = 14,05 ft = 168,56 in = 4,28 m

D = H

Menghitung tebal Plat Shell

P operasi = 0,0069 psi

P hidrostatik = $\rho \times 0,8 \times H$
= 2,39 psi

Faktor keamanan 10%

P desain = 0,0076 psi

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

Dengan :

P = 0,0076 psi

Effisiensi pengelasan = 0,85

Faktor korosi = 0,125

Tegangan yang diijinkan = 18.750 psi

Ts = 0,1250 in

Dipakai standar 3/16

Tutup elipsoidal

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

P = 0,0075 psi

D = 168,56 in

F = 35000

E = 0,85

Ts = 0,1250 in di rancang $\frac{3}{4} = 0,75$

Spesifikasi

Volume : 16276,13 gallon
 Diameter : 14,05 ft
 Tinggi : 14,05 ft
 Tebal shell : 0,1250 in
 Tebal tutup atas : 0,1251 in
 Tebal tutup bawah : 0,1251 in
 Kontruksi : *Stainless steel 304*
 Jumlah : 2

6. Centrifuge 1

Fungsi : Memisahkan endapan NaCOOH dengan larutan induk

Dasar pemilihan : sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi

Arus 8 masuk 30°C didapatkan :

p campuran : 1,621 kg/L = 72,55 lb/cuft

Cp campuran : 494,39 J/molK = 8,35 J/kgK

Fv campuran : 4089,3642 L/jam = 102,2341 cuft/jam = 12,7460 galon/menit

Arus 9 keluar 30°C didapatkan :

p campuran : 1,8928 kg/L = 118,1642 lb/cuft

Cp campuran : 142,8345 J/molK = 2,1481 J/kgK

Fv campuran : 394,5613 L/jam = 9,8640 cuft/jam = 1,2298 galon/menit

Arus 10 keluar 30°C didapatkan :

p campuran : 1,0259 kg/L = 64,04 lb/cuft

Cp campuran : 559,9363 J/molK = 9,68 J/kgK

Fv campuran : 3904,4547 L/jam = 97,6114 cuft/jam = 12,1697 galon/menit

Perhitungan :

Beban masuk = 4752,2979 kg/jam = 10477,02 lb/jam

p campuran = 72,5483 lb/cuft

Volume bahan = bahan masuk (lb/jam) / p campuran (lb/cuft) = 10477,0227 / 72,5483

Volume bahan = 144,4145 cuft/jam = 18,0049 gpm

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

Spesifikasi :

Bahan : *Stainless Steel 304*

Kapasitas maksimum: 50 gpm

Diameter bowl : 13 in

Speed : 7500 rpm

Centrifugal force : 10400 lbf/ft²

Power motor : 6 HP

Jumlah : 1

Dengan Perhitungan seperti Centrifuge 1 di dapat kan hasil sebagai berikut :

7. Centrifuge 2

Fungsi : Memisahkan endapan C₅H₁₂O₄ dengan larutan induk

Spesifikasi :

Bahan : *Stainless Steel 304*

Kapasitas maksimum: 50 gpm

Diameter bowl : 13 in

Speed : 7500 rpm

Centrifugal force : 10400 lbf/ft²

Power motor : 6 HP

Jumlah : 1

8. Pompa 1

Fungsi : Mengalirkan bahan baku Formaldehid dari truk ke tangki penyimpanan

Langakah perencanaan :

a) Menentukan tipe pompa

Dalam perancangan ini dipilih pompa sentrifugal dengan pertimbangan :

- Dapat digunakan untuk kapasitas hingga 5000 gpm.

- Konstruksinya sederhana, harganya relative murah dan banyak tersedia di pasaran.
- Kecepatan putarannya stabil.
- Biaya perawatan paling murah dibandingkan dengan tipe pompa yang lain

b) Menentukan biaya konstruksi pompa

Bahan konstruksi yang dipilih adalah commercial steel karena :

- Tahan korosi
- Memiliki batas tekanan yang diijinkan besar (s.d. 22500 psi)
- Memiliki batas suhu yang diijinkan besar (-65 °F – 650 °F)

Arus 1

Massa total = 2258,9802 kg/jam = 1,3834 lb/s

μ campuran = 0,9217 cP = 0,0006 lb/ft.s

ρ campuran = 874,8092 kg/m³ = 546,1259 lb/ft³

rate volumetrik (Q) = m / ρ = 0,0025 ft³/s = 1,1369 gpm

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

$$D_{i,opt} = 3.6 Q_f^{0.40} \mu_c^{0.20} \quad (\text{Peters, hal 365})$$

Dimana :

Di opt = diameter dalam, in

Q = kecepatan volumetric

μ = viskositas fluida, cP

sehingga,

Di opt = 0,0752 in

Dari Appendix A.5-1 Geankoplis hal 892, dipilih NPS 1/8 in sch 40 diperoleh

OD = 0,405 in = 0,0338 ft = 0,0103 m

ID = 0,269 in = 0,0224 ft = 0,0068 m

A = 0,0004 ft² = 0,0576 in²

Menghitung kecepatan linier

$v = Q / A$

dimana :

v = kecepatan linier aliran fluida, ft/s

Q = laju alir volumetric, ft³/s

A = inside sectional area, ft²

Sehingga, $v = 6,33 \text{ ft/s} = 1,93 \text{ m/s}$

Menghitung Reynold number (NRe)

$$NRe = \rho v D / \mu$$

Dimana :

ρ = densitas cairan (lb/ft³)

ID = diameter dalam pipa (ft)

μ = viskositas (lb/ft.s)

v = kecepatan linier (ft/s)

Sehingga :

$$NRe = 2145,4882 \text{ (} NRe > 2100, \text{ jadi aliran turbulen)}$$

Head losses (Hf)

a) Sudden Contraction Losses

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

dimana :

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

$$k_c = 0,4995$$

$$\alpha = 1 \text{ (untuk aliran turbulen)}$$

$$h_c = 0,3113 \text{ lbf.ft/lbm}$$

b) Sudden Enlargement Losses

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

$$= 1$$

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

$$= 0,6232 \text{ lbf.ft/lbm}$$

c) Losses in fitting and valve

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

dari table 2.10-1 Geankoplis, hal 99 didapat :

| | Kf |
|------------------------|------|
| Elbow 90° | 0,75 |
| Gate value (wide open) | 0,17 |
| Coupling | 0,04 |

Asumsi panjang pipa = 18 m = 59,0544 ft

Maka,

| | Jumlah | kf | Total |
|------------------------|--------|------|-------|
| Elbow 90° | 3 | 0,75 | 2,25 |
| Gate value (wide open) | 1 | 0,17 | 0,17 |
| Coupling | 3 | 0,04 | 0,12 |
| Total | | | 2,54 |

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 hf &= kf \times (V^2 / 2 \times gc) \\
 &= 2,54 \times (40,1035 / 64,3480) \\
 &= 1,5830 \text{ lbf.ft/lbm}
 \end{aligned}$$

d) Losses in pipe straight

$$hF = (4f \times v^2 \times \Sigma Le) / (2 \times ID \times gc)$$

dimana :

- hF = friction loss (ft.lbf/lbm)
- f = faktor friksi
- v = kecepatan linier fluida (ft/s)
- ΣLe = panjang equivalen pipa (ft)
- gc = 32,174 lbf.ft/lbf.s²

dari tabel 2.10-1 Geankoplis hal 99, didapat :

| | L/D |
|------------------------|-----|
| Elbow 90° | 35 |
| Gate value (wide open) | 9 |
| Coupling | 2 |
| Total | |

Maka :

| | Jumlah | L/D | ID x L/D |
|------------------------|--------|-----|----------|
| Elbow 90° | 3 | 35 | 2,3538 |
| Gate value (wide open) | 1 | 9 | 0,2018 |
| Coupling | 3 | 2 | 0,1346 |
| Total | | | 2,69 |

Menghitung fanning friction factor (f)

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

$$\varepsilon = 0,000046 \text{ m} = 0,0001509 \text{ ft}$$

$$\text{sehingga } \varepsilon/D = 0,0001509/0,0224 = 0,0067$$

$$N_{re} = 2145,4882 \rightarrow \text{nilai } f = 0,014$$

Sehingga :

$$h_F = 292,7496 \text{ lbf.ft/lbm}$$

Menghitung static head

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

$$Z_2 = 5,4567 \text{ ft}$$

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 = 5,4567 \text{ ft}$$

$$g/g_c = 1 \text{ lbf/lbm}$$

$$\Delta Z (g/g_c) = 5,4567 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Menghitung velocity head

V1 = kecepatan linier fluida dari tangki ke pipa

V2 = kecepatan linier fluida ke tangki

Karena pada 2 titik reference dianggap sama, maka V1 = V2

$$\text{Sehingga velocity head } (v^2 / 2g_c) = 0,6232$$

Menghitung pressure head

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

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

$$= 2116 \times 0,6232$$

$$= 1318,7498 \text{ lb/ft}^2$$

$$\Delta P/\rho = 2,4147$$

Menghitung energi mekanik pompa

$$-W_f = [\Delta V^2 / (2 \times \alpha \times g_c) + (\Delta z \times (g / g_c) + (\Delta P / \rho) + \Sigma F$$

$$-W_f = 107,1427 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Menghitung broke horse power (BHP)

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

Dari figure 10.62 coulson, untuk $Q_f = 1,9818 \text{ gpm} = 0,4501 \text{ m}^3/\text{jam}$

Diperoleh η pompa = 35%

Sehingga :

$$\text{BHP} = 0,77$$

Menghitung tenaga motor

Dari fig. 14-38, Peters hal 521, untuk $\text{BHP} = 0,77$

$H_p = 0,57$, diperoleh η motor = 0,8

Sehingga power motor yang diperlukan :

$$P \text{ motor} = \text{BHP} / \eta = 0,77 / 0,8 = 1,96 \text{ Hp}$$

Dipilih motor standar dengan power = 1Hp

| Resume | | |
|------------------|--|------------------------|
| Nama Alat | Pompa-01 | |
| Kode | L-211 | |
| Fungsi | Mengalirkan bahan baku Asam Sulfat dari truk ke tangki penyimpanan | |
| Tipe | <i>Centrifugal Pump</i> | |
| Bahan Konstruksi | <i>Commercial Steel</i> | |
| Rate Volumetrik | 0,0025 ft ³ /s | |
| Kecepatan Aliran | 6,33 ft/s | |
| Ukuran Pipa | NPS | 1/8 in |
| | Sch. Number | 40 |
| | OD | 0,405 in |
| | ID | 0,269 in |
| | Flow Area | 0,0576 in ² |
| Power Pompa | 0,77 Hp | |
| Power Motor | 1 Hp | |
| Jumlah | 1 | |

9. Perancangan Pompa-02

Fungsi : mengalirkan bahan baku asam sulfat dari tangka penyimpanan ke reaktor

Tipe : Centrifugal pump

Perhitungan sama seperti perancangan pompa-01 dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | |
|------------------|---|------------------------|
| Nama Alat | Pompa-02 | |
| Kode | L-213 | |
| Fungsi | Mengalirkan bahan baku Asam Sulfat dari tangki penyimpanan ke reaktor | |
| Tipe | <i>Centrifugal Pump</i> | |
| Bahan Konstruksi | <i>Commercial Steel</i> | |
| Rate Volumetrik | 0,0044 ft ³ /s | |
| Kecepatan Aliran | 11,0389 ft/s | |
| Ukuran Pipa | NPS | 1/8 in |
| | Sch. Number | 40 |
| | OD | 0,405 in |
| | ID | 0,269 in |
| | Flow Area | 0,0576 in ² |
| Power Pompa | 0,8801 Hp | |
| Power Motor | 1 ½ Hp | |
| Jumlah | 2 | |

10. Perancangan Pompa-03

Fungsi : Mengalirkan larutan boraks dari tangki mixer ke reaktor

Tipe : Centrifugal pump

Perhitungan sama seperti perancangan pompa-01 dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | |
|------------------|---|------------------------|
| Nama Alat | Pompa-03 | |
| Kode | L-215 | |
| Fungsi | Mengalirkan larutan boraks dari tangki mixer ke reaktor | |
| Tipe | <i>Centrifugal Pump</i> | |
| Bahan Konstruksi | <i>Commercial Steel</i> | |
| Rate Volumetrik | 0,0248 ft ³ /s | |
| Kecepatan Aliran | 2,3873 ft/s | |
| Ukuran Pipa | NPS | 1 1/4 in |
| | Sch. Number | 40 |
| | OD | 1,66 in |
| | ID | 1,38 in |
| | Flow Area | 1,4976 in ² |
| Power Pompa | 0,1650 Hp | |
| Power Motor | 1 Hp | |
| Jumlah | 2 | |

11. Perancangan Pompa-04

Fungsi : Mengalirkan produk keluaran reaktor menuju centrifuge 1

Tipe : Centrifugal pump

Perhitungan sama seperti perancangan pompa-01 dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | |
|------------------|---|------------------------|
| Nama Alat | Pompa-04 | |
| Kode | L-311 | |
| Fungsi | Mengalirkan produk keluaran reaktor menuju centrifuge 1 | |
| Tipe | <i>Centrifugal Pump</i> | |
| Bahan Konstruksi | <i>Commercial Steel</i> | |
| Rate Volumetrik | 0,0302 ft ³ /s | |
| Kecepatan Aliran | 2,1357 ft/s | |
| Ukuran Pipa | NPS | 1 1/2 in |
| | Sch. Number | 40 |
| | OD | 1,9 in |
| | ID | 1,61 in |
| | Flow Area | 2,0362 in ² |
| Power Pompa | 0,0809 Hp | |
| Power Motor | 1 Hp | |
| Jumlah | 2 | |

12. Perancangan Pompa-05

Fungsi : Mengalirkan larutan asam borat dari centrifuge 1 menuju crystallizer

Tipe : Centrifugal pump

Perhitungan sama seperti perancangan pompa-01 dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | |
|------------------|--|------------------------|
| Nama Alat | Pompa-05 | |
| Kode | L-411 | |
| Fungsi | Mengalirkan larutan asam borat dari centrifuge 1 menuju crystallizer | |
| Tipe | <i>Centrifugal Pump</i> | |
| Bahan Konstruksi | <i>Commercial Steel</i> | |
| Rate Volumetrik | 0,0286 ft ³ /s | |
| Kecepatan Aliran | 2,0258 ft/s | |
| Ukuran Pipa | NPS | 1 1/2 in |
| | Sch. Number | 40 |
| | OD | 1,9 in |
| | ID | 1,61 in |
| | Flow Area | 2,0362 in ² |
| Power Pompa | 0,0704 Hp | |
| Power Motor | 1 Hp | |
| Jumlah | 2 | |

13. Perancangan Pompa-06

Fungsi : Mengalirkan *mother liquor* dari centrifuge 2 menuju UPL

Tipe : Centrifugal pump

Perhitungan sama seperti perancangan pompa-01 dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | |
|------------------|---|------------------------|
| Nama Alat | Pompa-06 | |
| Kode | L-411 | |
| Fungsi | Mengalirkan <i>mother liquor</i> dari centrifuge 2 menuju UPL | |
| Tipe | <i>Centrifugal Pump</i> | |
| Bahan Konstruksi | <i>Commercial Steel</i> | |
| Rate Volumetrik | 0,0150 ft ³ /s | |
| Kecepatan Aliran | 1,4443 ft/s | |
| Ukuran Pipa | NPS | 1 1/4 in |
| | Sch. Number | 40 |
| | OD | 1,66 in |
| | ID | 1,638 in |
| | Flow Area | 1,4976 in ² |
| Power Pompa | 0,0296 Hp | |
| Power Motor | 1 Hp | |
| Jumlah | 2 | |

14. Perancangan Pompa-07

Fungsi : Mengalirkan *mother liquor* dari centrifuge 2 menuju UPL

Tipe : Centrifugal pump

Perhitungan sama seperti perancangan pompa-01 dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | |
|------------------|---|------------------------|
| Nama Alat | Pompa-06 | |
| Kode | L-411 | |
| Fungsi | Mengalirkan <i>mother liquor</i> dari centrifuge 2 menuju UPL | |
| Tipe | <i>Centrifugal Pump</i> | |
| Bahan Konstruksi | <i>Commercial Steel</i> | |
| Rate Volumetrik | 0,0150 ft ³ /s | |
| Kecepatan Aliran | 1,4443 ft/s | |
| Ukuran Pipa | NPS | 1 1/4 in |
| | Sch. Number | 40 |
| | OD | 1,66 in |
| | ID | 1,638 in |
| | Flow Area | 1,4976 in ² |
| Power Pompa | 0,0296 Hp | |
| Power Motor | 1 Hp | |
| Jumlah | 2 | |

15. Perancangan Pompa-08

Fungsi : Mengalirkan *mother liquor* dari centrifuge 2 menuju UPL

Tipe : Centrifugal pump

Perhitungan sama seperti perancangan pompa-01 dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | |
|------------------|---|------------------------|
| Nama Alat | Pompa-06 | |
| Kode | L-411 | |
| Fungsi | Mengalirkan <i>mother liquor</i> dari centrifuge 2 menuju UPL | |
| Tipe | <i>Centrifugal Pump</i> | |
| Bahan Konstruksi | <i>Commercial Steel</i> | |
| Rate Volumetrik | 0,0150 ft ³ /s | |
| Kecepatan Aliran | 1,4443 ft/s | |
| Ukuran Pipa | NPS | 1 1/4 in |
| | Sch. Number | 40 |
| | OD | 1,66 in |
| | ID | 1,638 in |
| | Flow Area | 1,4976 in ² |
| Power Pompa | 0,0296 Hp | |
| Power Motor | 1 Hp | |
| Jumlah | 2 | |

16. Perancangan Pompa-09

Fungsi : Mengalirkan *mother liquor* dari centrifuge 2 menuju UPL

Tipe : Centrifugal pump

Perhitungan sama seperti perancangan pompa-01 dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | |
|------------------|---|------------------------|
| Nama Alat | Pompa-06 | |
| Kode | L-411 | |
| Fungsi | Mengalirkan <i>mother liquor</i> dari centrifuge 2 menuju UPL | |
| Tipe | <i>Centrifugal Pump</i> | |
| Bahan Konstruksi | <i>Commercial Steel</i> | |
| Rate Volumetrik | 0,0150 ft ³ /s | |
| Kecepatan Aliran | 1,4443 ft/s | |
| Ukuran Pipa | NPS | 1 1/4 in |
| | Sch. Number | 40 |
| | OD | 1,66 in |
| | ID | 1,638 in |
| | Flow Area | 1,4976 in ² |
| Power Pompa | 0,0296 Hp | |
| Power Motor | 1 Hp | |
| Jumlah | 2 | |

17. Perancangan Pompa-10

Fungsi : Mengalirkan *mother liquor* dari centrifuge 2 menuju UPL

Tipe : Centrifugal pump

Perhitungan sama seperti perancangan pompa-01 dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | |
|------------------|---|------------------------|
| Nama Alat | Pompa-06 | |
| Kode | L-411 | |
| Fungsi | Mengalirkan <i>mother liquor</i> dari centrifuge 2 menuju UPL | |
| Tipe | <i>Centrifugal Pump</i> | |
| Bahan Konstruksi | <i>Commercial Steel</i> | |
| Rate Volumetrik | 0,0150 ft ³ /s | |
| Kecepatan Aliran | 1,4443 ft/s | |
| Ukuran Pipa | NPS | 1 1/4 in |
| | Sch. Number | 40 |
| | OD | 1,66 in |
| | ID | 1,638 in |
| | Flow Area | 1,4976 in ² |
| Power Pompa | 0,0296 Hp | |
| Power Motor | 1 Hp | |
| Jumlah | 2 | |

18 Perancangan Pompa-11

Fungsi : Mengalirkan *mother liquor* dari centrifuge 2 menuju UPL

Tipe : Centrifugal pump

Perhitungan sama seperti perancangan pompa-01 dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | |
|------------------|---|------------------------|
| Nama Alat | Pompa-06 | |
| Kode | L-411 | |
| Fungsi | Mengalirkan <i>mother liquor</i> dari centrifuge 2 menuju UPL | |
| Tipe | <i>Centrifugal Pump</i> | |
| Bahan Konstruksi | <i>Commercial Steel</i> | |
| Rate Volumetrik | 0,0150 ft ³ /s | |
| Kecepatan Aliran | 1,4443 ft/s | |
| Ukuran Pipa | NPS | 1 1/4 in |
| | Sch. Number | 40 |
| | OD | 1,66 in |
| | ID | 1,638 in |
| | Flow Area | 1,4976 in ² |
| Power Pompa | 0,0296 Hp | |
| Power Motor | 1 Hp | |
| Jumlah | 2 | |

19 Perancangan Pompa-12

Fungsi : Mengalirkan *mother liquor* dari centrifuge 2 menuju UPL

Tipe : Centrifugal pump

Perhitungan sama seperti perancangan pompa-01 dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | |
|------------------|---|------------------------|
| Nama Alat | Pompa-06 | |
| Kode | L-411 | |
| Fungsi | Mengalirkan <i>mother liquor</i> dari centrifuge 2 menuju UPL | |
| Tipe | <i>Centrifugal Pump</i> | |
| Bahan Konstruksi | <i>Commercial Steel</i> | |
| Rate Volumetrik | 0,0150 ft ³ /s | |
| Kecepatan Aliran | 1,4443 ft/s | |
| Ukuran Pipa | NPS | 1 1/4 in |
| | Sch. Number | 40 |
| | OD | 1,66 in |
| | ID | 1,638 in |
| | Flow Area | 1,4976 in ² |
| Power Pompa | 0,0296 Hp | |
| Power Motor | 1 Hp | |
| Jumlah | 2 | |

20 Perancangan Pompa-13

Fungsi : Mengalirkan *mother liquor* dari centrifuge 2 menuju UPL

Tipe : Centrifugal pump

Perhitungan sama seperti perancangan pompa-01 dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | |
|------------------|---|------------------------|
| Nama Alat | Pompa-06 | |
| Kode | L-411 | |
| Fungsi | Mengalirkan <i>mother liquor</i> dari centrifuge 2 menuju UPL | |
| Tipe | <i>Centrifugal Pump</i> | |
| Bahan Konstruksi | <i>Commercial Steel</i> | |
| Rate Volumetrik | 0,0150 ft ³ /s | |
| Kecepatan Aliran | 1,4443 ft/s | |
| Ukuran Pipa | NPS | 1 1/4 in |
| | Sch. Number | 40 |
| | OD | 1,66 in |
| | ID | 1,638 in |
| | Flow Area | 1,4976 in ² |
| Power Pompa | 0,0296 Hp | |
| Power Motor | 1 Hp | |
| Jumlah | 2 | |

21 Perancangan Pompa-14

Fungsi : Mengalirkan *mother liquor* dari centrifuge 2 menuju UPL

Tipe : Centrifugal pump

Perhitungan sama seperti perancangan pompa-01 dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | |
|------------------|---|------------------------|
| Nama Alat | Pompa-06 | |
| Kode | L-411 | |
| Fungsi | Mengalirkan <i>mother liquor</i> dari centrifuge 2 menuju UPL | |
| Tipe | <i>Centrifugal Pump</i> | |
| Bahan Konstruksi | <i>Commercial Steel</i> | |
| Rate Volumetrik | 0,0150 ft ³ /s | |
| Kecepatan Aliran | 1,4443 ft/s | |
| Ukuran Pipa | NPS | 1 1/4 in |
| | Sch. Number | 40 |
| | OD | 1,66 in |
| | ID | 1,638 in |
| | Flow Area | 1,4976 in ² |
| Power Pompa | 0,0296 Hp | |
| Power Motor | 1 Hp | |
| Jumlah | 2 | |

22 Perancangan Pompa-15

Fungsi : Mengalirkan *mother liquor* dari centrifuge 2 menuju UPL

Tipe : Centrifugal pump

Perhitungan sama seperti perancangan pompa-01 dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | |
|------------------|---|------------------------|
| Nama Alat | Pompa-06 | |
| Kode | L-411 | |
| Fungsi | Mengalirkan <i>mother liquor</i> dari centrifuge 2 menuju UPL | |
| Tipe | <i>Centrifugal Pump</i> | |
| Bahan Konstruksi | <i>Commercial Steel</i> | |
| Rate Volumetrik | 0,0150 ft ³ /s | |
| Kecepatan Aliran | 1,4443 ft/s | |
| Ukuran Pipa | NPS | 1 1/4 in |
| | Sch. Number | 40 |
| | OD | 1,66 in |
| | ID | 1,638 in |
| | Flow Area | 1,4976 in ² |
| Power Pompa | 0,0296 Hp | |
| Power Motor | 1 Hp | |
| Jumlah | 2 | |

23 Perancangan Pompa-16

Fungsi : Mengalirkan *mother liquor* dari centrifuge 2 menuju UPL

Tipe : Centrifugal pump

Perhitungan sama seperti perancangan pompa-01 dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | |
|------------------|---|------------------------|
| Nama Alat | Pompa-06 | |
| Kode | L-411 | |
| Fungsi | Mengalirkan <i>mother liquor</i> dari centrifuge 2 menuju UPL | |
| Tipe | <i>Centrifugal Pump</i> | |
| Bahan Konstruksi | <i>Commercial Steel</i> | |
| Rate Volumetrik | 0,0150 ft ³ /s | |
| Kecepatan Aliran | 1,4443 ft/s | |
| Ukuran Pipa | NPS | 1 1/4 in |
| | Sch. Number | 40 |
| | OD | 1,66 in |
| | ID | 1,638 in |
| | Flow Area | 1,4976 in ² |
| Power Pompa | 0,0296 Hp | |
| Power Motor | 1 Hp | |
| Jumlah | 2 | |

24 Perancangan Pompa-17

Fungsi : Mengalirkan *mother liquor* dari centrifuge 2 menuju UPL

Tipe : Centrifugal pump

Perhitungan sama seperti perancangan pompa-01 dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | |
|------------------|---|------------------------|
| Nama Alat | Pompa-06 | |
| Kode | L-411 | |
| Fungsi | Mengalirkan <i>mother liquor</i> dari centrifuge 2 menuju UPL | |
| Tipe | <i>Centrifugal Pump</i> | |
| Bahan Konstruksi | <i>Commercial Steel</i> | |
| Rate Volumetrik | 0,0150 ft ³ /s | |
| Kecepatan Aliran | 1,4443 ft/s | |
| Ukuran Pipa | NPS | 1 1/4 in |
| | Sch. Number | 40 |
| | OD | 1,66 in |
| | ID | 1,638 in |
| | Flow Area | 1,4976 in ² |
| Power Pompa | 0,0296 Hp | |
| Power Motor | 1 Hp | |
| Jumlah | 2 | |

25 Evaporator 1

Fungsi : memekatkan larutan sodium nitrat

Type : standart vertical tube evaporator

Dasar pemilihan : sesuai untuk proses pemekatan larutan

Perhitungan dari nerca panas $Q = 7394 \text{ kJ/jam} = 7008,26 \text{ BTU/jam}$

Suhu masuk 60°C (140°F) dan keluar suhu 70°C (158°F)

Delta T = 18°F

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

Digunakan 1 buah evaporator sehingga luas perpindahan panas evaporator

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta T} = 1,56 \text{ ft}^2 = 0,14 \text{ m}^2$$

Luas perpindahan panas maksimum 300 m² (Ulrich T-47)

Kondisi tube berdasarkan Badger halmana 146 :

Ukuran tube = 4 in = 0,3333 ft

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

OD = 4,5 in

ID = 4,0260 in = 0,3355 ft

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

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

Jumlah tube = $1,56 \text{ ft}^2 / (0,089 \text{ ft}^2 \times 0,3333 \text{ ft}) = 52,49$ buah

Dimensi evaporator

Luas penampang = $A = Nt \times a't = 0,0089 \text{ ft}^2 \times 52,49 = 4,67 \text{ ft}^2$

$$\text{Diameter evaporator } \bar{D}_{evap} = \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}} = 2,44 \text{ ft} = 0,74 \text{ m} = 8,92 \text{ in}$$

Tinggi evaporator asumsi $H = 2D = 4,88 \text{ ft} = 1,49 \text{ m}$

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 :

$r = \text{jari jari} = 0,5 \times 8,92 = 4,46 \text{ in}$

$E = 0,85$

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

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

mencari P dalam mixer

P operasi = 14,7 psi

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

P dalam alat = 16,17 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°C

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

$t_c = 0,2391$ digunakan tebal $\frac{1}{4}$ in atau 0,00635 m (Brownell hal 50)

Spesifikasi :

Bagian shell

Diameter evaporator : 0,74 m

Tinggi shell : 1,49 m

Tebal shell : 0,1299 in dirancang 3/16 in

Tebal tutup : 0,23 in dirancang 1/2

Tube calandria

Ukuran : 4 in sch 40 standart IPS

OD : 4,5 in

ID : 4,0260 in

Panjang tube : 4,0260 ft

Jumlah tube : 52,49

Bahan konstruksi : Stainless steel 304

Jumlah evaporator : 1 buah

26. Evaporator 2

Dengan perhitungan yang sama seperti Evaporator 1 di dapatkan

Fungsi : memekatkan larutan Hexamine dengan menguapkan sebagian air

Type : Standard Vertical Tube Evaporator

Spesifikasi :

Bagian shell

Diameter evaporator : 1,08 m

Tinggi shell : 2,15 m

Tebal shell : 0,1322 in dirancang 3/16 in

Tebal tutup : 0,29 in dirancang 1/2

Tube calandria

Ukuran : 4 in sch 40 standart IPS

OD : 4,5 in

ID : 4,0260 in

Panjang tube : 4,0260 ft

Jumlah tube : 110,13
 Bahan konstruksi : Stainless steel 304
 Jumlah evaporator : 1 buah

1. 27. Kondesor 1

Fungsi : Mengkondensasikan keluaran evaporator
 Tipe : Counter current condenser
 Dasar pemilihan : Operasinya mudah

Perhitungan

Laju massa uap masuk : 184,4489 kg/jam
 : 406,6402 lb/jam

Suhu uap masuk : 70 C

Suhu air pendingin : 20 C

Neraca massa kondensasi :

Asumsi uap yang lolos = 20% uap yang masuk (Kern :616)

Jadi laju uap yang akan dikondensasi : 325,31 lb/jam

Non condensable gas : 81,33 lb/jam

Terminal difference : 5 F

Temperatur air keluar barometrik kondenser : 153 F

Temperatur air masuk : 68 F

Kenaikan suhu air : 85 F

Temperature udara non condensable gas meninggalkan barometrik kondenser
 : 91 F

Dari ludwig hal 211, pers 6.8

Gpm air pendingin yang dibutuhkan = $(W_s * L) / (T_w * 500)$

Dimana :

W_s : Jumlah uao yang dikondensasi (lb)

L : Panas laten penguapan pada $T_{sat} = 135$ F (btu/lb)

: 11119,78 kJ/jam

: 10539,52 Btu/lb

Gpm : 80,6737 gallon/menit

Tinggi barometrik kondenser

P_a = tekanan pada permukaan liquid dalam kaki barometer

P_b = tekanan pada permukaan liquid

P_h = tekanan hidrostatik

$P_a : P_b$

$P_h + P_a : P_b$

Pada keadaan ideal :

$P_a = 0$

$\rho_{\text{air}} \times h_{\text{air}} \cdot g + 0 = \rho_{\text{liq}} \times h_{\text{liq}} \times g$

$h_{\text{air}} = (13,6 \cdot 76) / 1 = 1033,600 \text{ cm}$

$= 10,3360 \text{ m}$

Spesifikasi :

Nama Alat = Condenser

Kode = E-322

Fungsi = Mengembunkan uap air dari evaporator

Type = *Counter current condenser*

Spesifikasi :

Kapasitas = 406,640 Lb/jam 184,4489 kg/jam

Laju pendingin = 80,67 gallon/menit

Tinggi barometrik = 10,3360 M

28. Kondesor 2

Dengan Perhitungan yang sama seperti Kondesor 1 di dapatkan :

Nama Alat = Condenser 2

Kode = E-322

Fungsi = Mengembunkan uap air dari evaporator

Type = *Counter current condenser*

Spesifikasi :

Kapasitas = 2200,903 lb/jam 998,313 kg/jam

Laju pendingin = 5292,55 gallon/menit

Tinggi barometrik = 10,3360 M

29. Kristalizer 1

Type : *Swenson Walker Cooling Crystalizer*

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk kristalisasi pendinginan

Dari arus 10 didapatkan

$$\rho \text{ campuran} = 1,0697 \text{ kg/L} = 66,78 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{Rate bahan masuk} = 2822,7070 \text{ kg/jam}$$

$$F_v \text{ campuran} = 93,1853 \text{ cuft/jam}$$

$$\text{Waktu kristalisasi} = 1 \text{ jam}$$

$$\text{Volume bahan} = 93,1853 \text{ cuft/jam}$$

$$\text{Volume Overdesign 20\%} = 116,4816 \text{ cuft/jam} = 3,2984 \text{ m}^3$$

Perhitungan dimensi kristalizer

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

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

$$(m \times D^3) / 2 = 65,26 \text{ ft}$$

$$m \times D^3 = 130,5116 \text{ ft}$$

$$D^3 = 39,5490 \text{ ft}$$

$$D = 3,4090 \text{ ft} = 1,0385 \text{ m}$$

$$L = D \times 3,33 = 11,2433 \text{ ft} = 3,4269 \text{ m}$$

Luas cooling area pada cristalizer

$$S = V \times \frac{(2 + 4m)}{mD} = 157,47 \text{ ft}^2 / \text{cuft}$$

Power pengaduk pada Swenson walker cristalizer =

Power pengaduk yang digunakan adalah 16 hp tiap 1000 cuft bahan

(Hugot;694)

$$\text{Volume bahan} = 116,4816 \text{ cuft}$$

$$\text{Power kristalisasi} = 1,86 \text{ HP diambil 2 HP}$$

Spesifikasi

| Resume | | | |
|----------------------|---|-----------------------|---------------|
| Nama Alat | <i>Crystallizer</i> | | |
| Kode | H-410 | | |
| Fungsi | Mengkrystalkan larutan H_3BO_3 menjadi kristal H_3BO_3 dengan pendinginan | | |
| Type | <i>Swenson-Walker Crystallizer</i> | | |
| Spesifikasi : | | | |
| Kapasitas | 116,4816 cuft | 3,2984 m ³ | 871,3992 gall |
| Diameter | 3,4070 ft | 1,0385 m | |
| Panjang | 11,2433 ft | 3,4269 m | |
| Luas cooling area | 157,4739 ft ² /cuft | | |
| Power | 2 Hp | | |

30. Perancangan Silo 1

Fungsi = Menyimpan Produk Natrium Format

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

2. Tekanan 1 atm
3. Suhu operasi 30°C
4. 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 9 diketahui :

$$p \text{ campuran} = 1,89 \text{ kg/m}^3 = 0,12 \text{ lb/cuft}$$

$$F_v \text{ campuran} = 394,56 \text{ m}^3/\text{jam} = 13933,81 \text{ cuft/jam}$$

Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 1 tangki

$$\text{Volume tangki Over Design 20\%} = F_v \times 7 \times 24 : 2 = 6966,91 \text{ cuft}$$

Kurang dari 71354 cuft berarti masuk small tank

Menghitung dimensi tangki

Menghitung tinggi dan diameter

Untuk small H=D

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

Volume = 8360,29 cuft

Diameter = 22 ft = 264 in = 6,7 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 cairan = 1,89 kg/m³ = 0,12 b/cuft

Efisiensi pengelasan = 0,85

Faktor korosi = 0,125

Tegangan diijinkan = 36000 psi

D = 264,02 in

r = 132,0085 in

Menentukan tekanan duliu pada design tangki

Mc.Cabe pers 26-24

Penentuan tekanan design pada tangki :

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

ZT = H x 80% = 17,60 ft

Miu = 0,45

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

konversi ft² ke in² = 144

psi = lb/in²

pb = 5,29 lb/ft² = 0,04 psi

Tekanan Lateral, pL = k' pB

$$pL = 0,334 \times 0,04 = 0,01 \text{ psi}$$

$$p \text{ operasi} = pB + pL = 0,049 \text{ psi}$$

$$p \text{ desain } 10\% = 0,054 \text{ psi}$$

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

Tutup bawah conis dengan pers Brownell hal 118

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

$$P = 0,054 \text{ psi}$$

$$D = 264,02 \text{ in}$$

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

$$F = 36000$$

$$E = 0,85$$

$$Ts = 0,7817 \text{ in dirancang } 7/8 \text{ in}$$

Tinggi conical pers 4-17 Hesse

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

| | | | |
|--------------|----------|--------------------|----------------|
| Keterangan : | α | = ½ sudut conis | ; 15° |
| | D | = diameter tangki | ; ft |
| | m | = flat spot center | ; 12 in = 1 ft |

$$Tg 15 = 0,85599$$

$$D = 264,02 \text{ ft}$$

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

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

Spesifikasi

Volume : 8360, 29 cuft

Diameter : 22,0001 ft

Tinggi : 22,0001 ft

Tebal shell : 0,1252 in

Tebal tutup atas : 0,1265 in

Tebal tutup bawah : 0,1265 in

Tinggi conical : 2,8142 ft

Konstruksi : *Stainless steel 304*

Jumlah : 2

31. Perancangan silo 2

Dengan perhitungan yang sama seperti silo 1 didapatkan

| | | | | |
|-------------------|---|--|-------------------------|------------------|
| Type | = | Silinder tegak dengan tutup atas datar dan bawah conis | | |
| Volume | = | 7261,5 cuft | 205,6226 m ³ | = 205622,6 liter |
| Diameter | = | 20,9919 ft | 6,3983 M | 54319,73 Gallon |
| Tinggi | = | 20,9919 ft | 6,3983 M | |
| Tekanan | = | 1 atm | | |
| Suhu | = | 30 °C | | |
| Tebal shell | = | 0,3411 in | dirancang | 3/16. in |
| Tebal tutup atas | = | 1,5258 in | dirancang | 0,5 In |
| Tebal tutup bawah | = | 1,5258 in | dirancang | 0,5 In |
| tinggi conical | = | 2,6789 ft | 0,816534 M | |
| | | stainlees steel (SA-167) Type | | |
| Bahan konstruksi | = | 304 | | |
| Jumlah | = | 2 buah | | |

32. Bucket Elevator 1

Fungsi : Memindahkan Natrium format dari screw conveyor ke silo 1

Tipe : Countinous Discharge Bucket Elevator

Dasar pemilihan : Untuk memindahkan bahan menuju Silo penyimpanan

Perhitungan

Rate massa : 746,83 kg/jam = 0,75 ton/jam

Tinggi bucket : tinggi mixer+ jarak dari dasar = 6,71 + 1 = 7,71 m = 25,28 ft

Pemilihan power (Perry 7ed tabel 21-8)

Kapasitas maksimum : 14 ton/jam

Power pada head shaft : 1,6 HP

Power tambahan : 0,02 HP tiap hari

Power tambahan : 0,51 hp

Power total = 2,12 HP

Efisiensi motor 80%

Power total = 2,63 HP

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

Spesifikasi :

Fungsi : Memindahkan bahan Natrium format menuju silo 1

Tipe : Continuous Discharge bucket Elevator

Kapasitas maksimum: 14 ton/jam

Ukuran : 6 in x 4 in x 4,5 in

Bucket spacing : 12 in

Pusat elevator : 25 ft

Tinggi elevator : 7,71 m

Ukuran feed (maks) : 0,0191 m

Bucket speed : 12 ft/menit

Putaran head shaft : 2 rpm

Lebar belt : 7 in

Power total : 2,65 HP = 3 HP

33. Bucket elevator 2

Dengan perhitungan yang sama seperti Bucket elevator 1 di dapatkan :

Spesifikasi

Fungsi : Memindahkan bahan pentaerythrytol menuju silo 2

Tipe : Continuous Discharge bucket Elevator

Kapasitas maksimum: 14 ton/jam

Ukuran : 6 in x 4 in x 4,5 in

Bucket spacing : 12 in

Pusat elevator : 25 ft

Tinggi elevator : 10,69 m

Ukuran feed (maks) : 0,0191 m

Bucket speed : 20,54 ft/menit

Putaran head shaft : 4 rpm
 Lebar belt : 7 in
 Power total : 2,88 HP = 3 HP

34. Screw Conveyor 1

Fungsi : Memindahkan bahan dari Centrifuge 1 menuju silo 1
 Tipe : Plain spouts or chutes
 Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk slury dengan sistem tertutup
 Kondisi operasi: T = 30°C dan P = 1 atm
 Dari neraca massa dan panas didapatkan laju alir dan densitas
 F_v : 746,83 kg/jam = 1646,48 lb/jam
 ρ bahan : 2,94 kg/m³ = 0,18 lb/cuft
 Volumetrik bahan : 9,86 cuft/jam = 0,16 cuft/menit
 ρ bahan : 0,18 b/cuft termasuk kelas D (Badger, Tabel 16-6) dengan
 $F = 3$
 Power motor = (C x L x W x F) / 33000 (Badger, persamaan 16-5) dengan
 C = kapasitas, cuft/menit
 L = panjang, ft asumsi panjang screw 4 m = 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 = 1,8 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 centrifuge 1 ke silo 1
 Tipe : Plain spouts or chutes
 Kapasitas : 9,86 cuft/jam
 Panjang : 4 m

Diameter : 0,2540 m
Kecepatan putaran: 13 rpm
Power : 0,0001 HP = 1 HP

35. Screw conveyor2

Dengan Perhitungan yang sama seperti screw conveyor 1 didapat

Spesifikasi

Fungsi : Memindahkan bahan dari kristaliser 1 ke centrifuge
Tipe : Plain spouts or chutes
Kapasitas : 93,19 cuft/jam
Panjang : 4 m
Diameter : 0,2540 m
Kecepatan putaran: 13 rpm
Power : 0,0001 HP = 1 HP

36. Screw conveyor 3

Dengan Perhitungan yang sama seperti screw conveyor 1 didapat

Spesifikasi

Fungsi : Memindahkan bahan dari centrifuge ke silo
Tipe : Plain spouts or chutes
Kapasitas : 29,77 cuft/jam
Panjang : 4 m
Diameter : 0,2540 m
Kecepatan putaran: 13 rpm
Power : 0,0001 HP = 1 HP

37. Perancangan Heater-01

Fungsi : Memanaskan larutan produk keluaran mixer dari suhu 30°C ke suhu 100°C
Alat : *Heat Exchanger tipe Shell and Tube*
Letak : Setelah Mixer-01

Shell : Bahan

Tube : Steam

Kebutuhan pemanas adalah 10,89 kg/jam

Perancangan alat heater - 01

Fluida dingin :

Suhu masuk : 26,02°C = 78,83°F

Suhu keluar : 35°C = 95°F

Massa masuk : 3408,6984 kg/jam

Fluida panas : kebutuhan pemanas = 10,89 kg/jam

Beban pemanas = 86613,52 kJ/jam

Suhu pemanas masuk: 120°C

Suhu pemanas keluar: 100°C

Menentukan spesifikasi alat

| Fluida panas (°F) | | Fluida dingin | dT |
|-------------------|-------------|---------------|--------|
| 78,83 (T1) | Higher temp | 212 (t2) | 133,17 |
| 95 (T2) | Lower temp | 248 (t1) | 153 |

$$dt1 = 133,17 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$dt2 = 153 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$dt2 - dt1 = - 19,83^\circ\text{F}$$

Menghitung temperature caloric

$$R = (T1-T2)/(t2-t1) = 0,45$$

$$S = (t2-t1)/(T1-t1) = 0,21$$

Dari Kern halaman 828

Fig 18 HE 1-2 didapatkan Ft = 0,82

$$dT \text{ LMTD} = dT \text{ LMTD} \times Ft = 117,27$$

$$dtc/dth = dt1/dt2 = 1,15$$

$$\text{LMTD} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2.3 \log \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} \times = 117,27^\circ\text{F}$$

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

$$Ta = (T1+T2)/2 = 86,91^\circ\text{F}$$

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

$$Kc = 0,75 \text{ dan } Fc = 0,63$$

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

$$Tc = 84,81^\circ\text{F}$$

$$tc = t1 + Fc(t2 - t1) = 255,32^\circ\text{F}$$

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

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

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

$$A = Q / (Ud \times LMTD) = 91377,26 / 23454,79 = 3,89 \text{ ft}^2$$

$$A = 3,89 \text{ ft}^2$$

$$a'' = 0,2618 \text{ ft}^2 / \text{lin ft (Kern hal 843)}$$

$$L = 7 \text{ ft} = 2,1336 \text{ m (ditentukan)}$$

Jumlah tube :

$$Nt = 10,9817$$

$$\text{Standart} = 12 \text{ (kern)}$$

Parameter design dari Tabel 9 Kern halaman 842

Pipa = 1,25 in OD tubes

Pitch = 1 9/16 square pitch

Shell side

ID = 10 in (Kern hal 842)

Buffel = 3

Pass (pasang) = 2

Tube side

Number and length = 12

OD = 1,25

BWG = 12

Pitch = 1 9/16 square pitch

Passes = 4

Tabel 10 kern halaman 843

| | in | ft | m |
|----------------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| OD pipe = | 1.2500 | 0.1042 | 0.0318 |
| ID pipe = | 0,782 | 0,0652 | 0,0199 |
| Pitch, PT = | 1.5625 | 0.1302 | 0.0397 |
| Panjang pipa, Lt = | | 7 | 2,1336 |
| | in ² | ft ² /ft | m ² |
| Surface per lin ft, a''t = | | 0,2618 | 0,0243 |
| Flow area per tube, a't = | 0,479 | 0,0033 | 0,0003 |

Koreksi Ud

$$A = a'' \times Nt \times L = 21,9912 \text{ ft}^2$$

$$Ud = Q/(A \times LMTD) = 35,43 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

Fluida panas : Shell side

Flow area (a_s) =

dimana

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

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

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

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

$$a_s = 0,0965 \text{ ft}^2$$

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

$$w = 7514,77 \text{ lb/jam}$$

$$a_s = 0,0965 \text{ ft}^2 \text{ bisa dihitung } Gs = 77906,87 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

Menentukan bilangan Reynold

$$Gs = 77906,87 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

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

$$\text{Miu} = 1,053 \text{ lb/ft jam}$$

$$Re_s = \frac{Gs \cdot D}{\mu} = 3703,3504$$

$$jH = 55 \text{ (fig 28 Kern 838)}$$

$$\text{Menentukan k dan c pada } t_a = 86,91 \text{ °F}$$

$$k = 128685,12 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

$$c = 7,0997 \text{ BTU/lb °F}$$

$$\text{miu} = 2,19 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 6363,1114 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ °F}$$

Menentukan h_o

$$h_o = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_s = 3359722,85 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ °F}$$

Fluida dingin : Tube side

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

Dimana :

$$N_t = 12$$

$$a' = 0,479 \text{ in}^2$$

$$n = 4$$

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

Fluks massa melalui tube (Gt)

$$G_t = w / a_t$$

$$w = 24,02 \text{ lb/jam}$$

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

$$G_t = 2407,18 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$Re_t = G_t \times D / \text{miu}$ dimana

$$G_t = 2407,18 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,0652 \text{ ft (Tabel 10 Kern halaman 843)}$$

$$\text{Miu} = 0,6100 \text{ lb/ft jam}$$

$$Re_t = 257,17$$

$$jH = 60 \text{ (Fig 28 kern hal 838)}$$

Menentukan k dan c pada $t_a = 257 \text{ °F}$

$$k = 0,3943 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ °F}$$

$$c = 43,3318 \text{ BTU/lb °F}$$

$$\text{miu} = 0,5333 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 1,89 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

Menentukan hio

$$hi = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_t = 1739,73 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

Menentukan tube wall temperature

$$tw = tc + \frac{\frac{ho}{\phi_s}}{\frac{hio}{\phi} + \frac{ho}{\phi_s}} (Tc - tc)$$

$$tw = 84,88 \text{ °F}$$

$$tw = 302,03 \text{ K}$$

Menghitung Pressure Drop

Fluida dingin : shell side

$$Re_s = 3703,35$$

$$f \text{ (faktor friksi)} = 0,0023 \text{ ft}^2/\text{in}^2 \text{ (fig 29 Kern hal 839)}$$

$$s = 1,61$$

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

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

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5.22 \cdot 10^{10} \cdot D_e s \phi_s} = 0,1273 \text{ psi}$$

Tube side ;fluida panas

$$Re_t = 257,17$$

$$f = 0,002 \text{ ft}^2/\text{in}^2 \text{ (fig 29 Kern hal 839)}$$

$$s = 1$$

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5.22 \cdot 10^{10} D_t \cdot \phi_t} = 0,16 \text{ psi}$$

| Resume | | | |
|--------------|--|-----------------------|--------|
| Nama alat | <i>Heater-01</i> | | |
| Kode | E-216 | | |
| Fungsi | Memanaskan larutan produk keluaran Mixer-01 dari suhu 30°C ke suhu 100°C | | |
| Tipe | <i>shell and tube heat exchanger</i> | | |
| Tube | | | |
| OD | 1,25 in | 0,03175 m | 12 BWG |
| Panjang | 2,1336 m | | |
| <i>Pitch</i> | 1 9/16 in square pitch | | |
| Jumlah tube | 12 buah | | |
| Passes | 4 | | |
| Shell | | | |
| ID | 10 in | 0,254 m | |
| Passes | 2 | | |
| HE area, A | 3,89 ft ² | 0,3619 m ² | |
| Jumlah | 1 buah | | |

38. Perancangan *Heater-02*

Fungsi : Memanaskan H₂SO₄ dari suhu 30°C ke suhu 100°C

Alat : *Heat Exchanger tipe Shell and Tube*

Letak : Setelah Tangki H₂SO₄

Perhitungan sama seperti perancangan *Heater-01*, dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | | |
|--------------|--|-----------|--------|
| Nama alat | <i>Heater-02</i> | | |
| Kode | E-214 | | |
| Fungsi | Memanaskan H ₂ SO ₄ dari suhu 30°C ke suhu 100°C | | |
| Tipe | <i>shell and tube heat exchanger</i> | | |
| Tube | | | |
| OD | 1,25 in | 0,03175 m | 12 BWG |
| Panjang | 2,1336 m | | |
| <i>Pitch</i> | 1 9/16 in square pitch | | |
| Jumlah tube | 12 buah | | |
| Passes | 4 | | |

| Shell | | | |
|--------------|------------------------|-----------------------|--|
| ID | 10 in | 0,254 m | |
| Passes | 2 | | |
| HE area, A | 5,4175 ft ² | 0,5033 m ² | |
| Jumlah | 1 buah | | |

39. Perancangan Heater-03

Fungsi : Memanaskan H₂SO₄ dari suhu 30°C ke suhu 100°C

Alat : Heat Exchanger tipe Shell and Tube

Letak : Setelah Tangki H₂SO₄

Perhitungan sama seperti perancangan Heater-01, dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | | |
|---------------|--|-----------------------|--------|
| Nama alat | Heater-02 | | |
| Kode | E-214 | | |
| Fungsi | Memanaskan H ₂ SO ₄ dari suhu 30°C ke suhu 100°C | | |
| Tipe | shell and tube heat exchanger | | |
| Tube | | | |
| OD | 1,25 in | 0,03175 m | 12 BWG |
| Panjang | 2,1336 m | | |
| Pitch | 1 9/16 in square pitch | | |
| Jumlah tube | 12 buah | | |
| Passes | 4 | | |
| Shell | | | |
| ID | 10 in | 0,254 m | |
| Passes | 2 | | |
| HE area, A | 5,4175 ft ² | 0,5033 m ² | |
| Jumlah | 1 buah | | |

40. Perancangan Heater-04

Fungsi : Memanaskan H₂SO₄ dari suhu 30°C ke suhu 100°C

Alat : Heat Exchanger tipe Shell and Tube

Letak : Setelah Tangki H₂SO₄

Perhitungan sama seperti perancangan *Heater-01*, dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | | |
|--------------|--|-----------------------|--------|
| Nama alat | <i>Heater-02</i> | | |
| Kode | E-214 | | |
| Fungsi | Memanaskan H ₂ SO ₄ dari suhu 30°C ke suhu 100°C | | |
| Tipe | <i>shell and tube heat exchanger</i> | | |
| Tube | | | |
| OD | 1,25 in | 0,03175 m | 12 BWG |
| Panjang | 2,1336 m | | |
| <i>Pitch</i> | 1 9/16 in square pitch | | |
| Jumlah tube | 12 buah | | |
| Passes | 4 | | |
| Shell | | | |
| ID | 10 in | 0,254 m | |
| Passes | 2 | | |
| HE area, A | 5,4175 ft ² | 0,5033 m ² | |
| Jumlah | 1 buah | | |

41. Perancangan *Heater-05*

Fungsi : Memanaskan H₂SO₄ dari suhu 30°C ke suhu 100°C

Alat : *Heat Exchanger tipe Shell and Tube*

Letak : Setelah Tangki H₂SO₄

Perhitungan sama seperti perancangan *Heater-01*, dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | | |
|--------------|---|--------------|--------|
| Nama alat | <i>Heater-02</i> | | |
| Kode | E-214 | | |
| Fungsi | Memanaskan H_2SO_4 dari suhu $30^\circ C$ ke suhu $100^\circ C$ | | |
| Tipe | <i>shell and tube heat exchanger</i> | | |
| Tube | | | |
| OD | 1,25 in | 0,03175 m | 12 BWG |
| Panjang | 2,1336 m | | |
| <i>Pitch</i> | 1 9/16 in square pitch | | |
| Jumlah tube | 12 buah | | |
| Passes | 4 | | |
| Shell | | | |
| ID | 10 in | 0,254 m | |
| Passes | 2 | | |
| HE area, A | 5,4175 ft^2 | 0,5033 m^2 | |
| Jumlah | 1 buah | | |

10. Perancangan *Cooler*

Fungsi : Mendinginkan larutan produk dari centrifuge 01 dari suhu $100^\circ C$ ke suhu $30^\circ C$

Alat : *Heat Exchanger tipe Shell and Tube*

Letak : Sebelum masuk *Centrifuge 01*

Shell side : Bahan

Tube side : Pendingin (Air)

Perhitungan sama seperti perancangan *Heater-01*, dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

| Resume | | | |
|--------------|---|---------------------|--------|
| Kode | E-412 | | |
| Fungsi | Mendinginkan larutan produk dari suhu 100°C ke suhu 30 °C | | |
| Tipe | <i>shell and tube heat exchanger</i> | | |
| Tube | | | |
| OD | 0,75 in | 0,01905 m | 12 BWG |
| Panjang | 2,1336 m | | |
| <i>Pitch</i> | 1 in square pitch | | |
| Jumlah tube | 26 buah | | |
| Passes | 2 | | |
| Shell | | | |
| ID | 10 in | 0,254 m | |
| Passes | 1 | | |
| HE area, A | 55,24 ft ² | 5,13 m ² | |
| Jumlah | 1 buah | | |

UTILITAS

Unit Penyediaan dan Pengolahan air

- A. Air untuk keperluan umum jumlah total 1356 kg/jam
- B. Air proses total 1208,2848 kg/jam dan make up 698,5972 kg/jam
- C. Air untuk boiler total 189,59 kg/jam dan make up 17,06 kg/jam
- D. Air untuk cooling tower 191,18 kg/jam dan make up 19,12 kg/jam
- E. Air untuk refrigerant 271,71 kg/jam dan make up 27,17 kg/jam

1. Udara Tekan

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

Tugas : Menekan udara lingkungan untuk keperluan instrumentasi

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

Kompresor udara

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

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

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

$P_1 =$ tekanan udara = 1 atm

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

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

$V_w = 57,8 \text{ m}^3/\text{jam} = 2037,4138 \text{ cuft}/\text{jam} = 33.9569 \text{ cuft}/\text{min}$

Dari fig 1 Branen, didapat kompresor yang digunakan reciprocating

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

Compressor ratio = 1,3

Dipilih reciprocating compressor 1 stage horizontal

BM rata – rata = 28,14

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

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

$n = 1,4$

$$T1 = 303 \text{ K}$$

$$P2/P1 = 1,3$$

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

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

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

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

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

2. Refrigerant

Massa air pendingin 358,75 kg/jam

$$Q = 30143,4755 \text{ kJ/jam}$$

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

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

$$Q = 210226,3737 \text{ kJ/jam}$$

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

Kebutuhan pendingin Freon

$$\text{Kebutuhan pendingin}(m) = \frac{Q}{\lambda} = 30143,4755 / 2501 = 12,05 \text{ kg/jam}$$

Kompresor

Uap jenuh (A)

$T_a = -29,8^{\circ}\text{C}$ dari www.EngineeringToolBox.com didapat :

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

$$H_a = 174,29 \text{ kJ/kg}$$

$$S_a = 0,7168 \text{ kJ/kgK}$$

Uap (B)

$P_b = 3,578 \text{ atm}$ dari www.EngineeringToolBox.com didapat :

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

$$H_b = 148,97 \text{ kJ/kg}$$

$$S_b = 0,6942 \text{ kJ/kgK}$$

Tenaga yang dibutuhkan (-Ws) :

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

$$\text{Jumlah Freon} = 117,6508 \text{ lbm/jam}$$

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

BTU/jam

$$\text{Tenaga} = 0,8730 \text{ kW}$$

Katub Expansi

Cair jenuh (C)

$$P_c = 3,578 \text{ atm}$$

Dari www.EngineeringToolBox.com :

$$T_c = 10^\circ\text{C}$$

$$H_c = 8,98 \text{ kJ/kg}$$

Cair-uap (D)

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

Dari www.EngineeringToolBox.com

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

$$H_d = H_c = 8,98 \text{ kJ/kg}$$

Mencari jumlah cairan yang menjadi uap

Karena titik B merupakan campuran cair dan uap maka :

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

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

$$H_c = \text{entalpi pada cair jenuh} = 8,98 \text{ BTU/lbm}$$

$$H_u = \text{Entalpi pada uap jenuh} = 183,34 \text{ BTU/lbm}$$

X = fraksi uap yang terbentuk

$$X = 0,07 \text{ lbm uap/lbm cair}$$

Kondensor

$$P_b = P_c = 52,59 \text{ psia}$$

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

Coefecirnt of performance (Ratio refrigerasi)

Siklus uap dengan katup ekspansi

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

3. Alat yang digunakan

3.1 Cooling Tower

Fungsi : Tempat mendinginkan air pendingin dan mensirkulasikan kembali

Suhu air masuk cooling : $50\text{ }^{\circ}\text{C} = 122\text{ }^{\circ}\text{F}$

Suhu air keluar cooling : $30\text{ }^{\circ}\text{C} = 82,4\text{ }^{\circ}\text{F}$

Kecepatan pemasukan : $4936,24\text{ kg/jam} = 21,73\text{ gpm}$

Digunakan udara sebagai medium pendingin dengan $\text{RH} = 70\%$

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

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

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

Maka setiap lb udara kering membawa $0,0262\text{ lb air}$

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

$W_c = 4936,24\text{ kg/jam}$

$W_e = 83,92\text{ kg/jam} = 185\text{ lb/jam}$

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

Udara yang dipindahkan = $185 / 0,0262 = 7061,19\text{ lb udara kering / jam}$

Kecepatan air 5 gpm

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

$\rho_{\text{air}} = 997\text{ kg/m}^3 = 28,23356\text{ kg/cuft}$

$\mu_{\text{air}} = 0,85\text{ cp} = 2,057\text{ lb/ft jam} = 3,0611\text{ kg/ m jam}$

laju alir massa = $82,27\text{ kg/menit}$

$Q_t = 82,27 / 28,2356 = 2,91\text{ cuft/menit} = 21,79\text{ gpm}$

Cooling tower area = debit air yang diinginkan / kecepatan air = $82,27 / 28,23 = 4,36\text{ ft}$

Over design 20%

Luas cooling area = $41,29\text{ ft} = 12,09\text{ m}$

Tinggi = akar dari luas $3,63\text{ m}$

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

$$W_b = W_e / (s-1) = 185 / (5 - 1) = 46,25 \text{ lb/jam}$$

$$W_d = 0,0002 \times 46,25 = 0,0092 \text{ lb/jam}$$

Jadi,

$$W_m = W_e + W_d + W_b = 140,89 \text{ lb/jam} = 2517,58 \text{ kg/hari}$$

Daya penggerak fan cooling tower

Performance cooling tower 90%

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

Tenaga yang dibutuhkan (BHP) = luas tower x daya penggerak fan = 1,24

HP

Efisiensi motor 80%

$$\text{Power motor} = \text{BHP} = 1,55 \text{ HP}$$

Digunakan 1 fan dengan motor 2 HP

3.2 Bak Refrigerator

Densitas : 1000 kg/m^3

Pemasukan air : 2778,13 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 kg/jam

Dirancang overdesign 20% dan waktu tinggal dalam tangki 1 jam

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

$$\text{Diameter} = \text{Tinggi} = D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}} = 3,14 \text{ m}$$

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/m³

Overdesign : 20%

Kapasitas : 18,93 gpm

Air yang masuk ke dalam *kation exchanger* mengandung :

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

Volume resin

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Kation yang diserap}}{\text{Kapasitas penyerapan}} \\
 &= \frac{851,38 \text{ eq}}{0,18 \text{ eq/L}} \\
 &= 4729,86 \text{ L} \\
 &= 167,03 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

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

HCl yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 &= 1,1 \text{ g HCl/L resin} \times \text{Volume resin} \\
 &= 1,1 \text{ g HCl/L resin} \times 4729,86 \\
 &= 5202,85 \text{ g HCl}
 \end{aligned}$$

Volume HCl 37% yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5202,85 \text{ G}}{1,18 \text{ g/cm}^3} \\
 &= 4409,195 \text{ cm}^3 \\
 &= 4,4092 \text{ L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume resin} &= \frac{\square}{4} \times D^2 \quad H \\
 167,03 &= 0,785 \frac{D}{3} \\
 D^3 &= 212,78 \text{ ft} \\
 D &= 5,97 \text{ ft} \\
 \text{h bed} &= D \\
 &= 5,97 \text{ f} \\
 &\quad \text{t}
 \end{aligned}$$

| | | | |
|------------------|---|----------|-----------------|
| Kapasitas | = | 18,93 | gpm |
| Volume bed resin | = | 167,03 | ft ³ |
| 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 : $W = 4299,07$ kg/jam

p : 997 kg/m²

Overdesign: 20%

Kapasitas : 18,93 gpm

Air yang masuk ke dalam *anion exchanger* mengandung:

| | | | | | | |
|-------------------------------|---|-----|-------|---|--------|-------|
| SO ₄ ²⁻ | = | 200 | mg/L | = | 0,4167 | meq/L |
| NO ⁻ | = | 10 | mg/L | = | 0,3333 | meq/L |
| 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:

Kebutuhan NaOH = Regenerasi resin x Volume resin
 = 70 g NaOH/L x 618,44
 = 43290,83 g NaOH
 = 43,2908 kg NaOH

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

21,84 = 0,785 D³

D³ = 27,83 ft³

D = 3,03 ft

H bed = D
 = 3,03 ft

Tinggi silinder = h bed
 = 3,03 ft

Karakteristik synthetic resin anion exchanger

Volume bed resin = 21,84 ft³
 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 m³/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 ,m

Tinggi tangki = 3,2 x 1,5 = 4,8 m

3.6 Daerator

Bahan : Stainless stell 304

Tugas : Melepaskan gas – gas yang terlarut dalam air seperti O₂ dan CO₂

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 kg/jam = 11,5 kmol/jam

Kecepatan steam: 6500 kg/jam = 361,1 kmol/jam

Massa jenis air: 997 kg/m³

Massa jenis steam : 955,7704 kg/m³

Viskositas air : 1 cP = 0,001 Ns/m²

$FL_v = L / v (MJ_v / MJ_1)^{0,5}$

$FL_v = 10,1 / 55,6 (955,7704 / 977)^{0,5}$

FL_v = 0,03

Dari fig 11.44 Coulson dengan dP/m diambil 8 mm air/m

Didapat $K_4 = 0,3$

$$V_w' = ((K_4 \times MJ_v \times (MJ_1 - MJ_v) / (42,9 \times F_p \times (vis_1 / MJ_1)^{0,1}))^{0,5}$$

$$V_w' = ((0,08 \times 955,7704 \times (997 - 955,7704) / (42,9 \times 160 \times (0,001/997)^{0,1}))^{0,5}$$

$$V_w' = 3,22 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

$$\text{Luas penampang} = 6500 / (3,219 \times 3600) = 0,56 \text{ m}^2$$

$$\text{Diameter bed} = (4 \times 0,56 / 3,14)^{0,5} = 0,85 \text{ m}$$

Dipakai $D = 0,9 \text{ m}$

Untuk diameter packing 1 in tinggi bed diperkirakan $0,4 - 0,5 \text{ m}$

(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 : $189,59 \text{ kg/jam} = 418,06 \text{ lb/jam}$

Dari steam table

$$P = 14,5 \text{ psi}$$

$T = 314,6^\circ\text{F}$ (suhu dipakai 150°C , tetapi dibuat 157°C asumsi hilang 7°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%

$$\text{Air umpan} = 189,59 \text{ kg/jam} / 85\% = 223,0 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Suhu air umpan } T_1 = 80,6 \text{ }^\circ\text{F} = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$

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

$$\text{Beban boiler} = m \text{ cp dt air} + m \text{ air (H}_v\text{-H}_d)$$

$$\text{Beban boiler} = 195,4 \times 1 \times (157 - 24) + 392 \times (1167,3 - 228,65)$$

$$\text{Beban boiler} = 1021631 \text{ kJ/jam}$$

Digunakan bahan bakar fuel oil (solar) dengan spesifikasi

$$\text{Normal heating value (F)} = 45600 \text{ kJ/kg } (\text{http://indonesia-property.com})$$

$$\text{Densitas } 0,85 \text{ kg/L}$$

Efisiensi 80%

$$\text{Kebutuhan solar} = Q / (F \times p) = 1021631 / 30862,08 = 33,10 \text{ L/jam}$$

$$\text{Kebutuhan solar} = 794,47 \text{ L/hari}$$

3.8 Tangki Larutan N_2H_2

Tugas : membuat larutan N_2H_2 yang mencegah pembentukan kerak dalam proses

$$\text{Air yang diolah sebanyak } 206,65 \text{ kg/jam} = 0,21 \text{ m}^3/\text{jam} = 54,59 \text{ gallon/jam}$$

$$\text{Kebutuhan } \text{N}_2\text{H}_2 = 30 \text{ ppm}$$

$$= ((30/1000000) \times 206,65) = 0,0062 \text{ kg/jam} = 0,3280$$

lb/hari

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

$$\text{Volume } \text{N}_2\text{H}_2 = 0,33 / 63,74 = 0,0052 \text{ cuft/hari}$$

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

Overdesign 20%

Dibuat larutan N_2H_2 5 %

$$\text{Volume larutan} = (100/5) \times 0,005146 \times 720 = 3,09 \text{ cuft} = 0,0874 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki} = 0,10 \text{ m}^3$$

Bentuk tangki = silinder tegak

Ukuran tangki = $H/D = 1$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}} = 0,51 \text{ m}, \text{ jadi } H = D = 0,51 \text{ m}$$

Digunakan motor listrik 0,5 HP dengan putaran pengadukan 20 rpm

Spesifikasi :

Jenis

Volume : 0,10 m³

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 = $6 \times 181844,5075 / 100000 = 3,6 \text{ lb/bulan}$

p karbon aktif = 27 lb/cuft

Volume = $10,2716 / 27 \times 1 \text{ bulan} = 0,4041 \text{ cuft}$

Overdesign 20% maka $V = 0,4849 \text{ cuft}$

Bentuk tangki $H/D = 2$

$V = (\pi/4) \times D \times D \times (2 \times D)$

$D = (2 \times V / \pi)^{(1/3)}$

$D = 0,6760 \text{ ft} = 0,2060 \text{ m}$

$H = 0,4121 \text{ m} = 1,3519 \text{ ft}$

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 = $(5/1000000) \times 956 = 0,0048$ kg/jam

Kebutuhan larutan kaporit 5% = $(100/5) \times 0,0048 = 0,0956$ kg/jam

Densitas larutan dianggap 997 kg/m^3

Keperluan 1 bulan :

Volume cairan – $30 \times 24 \times (0,0956/997) = 0,069 \text{ m}^3$

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 : $956 \text{ kg/ jam} = 0,956 \text{ m}^3 / \text{jam}$

Kapasitas 7 hari kedepan:

Overdesign 20%

Bentuk : silinder vertical

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 : *Marine propeler 3 blade*
Bahan : *Stainless stell SA 167 type 304*

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 m³/jam
Overdesign 10% waktu tinggal 1 jam
V tangki : 2,7781 x 1,1 x 1 = 3,0559 m³
Dimensi tangki: $D = H = (4 \times V / \pi)^{(1/3)} = 1,5731 \text{ m}$
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 m³/jam

Overdesign 10% waktu tinggal 1 jam

$$V \text{ tangki} : 2,7781 \times 1,1 \times 1 = 3,0559 \text{ m}^3$$

$$\text{Dimensi tangki: } D = H = (4 \times V / \pi)^{(1/3)} = 1,5731 \text{ m}$$

Bahan : Carbon Steel

1.16 Pompa 1

Fungsi : memompa air dari B-01 ke TU-01

Kondisi air suhu 28°C , didapatkan :

$$p = 1022,8753 \text{ kg/m}^3 = 63,8639 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{miu campuran} = 0,8150 \text{ cp} = 0,0005 \text{ lb/ft s}$$

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 (ft²)

$$v = 0,4553 \text{ ft/s} = 0,1388 \text{ m/s}$$

Menghitung bilangan Reynold

$$N_{Re} = D \times v \times p / \text{miu} , \text{ dengan}$$

$$p = \text{densitas cairan} = 63,8539 \text{ lb/cuft}$$

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

$$V = 1,4355 \text{ ft/s}$$

$$\text{Miu} = 0,0006 \text{ lb/ft s}$$

$$\text{NRe} = 18383,2580 \text{ (NRe} > 2100 \text{ jadi aliran Turbulen)}$$

Neraca Tenaga

Tenaga mekanik teoritik dihitung dengan pers Bernauli

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

Dimana :

Δv = beda kecepatan linier fluida

a = faktor koreksi terhadap tenaga kinetis s^2/lb

g_c = faktor koreksi = $32174 \text{ lb ft/ lbf s}^2$

Δz = beda elevasi

g = konstanta gravitasi m/s^2

ρ = densitas fluida lb/cuft

$\sum F$ = total friksi pada sistem pemipaan

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

$$\text{Tinggi cairan dalam shell} = 1,4345 \text{ m} = 4,7064 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi pemasukan di T-01} = 1,3250 \text{ ft} = 0,4039 \text{ m}$$

$$\Delta z = 3,3814 \text{ ft} = 1,0307 \text{ m}$$

Menghitung pressure head

Tekanan B-01 1 atm

Tekanan dalam T-01 1 atm

$$\text{Pressure head} = \Delta P / \rho = 0$$

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 m |
|---------------------|--------|-------------|---------|----------------|
| | | ft | m | |
| Pipa Lurus : | | | | |
| Horizontal | 3 | 18.3727 | 5.6 | 16.8 |
| Vertikal | 3 | 18.3727 | 5.6000 | 16.8000 |
| Elbow 90° | 4 | 41.01049869 | 12.5000 | 50.0000 |
| Gate Valve | 1 | 49.21259843 | 15.0000 | 15.0000 |

Sumber : Coulson Richadson Halaman 203

Panjang ekuivalen pipa ($L + Le$) = 98,6 m = 323,4908 ft

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

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 s²

D = diameter dalam pipa = 0,0874 ft

$$\Sigma F = 0,0033 \text{ ft lbf / lbf}$$

$$= 0,0001 \text{ m}$$

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 :

$$Q = 0,0124 \text{ cuft/s}$$

$$-W_f = 3,4169 \text{ ft}$$

$$p = 63,8625 \text{ lb/cuft}$$

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 | : <i>Cast Iron</i> |
| Jenis | : <i>Centrifugal pump</i> |
| Jumlah | : 1 buah |
| Kapasitas | : 4,2029 m ³ /jam |
| Power | : 1 Hp |

6.8.23 Pompa Utilitas 6

| | |
|-----------|---------------------------------------|
| Kode | : PU-06 |
| Fungsi | : Mengalirkan air dari BU-01 ke TU-05 |
| Bahan | : <i>Cast Iron</i> |
| Jenis | : <i>Centrifugal pump</i> |
| Jumlah | : 1 buah |
| Kapasitas | : 6,8200 m ³ /jam |
| Power | : 2 Hp |

6.8.24 Pompa Utilitas 7

| | |
|-----------|---------------------------------------|
| Kode | : PU-07 |
| Fungsi | : Mengalirkan air dari BU-01 ke TU-06 |
| Bahan | : <i>Cast Iron</i> |
| Jenis | : <i>Centrifugal pump</i> |
| Jumlah | : 1 buah |
| Kapasitas | : 2,7160 m ³ /jam |
| Power | : 1 Hp |

6.8.25 Pompa Utilitas 8

| | |
|--------|---|
| Kode | : PU-08 |
| Fungsi | : Mengalirkan air pendingin dari CT ke tangki air pendingin |

Bahan : *Cast Iron*
Jenis : *Centrifugal pump*
Jumlah : 1 buah
Kapasitas : 6,8200 m³/jam
Power : 1 Hp

6.8.26 Pompa Utilitas 9

Kode : PU-09
Fungsi : Mengalirkan air dari refrignator ke tangki pendingin
Bahan : *Cast Iron*
Jenis : *Centrifugal pump*
Jumlah : 1 buah
Kapasitas : 2,7160 m³/jam
Power : 1 Hp

6.8.27 Pompa Utilitas 10

Kode : PU-10
Fungsi : Mengalirkan air dari TU-07 ke deaerator
Bahan : *Cast Iron*
Jenis : *Centrifugal pump*
Jumlah : 1 buah
Kapasitas : 0,1853 m³/jam
Power : 1 Hp

6.8.28 Pompa Utilitas 11

Kode : PU-11
Fungsi : Mengalirkan air dari daerator ke boiler
Bahan : *Cast Iron*
Jenis : *Centrifugal pump*
Jumlah : 1 buah
Kapasitas : 0,1853 m³/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 ³ /jam |
| Power | : 1 Hp |

LAMPIRAN

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 : 10.000 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

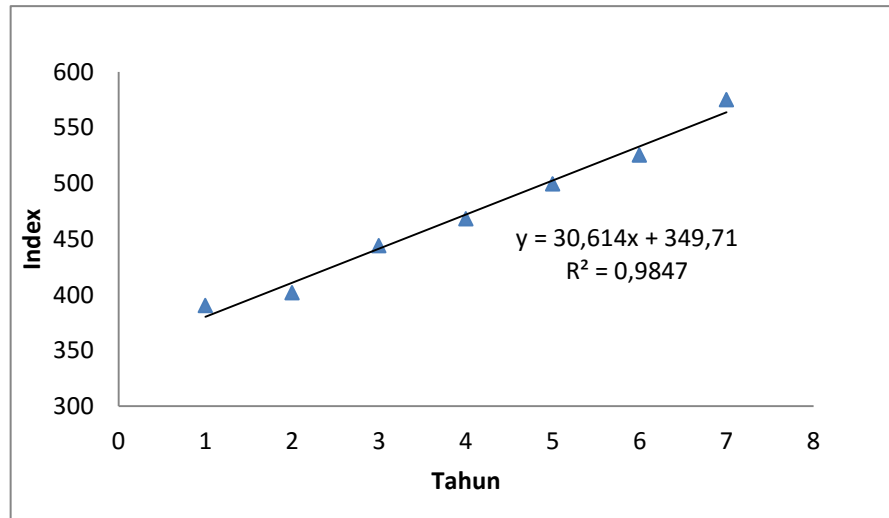
Harga alat pada tahun : 2014

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 indexes 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

Physical Plant Cost (PPC)

PPC = USD 888.078 = Rp 12.517.462.253

1. Delivered equipment cost (DEC)

Diperkirakan biaya transportasi alat sampai ditempat 10% PEC (Peters,2003)

DEC = 10% x Rp 12.517.462.253 = Rp 1.251.746.225

2. Biaya instalasi (biaya pasang alat) 25-55% PEC (Peters, 2003)

Material 11% PPC = 11% x Rp 12.517.462.253 = Rp 1.376.920.847,86

Buruh 32% PPC = 32% x Rp 12.517.462.253 = Rp 4.005.587.921,04

Jumlah manhour = Rp 4.005.587.921,04/ (Rp 18.812/manhour) = 212.927,28 manhour

Buruh lokal 100% = 100% x 18.812 x 212.927,28= Rp 4.005.587.921,04

Total cost = Rp 5.382.508.768,89

3. Pemipaan (biaya pasang pipa) untuk cairan sampai 80% (Peters,2003)

Material 43% PPC = 43% x Rp 12.517.462.253 = Rp 5.382.508.768,89

Buruh 37% PPC = 37% x Rp 12.517.462.253= Rp 4.631.461.033,70

Jumlah manhour = Rp 4.631.461.033,70/ (Rp 18.812 / manhour) = 246.197,16

- Buruh lokal (100%) = $100\% \times 18.812 \times 246.197,16 = \text{Rp } 12.517.462.253$
 Total cost = $\text{Rp } 10.013.969.802,59$
4. Instrumentasi (biaya pemasangan alat alat control) 8 – 50% (Peters,2003)
 Material 20% PPC = $20\% \times \text{Rp } 12.517.462.253,24 = \text{Rp } 2.503.492.450,65$
 Buruh 10% PPC = $10\% \times \text{Rp } 12.517.462.253,24 = \text{Rp } 1.251.746.225,32$
 Jumlah manhour = $\text{Rp } 1.251.746.225,32 / (\text{Rp } 18.812/\text{manhour}) = 66.539,77$
 Buruh lokal 100% = $100\% \times 18.812 \times 66.539,77 = \text{Rp } 671.519.397,51$
 Total cost = $\text{Rp } 3.175.011.848,16$
5. Listrik 15-30% PPC (Peters,2003)
 Material 15% PPC = $15\% \times \text{Rp } 12.517.462.253,24 = \text{Rp } 1.877.619.337,99$
 Buruh 5% PPC = $5\% \times \text{Rp } 12.517.462.253,24 = \text{Rp } 625.873.112,66$
 Jumlah manhour = $\text{Rp } 625.873.112,66 / (\text{Rp } 18.812/\text{manhour}) = 33.269,89$
 Buruh lokal 100% = $100\% \times 18.812 \times 33.269,89 = \text{Rp } 625.873.112,66$
 Total cost = $\text{Rp } 2.503.492.450,65$
6. Isolasi pada sistem pipa
 Material 5% PPC = $5\% \times \text{Rp } 12.517.462.253,24 = \text{Rp } 625.873.112,66$
 Buruh 4% PPC = $4\% \times \text{Rp } 12.517.462.253,24 = \text{Rp } 500.698.490,13$
 Jumlah manhour = $\text{Rp } 500.698.490,13 / (\text{Rp } 18.812/\text{manhour}) = 26.614,67$
 Buruh lokal 100% = $100\% \times 18.812 \times 26.614,67 = \text{Rp } 500.698.490,13$
 Total cost = $\text{Rp } 1.126.571.602,79$
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 m^2
 Harga jalan aspal = $\text{Rp } 150.000,00$ (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 m^2
 Harga tanah = $\text{Rp } 1.000.000.000 / \text{m}^2$ tahun 2018
 Biaya tanah = $\text{Rp } 15.850.000.000,00$
9. Utilitas
 Harga alat lokal $\text{Rp } 416.261.002$
 PPC = $\text{Rp } 13.485.518.662,62$

PPC = Purchased Equipment Cost

- Delivered Equipment Cost (DEC)

Diperkirakan biaya transport alat sampai tempat 10% PEC

DEC 10% PEC = 10% x Rp 13.485.518.662,62 = Rp 1.348.551.866,26

- Instalasi (biaya pemasangan 25-55% PEC)

Material 11% PPC = 11% x Rp 13.485.518.662,62 = Rp 1.483.407.052,89

Buruh 32% PEC = 32% x Rp 13.485.518.662,62 = Rp 4.315.165.261,34

Jumlah manhour = Rp 4.315.165.261,34 / (Rp 18.812/manhour) = 229.383,65

Buruh lokal 100% = 100% x 18.812 x 229.383,65 = Rp 4.315.165.261,34

Total cost = Rp 5.798.572.314,23

- Pemipaan (biaya pemasangan pipa) untuk cairan 80%

Material 43% PEC = 43% x Rp 13.485.518.662,62 = Rp 5.798.773.024,93

Buruh 37% PEC = 37% x Rp 13.485.518.662,62 = Rp 4.989.641.905,17

Jumlah manhour = Rp 4.989.641.905,17 / (Rp 18.812/manhour) = 265.224,85

Buruh lokal 100% = 100% x 18.812 x 265.224,85 = Rp 4.989.641.905,17

Total cost = Rp 10.788.414.930,10

- Instrumentasi 30% (biaya pemasangan alat control)

Material 20% PEC = 20% x Rp 13.485.518.662,62 = Rp 2.697.103.732,52

Buruh 10% PPC = 10% x Rp 13.485.518.662,62 = Rp 1.348.551.866,262

Jumlah manhour = Rp 1.348.551.866,262 / (Rp 18.812/manhour) = 71.682,39

Buruh lokal 100% = 100% x 18.812 x 71.682,39 = Rp 1.348.489.144,17

Total cost = Rp 4.045.592.876,69

- Listrik 10-40%

Material 15% PPC = 15% x Rp 13.485.518.662,62 = Rp 2.022.827.799,39

Buruh 5% PPC = 5% x Rp 13.485.518.662,62 = Rp 674.275.933,13

Jumlah manhour = Rp 2.022.827.799,39 / (Rp 18.812/manhour) = 107.528,59

Buruh lokal 100% = 100% x 18.812 x 107.528,59 = Rp 2.022.827.799,39

Total cost = Rp 4.045.655.598,79

- Isolasi pada sistem pipa

Material 5% PPC = 5% x Rp 13.485.518.662,62 = Rp 674.275.933,13

Buruh 4% PPC = 4% x Rp 13.485.518.662,62 = Rp 539.420.746,50

Jumlah manhour = Rp 539.420.746,50 / (Rp 18.812/manhour) = Rp. 28.672,96

Buruh lokal 100% = 100% x 18.812 x 28.672,96 = Rp 539.420.746,50

Total cost = Rp 1.213.696.679,64

PPC Utilitas = Rp 27.240.484.265,70

| FIXED CAPITAL INVESTMENT | Rp | Range |
|---------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| PEC | 26.002.980.915,86 | |
| Instalasi | 11.181.081.083,12 | |
| Pemipaan | 20.802.384.732,68 | |
| Instrument | 7.220.604.724,85 | |
| Listrik | 6.549.148.049,43 | |
| Isolasi | 2.340.268.282,43 | |
| Tanah | 15.850.000.000,00 | |
| Bangunan | 63.314.220.792,10 | |
| Pengembangan | 9.954.000.000,00 | |
| Jumlah PPC | 163.214.688.580,48 | |
| Engineering & Contruction, 30% | 3.264.293.771,61 | 5-30% FCI (Peters,2003) |
| Jumlah DPC | 166.478.982.352,09 | |
| Contractor's fee, 20% | 3.329.579.647,04 | 10-20% FCI (Peters,2003) |
| Contingency, 10% | 2.497.184.735,28 | 5-15% FCI (Peters,2003) |
| Jumlah FCI | 335.520.435.314,88 | |

Manufacturing cost (Biaya produksi)

Direct Manufacturing cost

1. Bahan baku

| Harga bahan | kebutuhan (kg/jam) | Rp/kg | Harga Rp |
|-------------|--------------------|-----------|--------------------------|
| Formaldehid | 2.710,7700 | 3.600,00 | 77.289.474.240,00 |
| Asetaldehid | 624,7200 | 2.800,00 | 577.661.091,84 |
| Naoh | 840,5100 | 2.500,00 | 693.925.056,00 |
| asam format | 147,3200 | 3.500,00 | 4.083.710.400,00 |
| Total | | | 81.373.184.640,00 |
| | | Rp | 81.373.184.640,00 |

2. Gaji Karyawan Rp 16.756.560.000,00

3. Supervisi (15% karyawan) = Rp 2.513.484.000,00

4. Maintenance (8% FCI) = Rp 6.710.408.706,30

5. Plant supplies (15% maintenance) = Rp 1.006.561.305,94

6. Harga produk pentaerythritol 2,1 USD → 1.262,63 kg/jam

Harga produk samping Natrium format 0,8 USD → 896,19

Harga produk = 2,1 x 140095 x 1.262,63 x 24 x 330 = Rp295.449.000.000

Harga produk samping = 0,8 x 140095 x 896,19x 24 x 330 = Rp

79.887.865.567

7. Royalty and patent (1% sales) = Rp 3.736.561.332,81 (0-6% total produk)
8. Kebutuhan bahan utilitas
Biaya utilitas = Rp 18.975.085.955 / tahun
Total Direct Manufacturing Cost (DMC) = Rp 131.071.845.940,40

B. Indirect Manufacturing Cost

- Payroll Overhead: 20% Karyawan = Rp 3.351.312.000 (10-20% dari karyawan)
- Laboratorium : 20% karyawan = Rp 3.351.312.000 (10-20% dari karyawan)
- Pack dan shipping : 20% FCI = Rp 50.328.065.297,23 (10-20% FCI)
- Plant overhead : 60% karyawan = Rp 13.405.248.000 (50-70% dari karyawan)
- Total Indirect Manufacturing Cost (IMC) = Rp 70.435.937.297,23

C. Fixed Manufacturing Cost

- Depreciation : 10% FCI = Rp 16.776.021.765,74 (10% FCI)
- Property tax : 4% FCI = Rp 6.710.408.706,30 (1-4% FCI)
- Asuransi : 1% FCI = Rp 3.355.204.353,15 (0,4 – 1 % FCI)
- Total Fixed Manufacturing Cost (FMC) = Rp 26.841.634.825,19
- Total Manufacturing Cost (DMC + IMC + FMC) = Rp 228.349.418.062,82

Working Capital

- Persediaan bahan baku : 1/12 x bahan baku = Rp 6.781.098.720
- Bahan baku dalam proses : 0,5/330 x manufacturing = Rp 345.983.866,76
- Biaya sebelum terjual : 1/12 x manufacturing = Rp 19.029.118.171,90
- Persediaan uang : 1/12 x manufacturing = Rp 19.029.118.171,90
- Jumlah (WC Working Capital) : Rp 45.185.319.030,57

General Expense

- Administrasi : 5% MC = Rp 11.417.470.903,14 (2-5% MC Peters,2003)
- Sales : 15% MC = Rp 45.669.883.612,56 (2-20% MC Peters,2003)
- Finance : 1% MC = Rp 2.283.494.180,63 (1% MC Peters,2003)
- Riset : 5% MC = Rp 6.850.482.541,88 (5% MC Peters,2003)
- Total general expense Rp 66.221.331.238,22
- Total biaya produksi = manufacturing cost + general expense = Rp 294.470.749.301,04
- Penjualan (Sa) Rp 373.656.133.280,72
- Total cost = Rp 319.832.118.732,36
- Keuntungan sebelum pajak (Sa-total cost) = Rp 53.824.014.548,36
- Keuntungan sesudah pajak = Rp 53.824.014.548,36 – (30% x 53.824.014.548,36)
- Keuntungan sesudah pajak = Rp 37.676.810.183,85
- Pajak 30% dari keuntungan = Rp 16.147.204.364,51

Return on Investment (ROI) adalah perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasi.

$$Pr b = Pb / If \text{ dan } Pr a = Pa / If$$

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

$$POT \text{ sebelum pajak} = If / (Pb + 0,1 If)$$

$$POT \text{ sesudah pajak} = If / (Pa + 0,1 If)$$

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)

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

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 umur 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 = 16,04%

ROI sesudah pajak = 11,23%

| Fixed Cost (Fa) | Rp |
|-----------------|-------------------|
| Depreciation | 16.776.021.765,74 |

| | |
|-----------|--------------------------|
| Pajak | 6.710.408.706,30 |
| Insurance | 3.355.204.353,15 |
| | 26.841.634.825,19 |

| Variable cost (Va) | Rp |
|------------------------|---------------------------|
| Bahan Baku | 81.373.184.640,00 |
| Royalty and Patent | 3.736.561.332,81 |
| Utilitas | 18.975.085.955,35 |
| Packaging and Shipping | 50.328.065.297,23 |
| | 154.412.897.225,39 |

| Regulated Cost (Ra) | Rp |
|---------------------|---------------------------|
| Labour | 16.756.560.000,00 |
| Maintenance | 6.710.408.706,30 |
| Plant Supplies | 1.006.561.305,94 |
| Labolatory | 3.351.312.000,00 |
| Payroll Overhead | 3.351.312.000,00 |
| Plant Overhead | 13.405.248.000,00 |
| General Expense | 66.221.331.238,22 |
| | 110.802.733.250,46 |

BEP = Masukkan rumus diatas = 42,41 %

SDP = Masukkan rumus diatas = 23,46 %

C = Rp 70.444.437.886,21

FC = Rp 335.520.435.314,88

WC = Rp 45.185.319.030,57

SV = 0,1 x FC = Rp 33.552.043.531,48

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

$$Tc = Fc + Va$$

$$Fc = Fa + 0,3Ra$$

$$Vc = 0,7Ra \times \text{kapasitas} + Va$$

Dibuat tabel

Sa, Fa, Va, dan Tc dan digambarkan Rupiah VS Kapasitas

Didapatkan grafik

