
BAB IX KESIMPULAN

Pabrik Magnesium sulfat heptahidrat secara kontinyu dengan kapasitas 100.000 ton/tahun setelah dilakukan perancangan awal, baik dari segi teknik maupun segi ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik ini memiliki resiko yang sedang serta layak dan menarik untuk didirikan, karena memiliki indikator perekonomian yang relative baik yaitu:

Tabel 9.1 Analisis kelayakan ekonomi

No	Analisis kelayakan	Kriteria	Hasil Perhitungan
1	Laba sebelum pajak		Rp 95.542.879.662,71
	Laba sesudah pajak		Rp 66.880.015.763,90
2	ROI sebelum pajak	Minimum 11%	35,483 %
	ROI sesudah pajak		24,838 %
3	POT sebelum pajak	Maksimum 5 tahun	2,1986 tahun
	POT sesudah pajak		2,870 tahun
4	BEP	40%-60%	44,725 %
5	SDP		28,643 %
6	DCF		7,9 %

DAFTAR PUSTAKA

- Aries and Newton. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. Mc. Graw Hill Book Company. New York.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Statistic Indonesia*. www.bps.go.id. Indonesia. Diakses Desember 2018
- Badan Pusat Statistik. 2018. Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia, <http://www.bps.go.id>, diakses tanggal Desember 2018
- .Badger, W. L. And Banchero, J.T., *Introduction To Chemical Engineering*. International Student Edition, Mc. Graw Hill Book Company, New York.
- Brown, G.G., 1978. *Unit Operation*. Modern Asia Edition. Charles E. Tuttle Company. Inc, Tokyo. Japan.
- Brownell, E.L and Edwin H.Young. *Equipment Design*. New York: John Willet and Son's,inc.
- Coulson and Richardson's.1999. *Chemical Engineering Design*. Vol 6.New York: R.K. Sinnott Faith, Keyes and Clark.1957. *Industrial Chemicals*. John Wiley and Son's.
- 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.
- Himmelblau, D. M. 1974. "*Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. 3rd. Prentice Hall Inc. New Jersey
- Kementrian Perindustrian RI. 2018. *Direktorat Jendral Basis Industri*. www.kemenperin.go.id. Indonesia.
- Kern, D.Q. 1950. *Process heat Transfer*. New York. Mc Graw Hill International Book Company Inc.
- Levenspiel,O.1976. *Chemical Reaction Engineering*. 2nd edition, John Wiley and Son's Inc, new York
- Ludwig, E.E. 1965. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical*. Vol 1. Gulf Publishing Co. Houston
- McCabe, W.L., 1999, "Operasi Teknik Kimia", Jilid 1&2, Erlangga, Jakarta.
- Othmer, D.F. and Kirk, R.E. 1997. *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*. Volume 15. John Wiley and Sons Inc. New York

Pergub Jawa Timur No 61 Tahun 2010 Tentang Penetapan Kelas Air Pada Air Sungai

Perry, R.H., Don. W. G., and James.O.M. 1997. *Perry's Chemical Engineers Handbook..* Edisi 7. Mc Graw Hill Book Company. London

Perry, R.H., Don. W. G., and James.O.M. 2008. *Perry's Chemical Engineers Handbook..* Edisi 8. Mc Graw Hill Book Company. London

Peters, M., and Timmerhausm K. 2003. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering 5th edition.* New York: Mc Graw Hill International Book Company Inc. Rase, H.F., and Holmes, J.R. 1977. *Chemical Reactor Design for process Plant.* Vol 1. Principles and Techniques. New York: John Wiley and Son's Inc.

Reid, R.C., et all, *The Properties of Gases and Liquids*, 4th ed, Mc. Graw Hill Book Co, Inc. New York.

Shreve, R.H. 1956. *The Chemical Process Industries.* 5th edition. Mc.Graw Hill Book Company, LDT. Tokyo

Smith, J.M and Van Ness, H.H.1975. *Introduction to Engineering Thermodynamic 3th edition.* Mc Graw Hill International Book co. Tokyo.

Treyball,R.E. 1981. *Mass Transfer Operation.* 3rd Edition. Mc Graw Hill Book Company Inc. Singapore

Ullmann's. 1998. *Industrial Inorganic Chemicals And Products Vol 4*, A Willey Interscience Publication. New York

Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics.* John Wiley and Sons. Inc. New York.

United States Patent Office. 1980. *Processing Of Breunnerite To Recover Magnesium Compound.* United States of America.

United States Patent Office. 2013. WO2013/037649 A1. Magnesium Sulft.

Walas, S.M. 1988. "*Chemical process Equipment*" . Butterworth Publisher, Stoneham.MA.USA.

www.alibaba.com

www.Engineeringtoolbox.com

www.kursdollar.com

www.Nitrotama.com

www.pubchem.com

<http://indonesia-property.com/>

<http://www.matche.com/equipcost/EquipmentIndex.html#anchor8>

<http://www.wikipedia.com>

www.kompas.com

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

LAMPIRAN

1. Perancangan Mixer

Fungsi : Mengencerkan H_2SO_4 menjadi 45%

Type : Silinder vertical dengan head dan bottom berbentuk torispherical

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

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

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	(% w/w)	BM
	arus 3	arus 4	arus 5		kg/kmol
H ₂ O	8104,1970	765,673729	937,9202	0,1037	18,0152
H ₂ SO ₄	172,2465	0	8104,1970	0,8963	98,0734
Sub Total	8276,4435	765,673729	9042,1172	-	-
Total	9042,1172		9042,1172	1,0000	-

Komponen	ρ (kg/m ³)	μ (cP)
H ₂ O	995,68	0,8000
H ₂ SO ₄	1826,1	20,0000

$$\rho \text{ campuran} = 1680,7001 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu \text{ campuran} = 13,8703 \text{ lb/ft.h}$$

$$F_v = 5379,9706 \text{ L/jam}$$

Perancangan Dimensi Tangki

Total rate volumetrik : 5379,9706 L/jam

p campuran : 1680,7001 kg/m³

waktu tinggal : 1 jam (ditentukan)

direncanakan digunakan 1 tangki, sehingga volume tangki 5379,9706 L/jam

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

Over design 20%

Volume tangki = Total Fv / 80%

Volume tangki = 6455,965 L/jam = 6,4560 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 semakin tinggi

Jenis : Silinder tegak dengan alas dan tutup berbentuk torispherical

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

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

$$V \text{ tangki} = 6,4560 \text{ m}^3$$

$$D = H = 2,0185 \text{ m} = 79,4687 \text{ in}$$

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

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

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

$$D = 79,4687 \text{ in, } \pi = 3,14, \text{ sf} = 2 \text{ dihitung } V_{\text{head}} = 0,1081 \text{ ft}^3 = 0,0031 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{mixer}} = V_{\text{shell}} + V_{\text{head}} = 6,4560 + 0,0031 = 6,4591 \text{ m}^3$$

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

$$\text{Volume bottom,} = 0,0015 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume cairan dalam shell} = \text{volume shell} - \text{volume bottom} = 6,454 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi cairan dalam shell} = 6,6208 \text{ ft} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} =$$

Dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\text{Diameter shell} : 2,0185 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi shell} : 2,0185 \text{ m}$$

$$\text{Volume shell} : 6,4560 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume head} : 0,0031 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume mixer} : 6,4591 \text{ m}^3$$

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 :

$$t_s = \text{tebal shell (in)}$$

$$r = \text{jari - jari} = 0,5 \text{ Diameter} = 0,5 \times 79,4686 = 39,7343 \text{ in}$$

$$E = \text{efisiensi pengelasan} = 0,850$$

C = faktor korosi 0,125

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

P operasi = 14,7 psi

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

P dalam mixer = 16,17 psi

Ts = 0,1653 in

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

MenentukanTebal Head (th) dan Tebal Bottom

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

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

OD = ID + 2 ts = 79,4686 + 2 x 0,1875 dari tabel 5-7 Brownell hal 90

OD = 96 in dan icr = 5,8750 in dan r = 96 in

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

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

dengan

P = 1,47 psi

r = 96 in

w = 0,8118 in

f = 18750 psi

E = 0,85

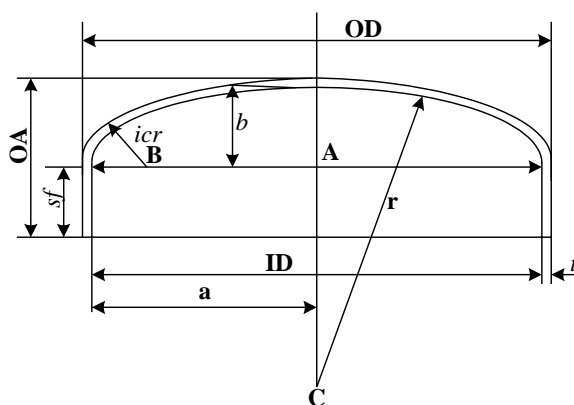
$$C = 0,125$$

th = 0,1286 in dipakai tebal standar Brownell hal 350 adalah 3/16 in = 0,1875 in

Menentukan Tinggi Mixer Total

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

Diambil sf = 2



Keterangan

ID = diameter dalam head

OD = diameter luar head

th = tebal head

r = jari – jari head

icr = jari jari dalam sudut dish

b = tinggi head

sf = straight fla

$$ID = OD - (2 \times ts) = 95,6250 \text{ in}$$

$$r = 47,75 \text{ (jari – jari dalam shell)}$$

$$AB = a - icr = 41,8750 \text{ in}$$

$$BC = OD - icr = 90,1250 \text{ in}$$

$$AC = \text{akar dari } (BC^2 - AB^2) = 79,8060 \text{ in}$$

$$b = OD - AC = 90 - 74,86 = 16,1940 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi head total (OA)} = sf + b + th = 18,3815 \text{ in}$$

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

$$\text{Tinggi mixer total} = 0,9338 + 2,0185 = 2,9523 \text{ m} = 116,232 \text{ in}$$

Menentukan Jumlah dan Jenis Pengaduk

Dipilih : Turbin karena

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

(Ludwig, 1991 Volume I)

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

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

(Ludwig, 1991 Volume I)

Perbandingan ukuran secara umum

$$D_i/D_R = 1/3$$

$$E/D_i = 1$$

$$W = D_i/5$$

$$L = D_i/4$$

$$B = D_R/10$$

Diameter mixer (D_R) : 2,0185 m

Diameter pengaduk (D_i): $1/3 \times 2,0185 = 0,6728$ m

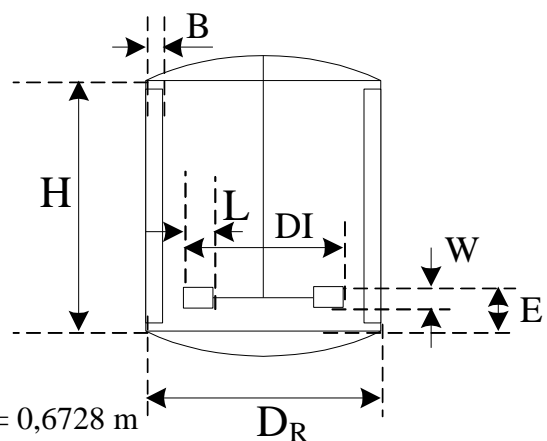
Pengaduk dari dasar (E) : 0,6728 m

Tinggi pengaduk (W) : $0,6728/5 = 0,1346$ m

Lebar pengaduk (L) : $0,6728/4 = 0,1682$ m

Lebar Baffle (B) : $2,0185/10 = 0,20185$

Menghitung jumlah impeller (pengaduk)



WELH adalah Water Equivalen Liquid High

$$\text{WELH} = \text{tinggi bahan} \times \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}} = 2,0180 \text{ m} \times (1680,7001/995,68) = 3,4064 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah impeller} = \text{WELH} / D = 3,406/2,0185 = 1,6876 = 2$$

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

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

Dimana

$$\pi = 3,14$$

$$DI = 0,6728 \text{ m}$$

$$\text{WELH} = 3,4604 \text{ m}$$

$$\text{Dihitung } N = 96,937 \text{ rpm} = 1,6156 \text{ rps}$$

$$\rho = 1680,7001 \text{ kg/m}^3 = 104,9265 \text{ lbm/cuft}$$

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

$$\mu = 5,7315 \text{ cp} = 0,003851 \text{ lb/ft s}$$

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

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

$N_{re} = 214480$ Dari grafik 8.8 Rase HF menghasilkan $N_p = \text{Pro} = 5$

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

$$P = 6,55 \text{ hp} \quad (\text{Efisiensi motor} = 88\% \text{ (Fig 14.38 Peters hal 521)})$$

$$\text{Daya motor} = \frac{P}{\eta} = 7,4 \text{ HP}$$

$$\text{Over design } 10\% = 8,2 \text{ HP}$$

Dipilih power standart NEMA 10 HP

Kriteria

Diameter shell : 2,0185 m
Tinggi shell : 2,0185 m
Vollume shell : 6,4560 m³
Volume head : 0,0031 m³
Volume mixer : 6,4590 m³
Tinggi mixer total : 2,9523 m
Jenis pengaduk : Turbin dengan 6 blade disk standart
Jumlah pengaduk : 2
Putaran pengaduk : 96,,937
Power : 10 HP
Tebal shell : 3/16 in = 0,1875 in

2. Perancangan Tangki 1

Fungsi = Menyimpan bahan baku H₂SO₄

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 3 diketahui :

$$p \text{ campuran} = 1739,9622 \text{ kg/m}^3$$

$$F_v \text{ campuran} = 5,1967 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 1 tangki

$$\text{Volume tangki Over Design 20\%} = F_v \times 7 \times 24 = 855 \text{ m}^3$$

Menghitung dimensi tangki

1. Menghitung tinggi dan diameter

Untuk small H=D

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

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

$$D = H$$

2. Menghitung tebal Plat Shell

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

Dengan :

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

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

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

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

$$T_s = 0,1424 \text{ m}$$

Digunakan standar 0,1875 in

Tutup *elipsoidal*

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

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

$$D = 10,2853 \text{ ft}$$

$$F = 18750$$

$$E = 0,85$$

$$Th = 0,2376 \text{ in, dirancang} = 0,2500 \text{ in}$$

Spesifikasi

Volume : 970,0566 m³

Diameter : 3,1349 m

Tinggi : 3,1349 m

Tebal shell : 0,1875 in

Tebal tutup : 0,2500 in

Konstruksi : *Stainless steel 304*

Jumlah : 1

3. Perancangan tangki 2

Fungsi = Menyimpan bahan baku MgCO₃

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 :

$$p \text{ campuran} = 2958,4980 \text{ kg/m}^3 = 184,6990 \text{ lb/cuft}$$

$$Fv \text{ campuran} = 2,3834 \text{ m}^3/\text{jam} = 84,1694 \text{ cuft/jam}$$

Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 2 tangki

$$\text{Volume tangki Over Design 20\%} = Fv \times 7 \times 24 : 2 = 7070,2376 \text{ cuft}$$

Kurang dari 71354 cuft berarti masuk small tank

Menghitung dimensi tangki

1. Menghitung tinggi dan diameter

Untuk small H=D

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

$$\text{Volume} = 7070,2376 \text{ cuft}$$

$$\text{Diameter} = 21,4776 \text{ ft} = 257,7310 \text{ in} = 6,5464 \text{ m}$$

$$D = H$$

2. Menghitung tebal Plat Shell

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

Dengan :

$$P = 28,6056$$

Efisiensi pengelasan = 0,85

Faktor korosi = 0,125

Tegangan diijinkan = 18750 psi

Ts = 0,2490

Digunakan standar 0,2500 in

Tutup bawah conis

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

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

Tebal conical = 0,9288 in dirancang 1 in

Tinggi conical

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

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

a = 15 derajat

tg a = 0,268

D= 21,4776 ft

m = 1 ft

h = 2,744 ft = 0,8364 m

Spesifikasi

Volume : 220,2270 m³

Diameter : 6,5464 m

Tinggi	: 6,5464 m
Tebal shell	: 0,2500 in
Tebal tutup	: 1 in
Konstruksi	: <i>Stainless steel 304</i>
Jumlah	: 2

4. Perancangan tangki produk

Fungsi = Menyimpan produk $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

Tujuan perancangan =

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

Memilih tipe tangki: Tipe tangki silinder tegak tertutup dengan pertimbangan

1. Tekanan 1 atm
2. Suhu operasi $30^\circ C$
3. Konstruksi sederhana sehingga ekonomis

Memilih bahan konstruksi :

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

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

Produk masuk diketahui :

$$p \text{ campuran} = 1659,4429 \text{ kg/m}^3$$

$$F_v \text{ campuran} = 211,57171 \text{ cuft/jam}$$

Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 1 tangki

Volume tangki Over Design 20% = $F_v \times 7 \times 24 = 1777,20236 \text{ cuft}$

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 = 1777,20236 cuft

Diameter = 13,1307 ft = 157,5688 in = 4,0022 m

$D = H$

Menghitung tebal Plat Shell

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

(Brownell pers 13-1)

Dengan :

$P \text{ cairan} = 1659,4429 \text{ kg/m}^3$

Efisiensi pengelasan = 0,85

Faktor korosi = 0,125

Tegangan diijinkan = 36000 psi

$D = 157,5688 \text{ in}$

$r = 78,7844 \text{ in}$

Menentukan tekanan dului pada design tangki

Mc.Cabe pers 26-24

Penentuan tekanan design pada tangki :

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

$$ZT = H \times 80\% = 10,5064 \text{ ft}$$

$$\text{Miu} = 0,45$$

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

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

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

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

$$\text{Tekanan Lateral, } pL = k' pB$$

$$pL = 3,6096 \text{ psi}$$

$$p \text{ operasi} = pB + pL = 14,4166 \text{ psi}$$

$$p \text{ desain } 10\% = 15,8583 \text{ psi}$$

$$\text{Bisa menghitung } t_s, \text{ sehingga } t_s = 0,1696 \text{ in dirancang } 3/16 \text{ in} = 0,1875 \text{ in}$$

Tutup bawah conis dengan pers Brownell hal 118

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

$$P = 15,8583 \text{ psi}$$

$$D = 157,5688 \text{ in}$$

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

$$F = 36000$$

$$E = 0,85$$

$$T_c = 0,1712 \text{ in dirancang } 3/16 = 0,1875 \text{ in}$$

Tinggi conical pers 4-17 Hesse

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

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

Tg 15 = 0,85599

D = 157,5688 ft

Sehingga h = 1,6255 ft

Spesifikasi

Volume : 1777,2023 cuft

Diameter : 4,0022 m

Tinggi : 4,0022 m

Tebal shell : 0,1875 in

Tebal tutup atas : 0,1875 in

Tebal tutup bawah: 0,1875 in

Tinggi conical : 0,4995 m

Konstruksi : *Stainless steel 304*

Jumlah : 1

5. Bak penguap

Fungsi : menguapkan air

Bentuk : persegi panjang

Bahan : stainlesssteel SA 167 Type 304

Jumlah : 1

Kondisi operasi suhu : 100C tekanan 1 atm

Tujuan :

1. Menentukan kapasitas penyimpanan
2. Menentukan dimensi bak

Komponen	Laju alir (kg/jam)	(% w/w)	ρ (kg/m ³)
MgCO ₃	436,8695	0,0243	2958
CaO	41,8062	0,0023	3350
SiO ₂	41,8062	0,0023	2650
H ₂ SO ₄	508,1271	0,0282	1826
MgSO ₄	9960,1666	0,5531	2660
H ₂ O	7019,3533	0,3898	996
	18008,1290	1,0000	

ρ campuran : 1600,9460 kg/m³

Volume bahan : 11,2484 m³

Faktor keamanan 20% maka volume bak : 14,0605 m³

Waktu tinggal dalam tangki : 1 jam

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

$$V = p \times l \times t = 4l \times 2l \times 3l = 24l^3$$

$$P = 3,3470 \text{ m}$$

$$L = 0,8367 \text{ m}$$

$$T = 2,5102 \text{ m}$$

Spesifikasi

Volume bak : 14,0605 m³

Panjang bak : 3,3470 m

Lebar bak : 0,8307 m

Tinggi bak : 2,5102 m

6. Kristalizer

Type : Swenson Walker Cooling Crystalizer

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk kristalisasi pendinginan

Dari arus 8 didapatkan

p campuran : 1766,2552 kg/L = 110,2567lb/cuft

Fv campuran: 345,5404 cuft/jam

Waktu kristalisasi = 1 jam

Volume bahan = 310,5487 cuft/jam

Volume Overdesign 20% = 345,0541 cuft = 9,7708 m³

Perhitungan dimensi kristalizer

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

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

$(m \times D^3) / 2 = 193,3076\text{ft}$

$m \times D^3 = 386,6152 \text{ ft}$

$D^3 = 116,1006\text{ft}$

$D = 4,8784 \text{ ft} = 1,4869 \text{ m}$

$L = D \times 3,33 = 16,2451 \text{ ft} = 4,9515\text{m}$

Luas cooling area pada cristalizer

$$S = V \times \frac{(2 + 4m)}{mD} = 349,4107 \text{ ft}^2/\text{cuft}$$

Power pengaduk pada Swenson walker cristalizer =

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

Volume bahan = 345,0541cuft

Power kristalisasi = 5,5209 Hp diambil 7,5 HP

Spesifikasi

Kapasitas : 9,7708 m³

Diameter : 1,4869 m

Panjang : 4,9515 m

Luas cooling area: 325,4044 ft² / cuft

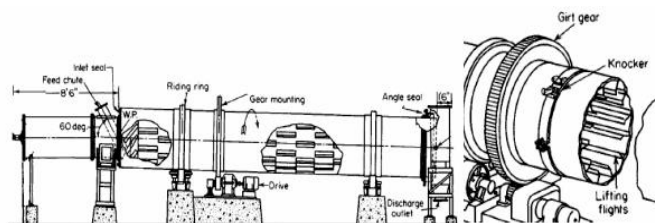
Power : 7,5 HP

7. Rotary Dryer

Fungsi : Mengeringkan MgSO₄.7H₂O

Dasar pemilihan : sesuai untuk pengeringan padatan

Waktu proses : waktu melewati



Perhitungan :

Dari neraca massa dan neraca panas :

Feed masuk = 10938,4888 kg/jam = 24115,24 lb/jam

Total panas $Q = 1253316,33 \text{ kJ/jam} = 1187915 \text{ BTU/jam}$

Kebutuhan udara = $48117,5277 \text{ kg/jam} = 106081 \text{ lb/jam}$

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

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

$A = \text{udara masuk}/G = 48117,5277 / 1000 = 4,8117 \text{ ft}^2$

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

Diameter = $5,1316 \text{ m} = 1,5641 \text{ ft}$

Suhu bahan masuk = $15 \text{ }^\circ\text{C} = 59 \text{ }^\circ\text{F}$

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

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

Suhu udara keluar = $101 \text{ }^\circ\text{C} = 212 \text{ }^\circ\text{F}$

LMTD =

dt 1 = 36°F (dt udara)

dt 2 = 54°F (dt bahan)

$LMTD = (dt_2 - dt_1) / \ln(dt_2 / dt_1)$

dt2-dt1 = 36°F

dt2/dt1 = 153°F

$\ln dt_2 / dt_1 = 1,4469$

$LMTD = 80,8614 \text{ }^\circ\text{F} = 27,1452^\circ\text{C} = 300,1452 \text{ K}$

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

= $15,7 \text{ m}$

Kecepatan putaran rotary dryer

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

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

Flight

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

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

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

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

$$D = 1,5641 \text{ m}$$

$$L = 15,7 \text{ m}$$

Pengambilan data

$$\text{Tinggi flight} : 1/8 D = 0,1955 \text{ m}$$

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

$$\text{Jumlah flight 1 circle: } 3 D = 4,6924 \text{ m}$$

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

$$\text{Total circle} = 15,7 / 2 = 7,85 \text{ buah} = 8 \text{ buah}$$

Hold up padatan

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

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

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

$$\text{Hold up} = 147,3430 \text{ cuft}$$

Waktu rerata padatan dalam dryer :

$$\text{Feed} = 10938,4888 \text{ kg/jam}$$

$$P \text{ campuran} = 97,6716 \text{ lb/cuft}$$

$$t = (\text{hold up} \times p \text{ campuran})/\text{feed} = 0,5967 \text{ jam} = 35,8061 \text{ menit} = 2148,368 \text{ sekon}$$

Perhitungan tebal shell drum :

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

$$D = 1,5641 \text{ m} = 5,1316 \text{ ft}$$

$$H = 0,16 D = 0,2503 \text{ m} = 0,8211 \text{ ft}$$

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

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

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

$$t_s = \frac{P \cdot D}{2 \cdot f \cdot e - P} + C = 0,1582 \text{ in dirancang } 3/16 \text{ in} = 0,1875 \text{ in}$$

Isolasi :

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

$$\text{Diameter dalam rotary} = 5,1316 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter luar rotary} = 5,1324 \text{ ft}$$

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

$$\text{Diameter terisolasi} = 5,1324 + 2 \times (4/12) = 5,7990 \text{ ft}$$

Perhitungan Power Rotary

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

Dimana :

N = putaran rotary = 10 rpm

d = diameter shell = 5,1316 ft

w = berat bahan = 24115,2383 lb

D = d + 2 = 7,1316 ft

W = berat total (lb) dicari dulu

Berat isolasi dicari dengan

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

D_o = diameter luar isolasi = 5,1324 ft

D_i = diameter dalam isolasi = 5,1316 ft

L panjang isolasi = 71,2761 ft

Density steel = 482 lb/cuft

W = 219,7191 lb

Berat bahan dalam drum

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

Rate massa = 24115,2383 lb/jam

Berat bahan = 27732,5240 lb/jam

Berat total (W) = 27732,5240 lb/jam

Berat lain diasumsikan 15%, maka berat total = 31892,4026 lb/jam

Maka hp dihitung = 5,4332 HP

Dengan efisiensi motor 75% (Perry bed 20-37) maka $P = 7,4332$ HP diambil
7,5 HP (Standar NEMA)

Spesifikasi :

Kapasitas : 10938,4888 kg/jam

Diameter : 1,5641 m

Panjang : 15,7m

Tebal shell : 3/16 in

Sudut rotary : 1°

Waktu : 35,8 menit

Jumlah flight : 51 buah

Power : 7,5 HP

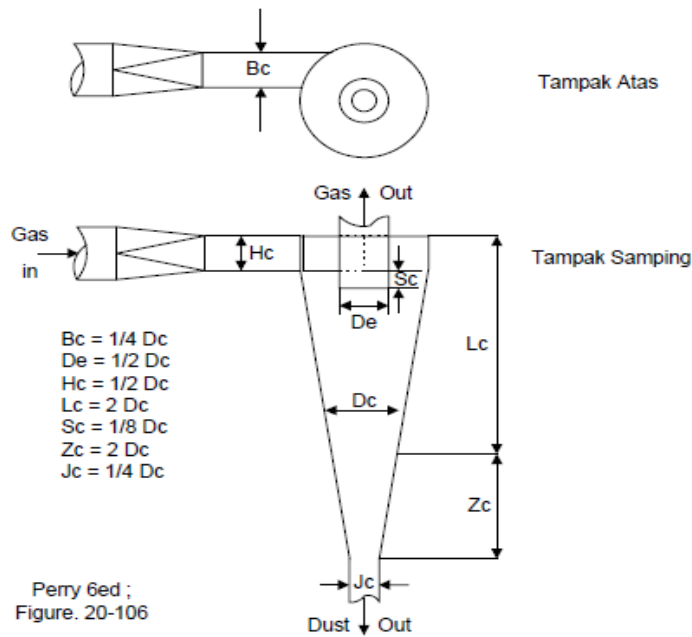
Jumlah : 1

8. Cyclone

Fungsi : untuk memisahkan padatan yang terikut di udara

Type : Van Toneren Cyclone

Dasar pemilihan : Efektif dan sesuai dengan jenis bahan



Asumsi time pass = 2 detik

Rate udara = 48117,5273 kg/jam = 106080,9831 lb/jam

BM udara = 29 kg/kgmol

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

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

rate volumetric udara 11226,0302 / (0,05914 x 3600) = 498,2366 cuft/jam

Berat solid = 99,3796 kg/jam = 219,0945 lb/jam

Dari panas masuk arus 18 diketahui

Fv solid = 0,00036 cuft/dtik

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

Volume shell = 0,25 x pi x D² x H

498,2468 = 0,25 x pi x D² x H

D = 4,7294 ft = 1,4415 m = 56,7530 in

$$H = 8,6492 \text{ m}$$

$$Dc = 65,7630 \text{ in}$$

$$Bc = \frac{1}{4} Dc = 14,1883 \text{ in}$$

$$De = \frac{1}{2} Dc = 28,3765 \text{ in}$$

$$Hc = 2 BC = 28,3765 \text{ in}$$

$$Lc = 2 Dc = 113,5061 \text{ in}$$

$$Sc = \frac{1}{8} Dc = 7,0961 \text{ in}$$

$$Zc = 2 Dc = 113,5061 \text{ in}$$

$$Jc = \frac{1}{4} Dc = 14,1883 \text{ in}$$

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

$$\text{Miu udara} = 0,00002 \text{ lb/cuft}$$

$$p \text{ solid} = 166,0685 \text{ lb/cuft}$$

$$p \text{ udara} = 62,1583 \text{ lb/cuft}$$

$$Bc = 14,1883 \text{ in} = 1,1824 \text{ ft}$$

$$\text{Area cyclone} = 2 \times Bc^2 = 2,7959 \text{ft}^2 = 0,2598 \text{ m}^2$$

$$\text{Rate volumetric bahan} = 498,2468 \text{ cuft/detik}$$

$$\text{Kecepatan bahan volumetric} = 178,2045 \text{ ft/detik}$$

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

$$Dp \text{ min} = 0,000183 \text{ ft}$$

Perancangan tebal shell dan tutup

Bahan dipilih Carbon stell

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

Faktor korosi $C = 0,125$

Tebal shell :

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

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

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

$T_s = 0,1663$ in dirancang $3/16$ in = $0,1850$ in

Tebal tutup atas

Tebal tutup atas diamankan dengan tutup bawah

Tebal tutup bawah:

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

Alfa = 15°

Tebal conical (tc) = $0,1677$ dirancang $3/16$ in = $0,1875$ in

Spesifikasi

Fungsi : untuk memisahkan padatan yang terikut dalam udara

Type : Van Tongeren Cyclone

Kapasitas : 498,2468 cuft/jam

Diameter partikel: 0,001833 ft

Tebal shell : $3/16$ in

Tebal tutup shell: $3/16$ in

Tebal tutup bawah: $3/16$ in

Jumlah : 1 buah

9. Filter Udara

Fungsi : menyaring debu yang terdapat dalam udara

Bahan : Stainless steel type 304

Menghitung kadar debu dalam udara

Rate masuk : 48117,5277 kg/jam

Densitas : 1,1676 kg/m³

Rate volumetrik : rate udara masuk / densitas udara = 155360, cuft/jam
= 24256,0025 cuft/menit

Dari tabel 20-30 Perry edisi 6 halaman 20-109 diketahui kadar debu dalam udara adalah 1 g/1000cuft

Sehingga kadar debu dalam udara : 1 gram/1000cuft x 24256,0025 cuft/menit
= 24,2560 gram/menit

Menentukan diameter filter udara :

Dari tabel 17-9 Perry edisi 7 halaman 17-50 didapatkan :

Digunakan ukuran standar 24 x 24 in

Kedalaman gasket minimum 11 1/2 in

Spesifikasi

Fungsi : menyaring debu dari udara

Kapasitas : 48117,5277 kg/jam

Rate volumetrik : 24256,0025 cuft/menit

Kadar debu: 24,2560 gram/menit

Ukuran standar : 24 x 24 in

Kedalaman gasket minimum : 11 1/2 in

Jumlah : 1

10. Cooling conveyer

Fungsi : mendinginkan kristal menjadi 30C

Type : plain spouts of chutes

Suhu operasi : 15C

Rate masuk : 9941,971 kg/jam

Densitas : $1659,443 \text{ kg/m}^3 = 103,5975 \text{ lb/cuft}$

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

Untuk $p = 103,5975 \text{ lb/cuft}$ bahan termasuk kelas D dengan $f = 3$ (badger, tabel 16-6)

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

C = kapasitas

L = panjang

W = densitas

F = faktor korosi

Panjang screw = 50 ft = 15,24 m, didapat power = 1,6605 hp

Efisiensi motor 0,8, power motor menjadi = 2,0756 hp

Dari Badger 16-20 untuk kapasitas 211,5717 cuft/jam digunakan ukuran :

Diameter = 6 in

Kecepatan putaran = 18 rpm

Spesifikasi =

Spesifikasi

Fungsi : mendinginkan kristal menjadi 30C

Kapasitas: 211,5717,cuft/jam

Diameter : 6 in = 0,1524 m

Panjang : 10,24 m

Kecepatan putaran : 18 rpm

Power : 3 hp

Jumlah : 1

11. Heater-RD

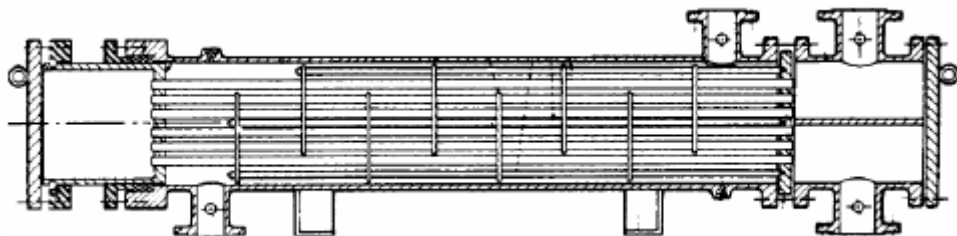
Fungsi : memanaskan udara dari 30°C menjadi 120°C

Tipe : 4-8 shell and tube heat exchanger

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

Kondisi operasi : $P = 1 \text{ atm}$ dan $T_{\text{steam}} = 150^\circ\text{C}$

Waktu : continuous



Perhitungan :

Dari neraca panas dan massa diperoleh massa udara dari Rotary dryer

$$58117,53 \text{ kg/jam} = 106081 \text{ lb/jam}$$

$$Q \text{ dibutuhkan} = 5541328,501 \text{ kJ/jam} = 5252165,289 \text{ BTU/jam}$$

Log Mean Temperature Difference

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

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

$$\text{Suhu steam masuk} \quad : 150^\circ\text{C} = 302^\circ\text{F}$$

$$dT1 = \text{suhu steam masuk} - \text{suhu steam keluar} = 54^\circ\text{F}$$

$$dT2 = \text{suhu steam masuk} - \text{suhu udara masuk} = 216^\circ\text{F}$$

$$dT2/dT1 = 4$$

$$di \ln \text{ kan} = 1,3863$$

$$\text{LMTD} = 116,8583^\circ\text{F}$$

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

$$dT = 93,4866^\circ\text{F}$$

2. T_c dan t_c : dipakai temperature rata – rata

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

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

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

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

$$\text{Asumsi UD} = 75 \text{ BTU/jam ft}^2\text{F (Kern tabel 9)}$$

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

$$A = 749,0789 \text{ ft}^2$$

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

$$N_t = 238,4994 \text{ buah}$$

Digunakan $N_t = 238$ (Kern tabel 9)

$$\text{Tube passes} = 8$$

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

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

$$A \text{ baru} = N_t \times a \times 16 = 327,0356 \text{ ft}^2$$

$$\text{UD baru} = Q / (\text{UD} \times dT) = 137,4396 \text{ BTU /jam ft}^2\text{°F}$$

$$\text{Shell pass} = 4$$

Spesifikasi

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

Type : 4-8 shell and tube heat exchanger

Tube :

OD : 1 in ; 16 BWG

Panjang : 14 ft

Pitch : 1 in square

Jumlah tube : $N_t = 238$ buah

Passes : 8

Shell :

ID : 25 in

Passes : 4

Bahan konstruksi : *Stainless steel*

Heat exchanger area: 327,0386 ft²

Jumlah exchanger : 1

12. Cooler 1

Fungsi : Mendinginkan suhu dari 87°C ke suhu 50°C

Alat : 1-2 shell dan tube heat exchanger

Letak : Setelah bak penguap

Perancangan alat cooler 1

Fluida panas :

Suhu masuk : 87°C

Suhu keluar : 50°C

Massa masuk : 16490,0935 kg/jam

Fluida dingin : kebutuhan pendingin 5308,1255 kg/jam

Beban pendingin 1134293,34 kJ/jam

Suhu pendingin masuk: 30°C = 86 °F

Suhu pendingin keluar: 45°C = 113 °F

dT = 36°F

Menentukan spesifikasi alat

Fluida panas (°F)		Fluida dingin	dT
212 (T1)	Highter temp	113 (t2)	99
122 (T2)	Lower temp	86 (t1)	36

$$dt\ 1 = 99\ ^\circ\text{F}$$

$$dt\ 2 = 36\ ^\circ\text{F}$$

$$dt_2 - dt\ 1 = -63\ ^\circ\text{F}$$

Menghitung temperature caloric

$$R = (T_1 - T_2) / (t_2 - t_1) = 3,333$$

$$S = (t_2 - t_1) / (T_1 - t_1) = 0,2143$$

Dari Kern halaman 828

Fig 18 HE 1-2 didapatkan $F_t = 0,97$

$$dTLMTD = dT \times F_t = 60,4771$$

$$d_{tc}/d_{th} = dt_1/dt_2 = 0,3636$$

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2,3 \log \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} \times dTLMTD = 62,3475\ ^\circ\text{F}$$

$$t_a = (t_1 + t_2) / 2 = 99,5\ ^\circ\text{F}$$

$$T_a = (T_1 + T_2) / 2 = 167\ ^\circ\text{F}$$

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

$$K_c = 1,5 \text{ dan } F_c = 0,6$$

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

$$T_c = 176\ ^\circ\text{F}$$

$$t_c = t_1 + F_c(t_2 - t_1) = 102,2\ ^\circ\text{F}$$

$$\text{densitas tube} = 1711,1058\ \text{kg/L}$$

densitas shell = 1016,6968 kg/L

Menghitung viskositas fluida panas

$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2$ suhu masuk fluida $75^\circ\text{C} = 358 \text{ K}$

Menghitung viskositas fluida dingin

$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2$ suhu masuk fluida $37,5^\circ\text{C} = 310,5 \text{ K}$

Harga konduktivitas thermal : k (BTU/jam ft $^\circ\text{F}$)

Fluida panas

komponen	Massa (kg/jam)	(%w/w)	A	B	C	k	k
						W/m.K	Btu/jam.ft. °F
H2SO4	508,1271	0,0308	0,1553	0,0010	-1,2858E-06	0,371909 677	0,2148853 2
H2O	5593,2915	0,3391	-0,2758	0,0046	-5,5391E-06	0,658368 834	0,3803982 7

Sumber = Yaws

Fluida dingin

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

$$T = 310,5 \text{ K}$$

Sumber = Yaws, 1991

komponen	Massa (kg/jam)	(%w/w)	A	B	C	k	k
						W/m.K	Btu/jam.ft. °F
H2O	13535,72	1,0000	0,2758	0,0046	-5,5391E-06	0,65836 8	0,38039827

Specific heats : c (BTU/lb°F) fluida panas 75°C

Komponen	Cp	BM	c
	kJ/kmol.K	kg/kmol	Btu/lb.°F
H2SO4	143180,3571	98,0734	335,7840
H2O	70780,87019	18,0152	903,6591
Total	213961,2273		1239,443

Fluida dingin 37,5 °C

Komponen	Cp	BM	c
	kJ/kmol.K	kg/kmol	Btu/lb.°F
H2O	15948,80855	18,0152	203,6184

Specific gravity (s)

Komponen	Massa	(%w/w)	s
	(kg/jam)		
H2SO4	508,1271	0,0317	1,84
H2O	5593,2915	0,348421695	1
MgSO4	9951,8054	0,6199	2,66
Total	16053,224	1	

Fluida dingin

komponen	Massa	(%w/w)	s
	(kg/jam)		
H2O	12999,7594	1,0000	1

	Fluida Panas	Fluida Dingin
ρ_{camp} , (lb/ft ³)	106,8227	63,4340
μ_{camp} (cp)	2,0664E-06	1,9470E-05
k (Btu/jam.ft.°F)	0,9661	0,3804
c (Btu/lb.°F)	1239,4432	203,6184
s camp	1,6703	1

Untuk HE dengan fluida panas light organic dan fluida dingin light organic
Kern halam 840

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

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

$$A = Q / (Ud \times LMTD) = 2127473,66 / (500 \times 60,4771) = 70,3563 \text{ ft}^2$$

$$A = 70,3563 \text{ ft}^2$$

$$a'' = 0,1963 \text{ ft}^2 / \text{lin ft (Kern hal 843)}$$

$$L = 7 \text{ ft} = 1,0668 \text{ m (ditentukan)}$$

Jumlah tube :

$$N_t = 51,2018$$

$$\text{Standart} = 52$$

Parameter design dari Tabel 9 Kern halaman 842

$$\text{Pipa} = \frac{3}{4} \text{ in OD tubes}$$

$$\text{Pitch} = 1 \text{ square pitch}$$

Shell side

$$ID = 10 \text{ in (Kern hal 842)}$$

$$\text{Buffel} = 3$$

$$\text{Pass (pasang)} = 1$$

Tube side

$$\text{Number and length} = 52$$

$$OD = 0,75$$

BWG = 14

Pitch = 1 square pitch

Passes = 2

Tabel 10 kern halaman 843

	in	ft	m
OD pipe =	0,7500	0,0625	0,0191
ID pipe =	0,548	0,0695	0,0212
Pitch, PT =	1	0,1042	
Panjang pipa, Lt =		7	2,1336
Surface per lin ft, a"t			
=		0,1963	0,0182
Flow area per tube,			
a't =	0,2680	0,0038	0,0004

Koreksi Ud

$$A = a'' \times Nt \times L = 71,4 \text{ ft}^2$$

$$Ud = Q / (A \times LMTD) = 71,4532 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

Fluida panas : Shell side

Flow area (a_s) = dimana

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

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

$$PT = \text{tube pitch} = 1,25 \text{ in}$$

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

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

$$w = 12215,5809 \text{ lb/jam}$$

$$a_s = 0,0205 \text{ ft}^2 \text{ bisa dihitung } G_s = 596818,38 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

Menentukan bilangan Reynold

$$G_s = 37688,2728 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,0833 \text{ ft (fig 28 Kern 838)}$$

$$\text{Miu} = 4,560 \text{ lb/ft jam}$$

$$\text{Re } s = \frac{G_s \cdot D}{\mu} = 31407,189$$

$$jH = 63 \text{ (fig 28 Kern 838)}$$

Menentukan k dan c pada $t_a = 167 \text{ }^\circ\text{F}$

$$k = 9,6612 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

$$c = 1239,4 \text{ BTU/lb }^\circ\text{F}$$

$$\text{miu} = 4,5460 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 0,1800 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan h_o

$$h_o = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_s = 216,001 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Fluida dingin : Tube side

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

Dimana :

$$N_t = 52$$

$$a' = 0,2680 \text{ in}^2$$

$$n = 1$$

$$a_t = 0,6346 \text{ ft}^2$$

Fluks massa melalui tube (Gt)

$$Gt = w / at$$

$$w = 11238,855 \text{ lb/jam}$$

$$at = 0,6346 \text{ ft}^2$$

$$Gt = 17709,05 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

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

$$Gt = 17709,05 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,0695 \text{ ft (Tabel 10 Kern halaman 843)}$$

$$\mu = 4,7118 \text{ lb/ft jam}$$

$$Re_s = 400596,272$$

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

Menentukan k dan c pada $t_a = 99,5 \text{ }^\circ\text{F}$

$$k = 3,8060 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$c = 203,6184 \text{ BTU/lb }^\circ\text{F}$$

$$\mu = 4,7118 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 1,3355 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

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

$$= 19,2155 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan tube wall temperature

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

$$t_w = 169,9711 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_w = 349,4566 \text{ K}$$

Fluida Panas :

$$\text{Total} = 2,977\text{E-}06 \text{ cp}$$

Fluida dingin

$$\text{H}_2\text{O} = 6,655\text{E-}06 \text{ cp}$$

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

$$\phi_t = 1,0611 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Menentukan corrected coefficient

$$h_o = \frac{h_o}{\phi_s} \times \phi_s = 25,27 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\phi_s = (\mu / \mu_w)^{0,14} = 1,3153$$

Clean Overall coefecient U_c

$$U_c = (h_{iO} \cdot h_o) / (h_{iO} + h_o) = 22,7632$$

$$\text{Design overall coefecient } U_d = 75,0739 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

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

$$R_D = \frac{U_C - U_D}{U_C \times U_D} = 0,0006 \text{ jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F/Btu}$$

Menghitung Pressure Drop

Fluida panas : shell side

$$\text{Res} = 31407,19$$

$$f \text{ (faktor friksi)} = 0,0035 \text{ ft}^2 / \text{in}^2 \text{ (fig 29 Kern hal 839)}$$

$$s = 1,6307$$

$$De = 1,9375 \text{ ft}$$

$$N+1 = L/B = 12 \times \text{BWG} / \text{Buffel} = 12 \times 10 / 3 = 56$$

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5.22 \cdot 10^{10} \cdot D_e s \phi_s} = 0,0001 \text{ psi}$$

Tube side ;fluida dingin

$$\text{Ret} = 400596,27$$

$$f = 0,0011 \text{ ft}^2/\text{in}^2 \text{ (fig 29 Kern hal 839)}$$

$$s = 1$$

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5.22 \cdot 10^{10} D_t \cdot \phi_t} = 0,0049 \text{ psi}$$

Spesifikasi

Fungsi : Mendinginkan dari suhu 87,17 menjadi 50C

Type : 1-2 shell and tube heat exchanger

Tube :

OD : 3/4 in ; 16 BWG

Panjang : 2,1336 m

Pitch : 1 in square

Jumlah tube : Nt = 52 buah

Passes : 2

Shell :

ID : 10 in

Passes : 1

Bahan konstruksi : *Stainless stell*

Heat exchanger area: 70,3563 ft²

Jumlah exchanger : 1

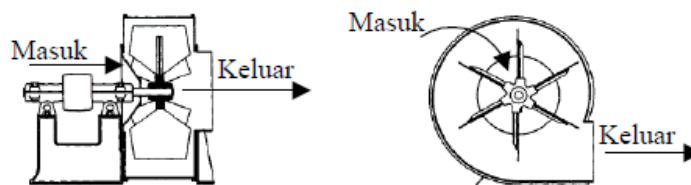
15. Blower

Tugas : Menghembuskan udara ke dalam Rotary Dryer

Fungsi : Memindahkan udara dari udara bebas ke Rotary Dryer

Type : Centrifugal Blower

Dasar pemilihan : Sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi



Peritungan rate udara :

Massa udara = 48117,528 kg/jam

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

BM udara = 29 kg/kgmol

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

Rate volumetric = 41267,295m³/jam

Asumsi komposisi udara :

$\text{N}_2 = 79\% \text{ w/w}$

$\text{O}_2 = 21\% \text{ w/w}$

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

$$P \text{ blower} = 14,7825 \text{ psia} = 30,0972 \text{ inHg}$$

Menghitung power blower =

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

$$HP = 1,57 \times 10^{-4} \times 30,0972 \times 24289,035 = 7,3454 \text{ hp}$$

Efisiensi motor 0,8 = 9,1818

Spesifikasi

Fungsi : memindahkan udara dari udara bebas ke rotary dryer

Tipe : centrifugal blower

Bahan : Commercial steel

Rate volumetric: 106080 cuft/menit

Adiabatic head : 995 ft lbf/lbm gas

Efisiensi motor : 80%

Power : 9,1818 HP = 10 HP

Jumlah : 1

13. Ball mill

Fungsi : Menghaluskan produk sampai 100 mesh

Tipe : Ball mill grinding system

Dasar pemilihan : Dipilih jenis ini karena sesuai dengan bahan dan kapasitas

Perhitungan

Rate massa : 10439,0698 kg/jam

Berdasarkan rate massa ton/ hari dari tabel 20-16 illustrate performance of ball mill perry ed 7 didapat spesifikasi

Jenis ball mill : mercy ball mill

No sieve : 100 mesh

Rate maksimum : 105 ton/hari

Untuk mercy ball digunakan 3 buah bola baja dengan ukuran 10 in, 7,5 in, dan 5 in, asumsi berat bola didistribusikan sama rata menjadi 3 bagian

Spesifikasi :

Fungsi : Menghaluskan produk menjadi 100 mesh

Tipe : Ball mill grinding system

Kapasitas maksimum: 105 ton/hari

Ukuran ball mill : 6 ft x 4,5 ft

Bucket spacing : 12 in

Pusat elevator : 25 ft

Mill speed : 24 rpm

Power : 10 Hp

Jumlah : 1 buah

14. Screen

Fungsi : memisahkan serbuk ukuran 100 mesh

Type : vibrating screen

Suhu operasi : suhu 30C tekanan 1 atm

Perhitungan

Bahan masuk : 10439,0698 kg/jam

Ukuran yang tersaring mempunyai ukuran 100 mesh

Produk oversized : 5%

Produk undersized : 95%

Produk undersized dalam oversized 5% produk undersized

Perhitugn efisiensi screen : $100 \times 100(e-v)/e (100-v)$

E = efisiensi screen

$e = \% \text{ undersized dalam feed}$

$v = \% \text{ undersized dalam screen oversized}$

Sehingga $E = 99,7230 \%$

Power = 3 hp (peter's 4ed; p 567)

Spesifikasi

Nama alat : screen

Fungsi : memisahkan produk 100 mesh

Type : vibrating screen

Dari Perry 7 ed halaman 19-10 didapatkan

Kapasitas : 10,4381 ton/jam

Speed : 50 vibration/s

Power : 3 hp

Ukuran kawat : 0,11 mm

Jumlah : 1 buah

15. Bucket elevator

Fungsi : Memindahkan $MgCO_3$ dari truk ke silo penyimpanan

Tipe : Continuous Discharge Bucket Elevator

Dasar pemilihan : Untuk meminahkan dengan bahan ketinggian tertentu

Perhitungan

Rate massa : 7051,3110 kg/jam

Tinggi bucket : tinggi mixer + jarak dari dasar = 6,5464 + 1 = 7,5464 m

Bucket speed ; rate massa (ton/jam) x 225 ft/menit / kapasitas maksimum (14 ton/jam) = 113,3246 ft/menit

Putaran head shaft = rate massa (ton/tahun) x 43 rpm / kapasitas max (14 ton/jam) = 21,6576 rpm

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

Spesifikasi :

Fungsi : Memindahkan bahan baku $MgCO_3$ dari truk ke silo penyimpanan

Tipe : Continuous Discharge bucket Elevator

Kapasitas maksimum: 14000 ton/jam

Ukuran : 6 in x 4 in x 4,25 in

Bucket spacing : 12 in

Pusat elevator : 25 ft

Tinggi elevator : 7,5464 m

Bucket speed : 113,3264 ft/menit

Putaran head shaft : 21,65 rpm

Lebar belt : 7 in

Power total : 1,8690 HP = 2 HP

21. Heater-1

Fungsi : Memanaskan suhu dari 30C ke suhu 86,66°C

Alat : 2-4 shell dan tube heat exchanger

Letak : Setelah mixer

Shell : Bahan

Tube : Steam

Kebutuhan pemanas adalah 630685,8 kg/jam

Perancangan alat heater H_2SO_4

Fluida dingin :

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

Suhu keluar : $86,66^{\circ}\text{C} = 187,988^{\circ}\text{F}$

Massa masuk : $9042,1172 \text{ kg/jam} = 19349,9 \text{ lb/jam}$

Fluida panas : kebutuhan pemanas $2979,43 \text{ kg/jam}$

Beban pemanas $680635,83 \text{ kJ/jam}$

Suhu pemanas masuk: 150°C

Suhu pemanas keluar: 101°C

Menentukan spesifikasi alat

Fluida dingin °F		Fluida panas °F	Δt
86	Lower temp	213,8	127,8
175,064	Higher temp	302	126,936

$$dt\ 1 = 127,8^{\circ}\text{F}$$

$$dt\ 2 = 126,93^{\circ}\text{F}$$

$$dt2 - dt\ 1 = -0,864^{\circ}\text{F}$$

Menghitung temperature caloric

$$R = (T1-T2)/(t2-t1) = 1,0098$$

$$S = (t2-t1)/(T1-t1) = 0,4083$$

Dari Kern halaman 828

Fig 18 HE 1-2 didapatkan $F_t = 0,95$

$$dTLMTD = dT \times F_t = 121,1351$$

$$dtc/dth = dt1/dt2 = 09932$$

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2.3 \log \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} \times \quad = 127,5107^\circ\text{F}$$

$$t_a = (t_1+t_2)/2 = 257,9^\circ\text{F}$$

$$T_a = (T_1+T_2)/2 = 130,53^\circ\text{F}$$

dengan menggunakan fig 17 (Kern hal 827) diperoleh bilangan API
gravity biasanya 30 – 35

$$K_c = 1,5 \text{ dan } F_c = 0,6$$

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

$$T_c = 121,6259^\circ\text{F}$$

$$t_c = t_1 + F_c(t_2 - t_1) = 249,000^\circ\text{F}$$

$$\text{densitas tube} = 2381,66 \text{ kg/L} = 344,6001 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{densitas shell} = 929,4793 \text{ kg/L} = 58,0277 \text{ lb/cuft}$$

Menghitung viskositas fluida dingin 30°C

komponen	Massa	(%w/w)	A	B	C	D	μ
	(kg/jam)						Cp
H ₂ SO ₄	8104,1970	0,8963	- 18,7045	3,50E-03	3,31E-02	-1,70E-05	1,37135E-08
H ₂ O	937,9202	0,1037	- 10,2158	1,79E-03	1,77E-02	-1,26E-05	3,93582E-05
Total	9042,117	1,0000					

Menghitung viskositas fluida panas 150 C

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

komponen	Massa (kg/jam)	(%w/w)	A	B	C	D	μ
							Cp
H2O	2979,430	1,0000	-10,215	0,001792	0,0177	-0,000012	0,000707

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

Fluida dingin

komponen	Massa (kg/jam)	(%w/w)	A	B	C	k	k
						W/m.K	Btu/jam.ft.°F
H2SO4	8104,1970	0,8963	0,1553	0,00106	-1,2858E-06	0,3678	0,2125
H2O	937,9202	0,1037	0,2758	0,00461	-5,5391E-06	0,6407	0,3674
Total	9042,117	1,0000					

Sumber = Yaws

Fluida panas = $A + BT + CT^2$

komponen	Massa (kg/jam)	(%w/w)	A	B	C	D	μ
							Cp
H2O	2979,4304	1,0000	-10,215	0,001792	0,01773	-0,00001	0,00070731

Sumber = Yaws, 1991

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

komponen	Cp	BM	C
	kJ/kmol.K	kg/kmol	Btu/lb.°F
H2SO4	80315,19547	98,0734	188,3538

H2O	39836,35729	18,0152	421,9146
Total	120151,5528		610,268

Fluida panas 150°C

komponen	Massa	(%w/w)	A	B	C	k	k
	(kg/jam)					W/m.K	Btu/ja m.ft.°F
H2O	2979,430	1,0000	-0,2758	0,0046	-5,5391E-06	0,6824604 57	0,3943 18145

Spesific gravity (s)

Fluida dingin

Komponen	Massa	(%w/w)	s
	(kg/jam)		
H2SO4	8104,1970	0,8963	1,84
H2O	937,9202	0,103727942	1
Total	9042,117	1,0000	

Fluida panas

Komponen	Massa	(%w/w)	s
	(kg/jam)		
H2O	2979,4304	1,0000	1

	Fluida Panas	Fluida Dingin
ρ_{camp} , (lb/ft ³)	334,6001	58,0277
μ_{camp} (cp)	1,5300E-08	7,0731E-04
k (Btu/jam.ft.°F)	0,2223	0,3943
c (Btu/lb.°F)	610,2683	2067,0638
s camp	1,6925	1

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

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

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

$$A = Q / (Ud \times \text{LMTD}) = 20,0159 \text{ ft}^2$$

$$A = 20,0159 \text{ ft}^2$$

$$a'' = 0,1963 \text{ ft}^2 / \text{lin ft (Kern hal 843)}$$

$$L = 7 \text{ ft} = 2,1136 \text{ m (ditentukan)}$$

Jumlah tube :

$$N_t = 16$$

$$\text{Standart} = 16$$

Parameter design dari Tabel 9 Kern halaman 842

Pipa = 1 in OD tubes

Pitch = 1,25 square pitch

Shell side

ID = 8 in (Kern hal 842)

Buffel = 3

Pass (pasang) = 2

Tube side

Number and length = 16

OD = 1

BWG = 14

Pitch = 1,25 square pitch

Passes = 4

Tabel 10 kern halaman 843

Tabel 10, Kern hal 843		in	ft	m
OD pipe				
		0,08333333		
ID pipe	=	1,0000	3	0,0254
Pitch, PT	=	0,8340	0,0695	0,0212
Panjang pipa, Lt	=	1,2500	0,1042	0,0318
	=	-	7	2,1336
Surface per lin ft, a''t		in ²	ft ² /ft	m ²
Flow area per tube, a't		-	0,1963	0,0182
		0,5460	0,0038	0,0004

Koreksi Ud

$$A = a'' \times N_t \times L = 21,9856 \text{ ft}^2$$

$$U_d = Q / (A \times \text{LMTD}) = 653,0463 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Fluida panas : tube side

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

$$C' = \text{clearance beetwen tube} = \text{pitch} - \text{OD tube} = 0,2500 \text{ in}$$

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

$$P_T = \text{tube pitch} = 1,25 \text{ in}$$

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

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

$$w = 104,63 \text{ lb/jam}$$

$$a_s = 0,0417 \text{ ft}^2 \text{ bisa dihitung } G_s = 2511,08 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

Menentukan bilangan Reynold

$$G_s = 200603,854 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,0833 \text{ ft (fig 28 Kern 838)}$$

$$\text{Miu} = 0,3726 \text{ lb/ft jam}$$

$$\text{Re}_s = \frac{G_s \cdot D}{\mu} = 177506,06$$

$$jH = 200 \text{ (fig 28 Kern 838)}$$

Menentukan k dan c pada $t_a = 13,532 \text{ }^\circ\text{F}$

$$k = 0,2225 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

$$c = 610,2683 \text{ BTU/lb }^\circ\text{F}$$

$$\text{miu} = 0,3726 \text{ lb/ft jam}$$

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

$$2,9491 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan h_o

$$h_o = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_s = 7077,838 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Fluida dingin : Tube side

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

$$N_t = 16$$

Fluks massa melalui tube (Gt)

$$Gt = w / at$$

$$w = 13145,182 \text{ lb/jam}$$

$$at = 00625 \text{ ft}^2$$

$$Gt = 216678,829 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

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

$$Gt = 216678,829 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,0695 \text{ ft (Tabel 10 Kern halaman 843)}$$

$$\mu = 0,587 \text{ lb/ft jam}$$

$$Re_t = 1285823,460$$

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

$$\text{Menentukan } k \text{ dan } c \text{ pada } t_a = 257,9 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$k = 0,3936 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$c = 2067,0638 \text{ BTU/lb }^\circ\text{F}$$

$$\mu = 0,587 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 1,7486 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan h_i

$$h_i = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi = 25,1591 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan tube wall temperature

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

$$t_w = 122,0770 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_w = 323,0426 \text{ K}$$

Fluida Dingin :

$$\text{Total} = 7,726 \text{ cp}$$

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

$$\phi_t = 2,1299$$

Menentukan corrected coefficient

$$h_o = \frac{h_o}{\phi_s} \times \phi_s = 53,5874 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan corrected coefesient

$$h_{io} = \frac{h_{io}}{\phi} \times \phi = 33,1306 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Clean Overall coefecient U_c

$$U_c = (h_{io} \cdot h_o) / (h_{io} + h_o) = 52,7344$$

Design overall coefecient $U_d = 653,0463 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$

$$R_D = \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D} = 0,031 \text{ jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F/Btu}$$

Menghitung Pressure Drop

Fluida dingin : tube

$$\text{Res} = 177506,06$$

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

$$s = 1,6925$$

$$D_e = 1,6042 \text{ ft}$$

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot D_e s \phi_s} = 0,0807 \text{ psi}$$

Tube side ;fluida panas

$$\text{Ret} = 1285823$$

$$f = 0,0013 \text{ ft}^2/\text{in}^2 \text{ (fig 29 Kern hal 839)}$$

$$s = 1$$

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5.22 \cdot 10^{10} D_t \cdot \phi_t} = 0,0052 \text{ psi}$$

	h outside	53,5874
Uc	Calculated	52,7344
Ud	Trial	700
Ud	Calculated	653,0463
Rd	Calculated	0,0174
Rd	Required	0,0030
Delta Ps	Calculated	0,8392
Delta PT	Calculated	0,1158

22.Heater-2

Fungsi : Memanaskan mother liquor dari suhu 15C menjadi 70C

Alat : 1-2 shell dan tube heat exchanger

Letak : Setelah centrifuge-2

Shell : Bahan

Tube : Steam

Kebutuhan pemanas adalah 3336,4862 kg/jam

Perancangan alat heater CH₂O

Fluida dingin :

Suhu masuk : 15°C = 59°F

Suhu keluar : 86,66°C = 158 °F

Massa masuk : 5537,7618 kg/jam = 10181,149 lb/jam

Fluida panas : kebutuhan pemanas 3336,4862 kg/jam

Beban pemanas 706267,41 kJ/jam

Suhu pemanas masuk: 150°C

Suhu pemanas keluar: 101°C

Menentukan spesifikasi alat

Fluida dingin °F		Fluida panas °F	Δt
59	Lower temp	213,8	154,8
158	Higher temp	302	144

$$dt\ 1 = 154,8\ ^\circ\text{F}$$

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

$$dt_2 - dt\ 1 = -10,8\ ^\circ\text{F}$$

Menghitung temperature caloric

$$R = (T_1 - T_2) / (t_2 - t_1) = 1,1224$$

$$S = (t_2 - t_1) / (T_1 - t_1) = 0,3630$$

Dari Kern halaman 828

Fig 18 HE 4-8 didapatkan $F_t = 0,97$

$$dTLMTD = dT \times F_t = 145,0177$$

$$dt_c / dt_h = dt_1 / dt_2 = 0,9302$$

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2.3 \log \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} \times x = 149,5028\ ^\circ\text{F}$$

$$t_a = (t_1 + t_2) / 2 = 257,9 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_a = (T_1 + T_2) / 2 = 108,5 \text{ } ^\circ\text{F}$$

dengan menggunakan fig 17 (Kern hal 827) diperoleh bilangan API gravity untuk slurry biasanya 30 – 35 dan perbedaan suhu shell adalah 45 °F diperoleh

$$K_c = 1,5 \text{ dan } F_c = 0,6$$

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

$$T_c = 98,6 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_c = t_1 + F_c(t_2 - t_1) = 249,08 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{densitas shell} = 1100,6692 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{densitas tube} = 929,4973 \text{ lb/cuft}$$

Menghitung viskositas fluida dingin 42,5°C

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2 \text{ suhu masuk fluida } 42,5^\circ\text{C} = 315,5 \text{ K}$$

Komponen	Massa	(%w/w)	μ
	(kg/jam)		Cp
MgCO ₃	436,8695	0,07869	0,5504
H ₂ SO ₄	508,1271	0,09153	0,5857
H ₂ O	4592,7651	0,82729	0,5209
MgSO ₄	13,8429	0,00249	0,4324
Total	5551,6047	1,0000	

Menghitung viskositas steam masuk

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

Komponen	Massa	(%w/w)	M
	(kg/jam)		Cp
H ₂ O	3336,4862	1,0000	0,00070731

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

Fluida dingin

Komponen	Massa	(%w/w)	k	k
	(kg/jam)		W/m.K	Btu/jam.ft.°F
MgCO ₃	436,8695	0,07869	42,0000	24,2671
H ₂ SO ₄	508,1271	0,09153	3,6100	2,0858
H ₂ O	4592,7651	0,82729	1,4417	0,8294
MgSO ₄	13,8429	0,00249	7,2000	0,8294
Total	5551,6047	1,0000		

Sumber = Yaws

Fluida panas

Komponen	Massa	(%w/w)	k	k
	(kg/jam)		W/m.K	Btu/jam.ft.°F
H ₂ O	3336,4862	1,0000	0,6825	0,3943

Sumber = Yaws, 1991

Specific gravity : s

Fluida dingin

Komponen	Massa (kg/jam)	(%w/w)	s
MgCO ₃	436,8695	0,07869	1,7690
H ₂ SO ₄	508,1271	0,09153	2,1630
H ₂ O	4592,7651	0,82729	1,5300
MgSO ₄	13,8429	0,00249	1,5300
Total	5551,6047	1,0000	

Fluida panas

Komponen	Massa	(%w/w)	s
	(kg/jam)		
H ₂ O	3336,4862	1,0000	1

	Fluida Dingin	Fluida Panas
ρ_{camp} , (lb/ft ³)	68,7137	58,0277
μ_{camp} (cp)	5,2822E-01	7,0731E-04
k (Btu/jam.ft.°F)	0,9546	0,3943
c (Btu/lb.°F)	64,9601	206,0638
s camp	1,5895	1

untuk heater pemanas steam dan fluida dingin adalah bahan (aq) Kern dalam
840

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

$$\text{Diambil } UD = 400 \text{ BTU/ft}^2 \text{ jam } ^\circ\text{F}$$

$$A = Q / (Ud \times \text{LMTD}) = 11,5402 \text{ ft}^2$$

$$A = 11,5402 \text{ ft}^2$$

$a'' = 0,163 \text{ ft}^2 / \text{lin ft}$ (Kern hal 843)

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

$N_t = 8,3984$

Standart = 14

Parameter design dari Tabel 9 Kern halaman 842

Pipa = 1 in OD tubes

Pitch = 1,25 square pitch

Shell side

ID = 8 in (Kern hal 842)

Buffel = 3

Pass (pasang) = 4

Tube side

Number and length = 14

OD = 1,250,75

BWG = 14

Pitch = 1,25 square pitch

Passes = 8

Tabel 10 kern halaman 843

Tabel 10, Kern hal 843

OD pipe		in	ft	m
ID pipe	=	1,0000	0,083333333	0,0254
Pitch, PT	=	0,9200	0,0767	0,0234
Panjang pipa, Lt	=	1,2500	0,1042	0,0318
	=	-	7	2,1336
Surface per lin ft, a''t		in ²	ft ² /ft	m ²
Flow area per tube, a't		-	0,1963	0,0182
		0,6650	0,0046	0,0004

Koreksi Ud

$$A = a'' \times N_t \times L = 10,2374 \text{ ft}^2$$

$$U_d = Q / (A \times \text{LMTD}) = 339,9531 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

Fluida panas : Stube side

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

Flow area (a_s) = dimana

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

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

$$P_T = \text{tube pitch} = 1,25 \text{ in}$$

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

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

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

$$w = 10181,496 \text{ lb/jam}$$

$$a_s = 0,0964 \text{ ft}^2 \text{ bisa dihitung } G_s = 10553,305 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

Menentukan bilangan Reynold

$$G_s = 10553,35 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,0833 \text{ ft (fig 28 Kern 838)}$$

$$\text{Miu} = 0,9940 \text{ lb/ft jam}$$

$$\text{Re}_s = \frac{G_s \cdot D}{\mu} = 625656,785$$

$$j_H = 200 \text{ (fig 28 Kern 838)}$$

Menentukan k dan c pada $t_a = 1085 \text{ °F}$

$$k = 0,9546 \text{ Btu/jam ft}^2\text{°F}$$

$$c = 64,9601 \text{ Btu/lb °F}$$

$$\mu = 0,9940 \text{ lb/ft jam}$$

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

$$0,4574 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ °F}$$

Menentukan h_o

$$h_o = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_s = 109,766 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ °F}$$

Fluida dingin : Tube side

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

Dimana :

$$N_t = 14$$

$$a' = 0,6640 \text{ in}^2$$

$$n = 1$$

$$a_t = 0,0647 \text{ ft}^2$$

Fluks massa melalui tube (Gt)

$$G_t = w / a_t$$

$$w = 1621,1515 \text{ lb/jam}$$

$$a_t = 0,0647 \text{ ft}^2$$

$$G_t = 25074,738 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

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

$$G_t = 25074,738 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

$$D = 0,0767 \text{ ft (Tabel 10 Kern halaman 843)}$$

$$\text{Miu} = 0,5477 \text{ lb/ft jam}$$

$$\text{Ret} = 112309,20$$

$$jH = 6 \text{ (Fig 28 kern hal 838)}$$

Menentukan k dan c pada $t_a = 257,9 \text{ }^\circ\text{F}$

$$k = 0,393 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$c = 2067,0638 \text{ BTU/lb }^\circ\text{F}$$

$$\text{miu} = 0,5477 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 0,4884 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan hio

$$h_i = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_t = 6,3700 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan tube wall temperature

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

$$t_w = 99,4682 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_w = 310,4824 \text{ K}$$

Menentukan corrected coefficient

$$h_o = \frac{h_o}{\phi_s} \times \phi_s = 23913,1142 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\phi_s = (\mu / \mu_w)^{0.14} = 21,7855$$

Menentukan corrected coefesient

$$h_{i0} = \frac{h_{i0}}{\phi_t} \times \phi_t = 159,986 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Clean Overall coefecient U_c

$$U_c = (h_{i0} \cdot h_o) / (h_{i0} + h_o) = 15,5884$$

Design overall coefecient $U_d = 239,9531 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$

$$R_D = \frac{U_C - U_D}{U_C \times U_D} = 0,0599 \text{ jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F/Btu}$$

Menghitung Pressure Drop

Fluida dingin : shell side

$$Re_s = 625656,8$$

f (faktor friksi) = $0,001 \text{ ft}^2/\text{in}^2$ (fig 29 Kern hal 839)

$$s = 1,5893$$

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

$$N+1 = L/B = 12 \times \text{BWG} / \text{Buffel} = 12 \times 12 / 4 = 56$$

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5.22 \cdot 10^{10} \cdot D_e s \phi_s} = 0,0028 \text{ psi}$$

Tube side ;fluida panas

$$Re_t = 112309,20$$

f = $0,0013 \text{ ft}^2/\text{in}^2$ (fig 29 Kern hal 839)

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5.22 \cdot 10^{10} D_t \cdot \phi_t} = 0,0063 \text{ psi}$$

	h outside	15,5986
Uc	Calculated	15,5884
Ud	Trial	400
Ud	Calculated	339,9531
Rd	Calculated	0,0600
Rd	Required	0,0030
Delta Ps	Calculated	0,0028
Delta PT	Calculated	0,0063

23. Pompa

Fungsi : memompa larutan bahan baku H_2SO_4 dari truk ke tangki

Dari Arus 3, didapatkan :

Rate masuk = 8276,4435 kg/jam

$\rho = 1808,8176 \text{ lb/cuft}$

Menentukan kapasitas pompa

$$Q_f = \frac{\text{Kapasitas}}{\rho}$$
$$= 20,1457 \text{ gpm}$$

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

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

$D_{opt} = 1,7839 \text{ in}$

Digunakan pipa standart (Tabel 11 hal 844)

D nominal : 2 in

ID : 1,939 in

OD : 2,375 in

Sch : 80

Flow area perpipa (A): $0,02330 \text{ ft}^2 = 3,3552 \text{ in}^2$

Menghitung kecepatan linier fluida (v)

$V = Q / A$ dengan :

Q = Laju alir volumetric (cuft/s)

A = luas penampang (ft^2)

$v = 1,9264 \text{ ft/s} = 0,5872 \text{ m/s}$

Menghitung bilangan Reynold

$NRe = D \times v \times \rho / \mu$, dengan

$NRe = 8983,39$ ($NRe > 2100$ jadi aliran Turbulen)

Menghitung sudden contraction loss

$$h_c = k_c \frac{v^2}{2 \times g_c \times \alpha}$$

$A1 \gg A2$ dimana $A1 = 0,338 \text{ ft}^2$ dan $A2 = 0,0233 \text{ ft}^2$

$A2/A1 = 0,0023 < 0,715$, maka

$Kc = 4,9909$

$A = 1$ (untuk aliran turbulen)

Sehingga =

$$h_c = k_c \frac{v^2}{2 \times g_c \times A}$$

= 0,02878 lbf.ft/lbm

Sudden enlargemen losses

$A2 \gg A1$ dimana $A2 = 0,0233 \text{ ft}^2$ dan $A1 = 83,0424 \text{ ft}^2$

$$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2$$

$Kc = 0,99703$

Sehingga $Hex = 0,0574$

Losses in vittig and vave

$$h_f = k_f \frac{v^2}{2 \times g_c}$$

$$2 \times gc$$

Dari tabel geankoplis 2-10-1 halaman 99 didapat

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

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

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

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

$$\text{Sehingga } h_f = 0,1464 \text{ lbf.ft/lbm}$$

Losses in pipa straight

$$h_f = \frac{4f \cdot v^2 \cdot \sum Le}{2 \cdot ID \cdot gc}$$

Dari tabel geankoplis 2-10-1 halaman 99 didapat

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

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

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

$$3 \text{ elbow } 90^\circ = 3 \cdot \frac{ID}{L/D} = 16,96625 \text{ ft}$$

$$1 \text{ gate valve} = 1 \cdot \frac{ID}{L/D} = 1,45425 \text{ ft}$$

$$3 \text{ coupling} = 3 \cdot \frac{ID}{L/D} = 0,9695 \text{ ft}$$

$$\text{Total } Le = \frac{\quad}{\quad} = 19,39 \text{ ft}$$

Menghitung fanning friction factor

Dari fig 2.10.3 geankoplis untuk commercial steel $e = 0,000046 \text{ m} = 0,00015 \text{ ft}$

Dengan $Nre = 8983,39$ maka nilai $f = 0,008$

Sehingga $h_f =$

$$h_f = \frac{4 \times 0,008 \times (1,926392964)^2 \times 78,4444}{2 \times 0,16158333 \times 32,174}$$

$$= \frac{0,89592173}{9} \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}$$

Menghitung energi yang hilang karena gesekan

$$\Sigma f = H_f = h_c + h_{ex} + h_f + h_F = 1,1286 \text{ lbf.ft/lbm}$$

$$\text{Statistic head} = 7 \text{ lbf.ft/lbm}$$

$$\text{Velocity head} = 0,0576$$

$$\text{Pressure head} = 1.0706 \text{ ft}$$

Menghitung energi mekanik pompa

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

Dimana

Wf = tenaga yang ditambahkan kedalam sistem per satuan massa

$$-W_f = 9,2670 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Menghitung broke horse power (BHP)

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

Diketahui :

$$Q = 20,1457 \text{ gpm}$$

$$-W_f = 9,2670 \text{ ft.lbf/lbm}$$

N pompa 20 %

sehingga

$$\text{BHP} = 0,4296 \text{ HP}$$

Menghitung Power Motor

BHP 0,4296 HP

Efisiensi motor = 80%

Power motor = BHP pompa / efisiensi motor

Power motor = 0,5337 HP

Standar NEMA = 1 HP

BAB VI

UTILITAS

Unit Penyediaan dan Pengolahan air

- A. Air untuk keperluan umum jumlah total 1375 kg/jam
- B. Air proses total 937,9202 kg/jam dan make up 93,7920 kg/jam
- C. Air untuk boiler total 32495,905 kg/jam dan make up 3249,5905 kg/jam
- D. Air untuk cooling tower 310221,5 kg/jam dan make up 31022,15 kg/jam
- E. Air untuk refrigerant 24196,9434 kg/jam dan make up 2419,6943 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)

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

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

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

$$\text{Standart NEMA} = 1,5 \text{ HP}$$

2. Refrigerant

$$\text{Massa air pendingin} = 24196,9434 \text{ kg/jam}$$

$$Q = 1605636,3515 \text{ kJ/jam}$$

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

Pendingin Freon pada suhu 0°C

$$Q = 1605636,3515 \text{ kJ/jam}$$

Dari www.EngineeringToolBox.com diperoleh latent heat pada 0°C adalah 2501 kJ/kg

Kebutuhan pendingin Freon

$$\text{Kebutuhan pendingin}(m) = \frac{Q}{\lambda} = 1605636,3515 / 2501 = 641,9977 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Kebutuhan pendingin}(m) = 1415,3611 \text{ lbm/jam}$$

Kompresor

Uap jenuh (A)

Ta= 0°C dari www.EngineeringToolBox.com didapat :

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

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

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

Uap (B)

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

$$T_b = 5^\circ\text{C}$$

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

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

Tenaga yang dibutuhkan (-Ws) :

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

$$\text{Jumlah Freon} = 1415,3611 \text{ lbm/jam}$$

$$\text{Maka tenaga dibutuhkan} = (-Ws) \times m = 35836,9421 \text{ btu/jaam}$$

$$\text{Tenaga} = 10,5028 \text{ kW}$$

Katub Expansi

Cair jenuh (C)

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

Dari www.EngineeringToolBox.com :

$$T_c = 5^\circ\text{C}$$

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

Cair-uap (D)

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

Dari www.EngineeringToolBox.com

$$T_d = 0^\circ\text{C}$$

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

Mencari jumlah cairan yang menjadi uap

Karena titik B merupakan campuran cair dan uap maka :

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

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

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

$$H_u = \text{Entalpi pada uap jenuh} = 174,29 \text{ BTU/lbm}$$

X = fraksi uap yang terbentuk

$$X = 1,0547 \text{ lbm uap/lbm cair}$$

Kondensor

$$P_b = P_c = 3,578 \text{ psia}$$

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

Coefecirnt of performance (Ratio refrigerasi)

Siklus uap dengan katup ekspansi

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

3. Alat yang digunakan

3.1 Cooling Tower

Fungsi : Tempat mendinginkan air pendingin dan mensirkulasikan kembali

Suhu air masuk cooling : $45^\circ\text{C} = 122^\circ\text{F}$

Suhu air keluar cooling : $25^\circ\text{C} = 80,6^\circ\text{F}$

Kecepatan pemasukan : $310221,50\text{l/jam} = 26,0394 \text{ gpm}$

Digunakan udara sebagai medium pendingin dengan RH = 80%

Dry bulb temp 90°F

Wet bulb temp 80°F

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

Maka setiap lb udara kering membawa 0,0262 lb air

Kehilangan air akibat penguapan (W_e)

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

$$W_c = 310221,50\text{kg/jam}$$

$$W_e = 5273,766 \text{ kg/jam} = 254,9043 \text{ lb/jam}$$

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

$$\text{Udara yang dipindahkan} = 9729,171 \text{ lb udara kering / jam}$$

Kecepatan air 5 gpm

Wet bulb 80°F

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

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

$$\text{laju alir massa} = 5170,3584 \text{ kg/menit}$$

$$\text{Holding time} = 30 \text{ menit}$$

$$Q_t = 183,1147 \text{ cuft/menit} = 1364,5183 \text{ gpm}$$

$$\text{Cooling tower area} = \text{debit air yang diinginkan} / \text{kecepatan air} = 272,9076 \text{ ft}$$

Over design 20%

$$\text{Luas cooling area} = 327,4843 \text{ ft} = 30,4242 \text{ m}^2$$

$$\text{Tinggi} = \text{volume/panjang} \times \text{lebar} = 5,1135$$

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

$$W_b = W_e / (s-1) = 49,3782 / (5 - 1) = 63,7261 \text{ lb/jam}$$

$$W_d = 0,0002 \times 12,3445 = 0,0509 \text{ lb/jam}$$

Jadi,

$$W_m = W_e + W_d + W_b = 318,6813 \text{ lb/jam} = 144,5516 \text{ kg/jam} = 3469,238$$

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

$$\text{fan} = 9,8245 \text{ HP}$$

Efisiensi motor 80%

Power motor = BHP = 12,2806 HP

Digunakan 1 fan dengan motor 1/4 HP

3.2 Bak Refrigerator

Densitas : 1000 kg/m^3

Pemasukan air : $24196,9434 \text{ m}^3/\text{jam}$

Waktu tinggal : 1 jam

Bentuk bak persegi panjang

Volume bak = $18,3996 \text{ m}^3$

Dimensi bak dirancang

P = 2,64 m

L = 1,32 m

T = 5,28 m

3.3 Bak Penampung sementara (BU01)

Tugas : menampung air dan selanjutnya didistribusikan ke semua pengolahan air

Kapasitas : $520375,3644 \text{ kg/jam}$

Dirancang overdesign 20% dan waktu tinggal dalam tangki 1 jam

Volume tangki = $624,4504 \text{ m}^3$

Dimensi bak dirancang

P = 11,8528 m

L = 2,9632 m

T = 8,8896 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) : 38995,08 kg/jam

Densitas (p) : 997 kg/m³

Overdesign : 20%

Kapasitas : $1,2 \times W / p = 46,9349 \text{ m}^3/\text{jam}$

Perancangan waktu siklus kation exchanger

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

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

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

Waktu siklus : $t_c = 24 \text{ jam}$

Kisaran laju air melalui bed zeolite 3 – 8 gpm / ft² (Powl 1954)

Dirancang :

Kecepatan air diambil $3 \text{ gpm} / \text{ft}^2 = 7,3334 \text{ m}^3/\text{jam m}^2$

Luas tampang kolom $A = Q / \text{kec air} = 6,4001 \text{ m}^2$

Diameter = $D = (4 A / \pi)^{0,5} = 2,8553 \text{ m}$

Setelah proses pelunakan awal di Bak pengendapan awal kesadahan air berkisar 50 – 70 ppm

Kapasitas Natural Green Sand Zeolit = 3000 grain hardness/ cuft (Nalco, 1978) tiap 1 cuft zeolite dapat menghilangkan 2000 – 12000 grain hardness dalam 1 galon air rata terdapat 10 grain hardness (Powl 1954)

Diperkirakan :

Kesadahan air sebelum lewat KEU = 70 ppm

Kesadahan air setelah lewat KEU = 0 ppm

Kesadahan yang dihilangkan selama waktu operasi = 43,6744 kg = 673999 grain

Volum bed zeolite $V = \text{kesadahan air yang dihilangkan} / \text{kapasitas zeolite}$
 $= 673999 \text{ grain} / 3000 \text{ grain/cuft} = 224,6666 \text{ cuft} = 6,3618 \text{ m}^2$

Tinggi bed zeolite : 0,994 m

Tinggi cairan di atas bed : 0,25 m

Tinggi cairan di bawah bed : 0,25 m

Tinggi kolom : 1,4940 m

Kebutuhan HCl untuk regenerasi

Efisiensi regenerasi : 0,5 lb / 1000 grain hardness

Jumlah HCl : $(0,5 / 1000) \times 673999 = 336,99 \text{ lb/ waktu siklus}$

: 152,86 kg/waktu siklus

Anion Exchanger

Tugas : Menghilangkan anion dari air keluaran kation exchanger

Resin : Synthetix resin anion exchanger

Kapasitas : $W = 38995,08 \text{ kg/jam}$

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

Overdesign: 20%

Kapasitas : $1,2 \times W / p = 1,2 \times 681,0165 / 997 = 46,9349 \text{ m}^3/\text{jam}$

Perancangan waktu siklus anion exchanger

Waktu operasi : $t_o = 22,5$ jam

Waktu pencucian : $t_w = 0,5$ jam

Waktu regenerasi : $t_r = 1$ jam

Waktu siklus : $t_c = 24$ jam

Karakteristik synthertic resin anion exchanger

Kapasitas = 10000 – 22000 grain / cuft (Nalco, 1978)

Kecepatan aliran air = 5 – 7,5 gpm / ft²

Kebutuhan regenerasi NaOH = 12 lb/cuft

Dirancang :

Kecepatan air diambil 5 gpm / ft² = 12,2224 m³ / jam m²

Luas kolom A = Q / kec air = 3,8401 m²

Diameter = $(4 \times A / \pi)^{0,5} = 2,2117$ m

Setelah proses pelunakan awal di bak penampungan awal, kesadahan air biasanya 50-70 ppm

Dipakai kapasitas resin = 10000 grain / cuft

Diperkirakan :

Total anion sebelum lewat AEU = 70 ppm

Total anion setelah lewat AEU = 0 ppm

Total anion yang dihilangkan selama waktu operasi = 61,4173 kg =
947812,040 grain

Volume bed resin $V = \text{kesadahan air dihilangkan} / \text{kapasitas resin} =$
94,7812 cuft

Volume bed resin $V = 2,6837 \text{ m}^3$

Tinggi bed zeolite $= 0,0619 / 0,0432 = 0,6989 \text{ m}$

Tinggi cairan diatas bed $= 0,25 \text{ m}$

Tinggi cairan dibawah bed $= 0,25$

Tinggi kolom $= 1,1989 \text{ m}$

Kebutuhan NaOH untuk regenerasi

Efisiensi regenerasi $= 12 \text{ lb/cuft}$

Jumlah NaOH $= 1137,37 \text{ lb/waktu siklus}$

$= 515,9050 \text{ kg/waktu siklus}$

3.5 Tangki Air Demin (TU-05)

Bahan : Carbon steel

Tugas : Menampung sementara air make up boiler dan ion exchanger

Kecepatan volumetric : $46,93 \text{ m}^3/\text{jam}$

Waktu tinggal : 6 jam (Perry 1997)

Volume terisi : 80%

Volume bak : $F_v \times t / 80\% = 533,011 \text{ m}^3$

Diambil $H/D = 1$

Diameter tangki = 7,6541m

Tinggi tangki = 7,6541 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 : 38995 kg/jam = 2166,4 kmol/jam

Kecepatan steam: 1000 kg/jam = 55,6 kmol/jam

Massa jenis air: 997 kg/m³

Massa jenis steam : 955,7704 kg/m³

Viskositas air : 1 cP = 0,001 Ns/m²

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

$$FL_v = 37,8 / 55,6 (955,7704 / 977)^{0,5}$$

$$FL_v = 38,18$$

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

Didapat K₄ = 0,5

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

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

$$V_w' = 3,380 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

$$\text{Luas penampang} = 1000 / (3,380 \times 3600) = 0,08 \text{ m}^2$$

$$\text{Diameter bed} = 0,3236 \text{ m}$$

$$\text{Dipakai } D = 0,33 \text{ m}$$

Untuk diameter packing 1 in tinggi bed diperkirakan 0,4 – 0,5 m
(Coulson, 1983)

$$H_o \text{ (tinggi bed)} = 0,5 \text{ m}$$

$$H_1 \text{ tinggi ruang diatas bed} = H_o/2 = 0,25 \text{ m}$$

$$H_2 \text{ (tinggi ruang dibawah bed)} = H_o = 0,25 \text{ m}$$

$$H_s = H_o + H_1 + H_2 = 1,25 \text{ m}$$

Digunakan elliptical dished head dengan $a/b = 2$

$$H_h = D/4 = 0,0825 \text{ m}$$

$$H \text{ total} = H_s + 2 H_h = 1,415 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 0,12 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume} = 31.9586 \text{ gallon}$$

3.7 Boiler

Tugas : menyediakan steam jenuh untuk memenuhi kebutuhan steam

Jenis : Water tube boiler

Jumlah steam : 38995,09 kg/jam = 85988 lb/jam

Dari steam table

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

$T = 260,6 \text{ }^\circ\text{F}$ (suhu dipakai 120°C , tetapi dibuat 127°C asumsi hilang 7°C saat berjalan ke proses)

$$H_g = 2774,2 \text{ BTU/lb}$$

$$H_f = 752,82 \text{ BTU/lb}$$

$$H_{fg} = 2021,38 \text{ BTU/lb}$$

Efisiensi boiler 85%

$$\text{Air umpan} = 38995,09 \text{ kg/jam} / 85\% = 45876,6 \text{ kg/jam}$$

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

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

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

$$\text{Beban boiler} = 92117546 \text{ kJ/jam}$$

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%

$$\text{Kebutuhan solar} = Q / (F \times p) = 2984,81 \text{ L/jam}$$

$$\text{Kebutuhan solar} = 71635,52 \text{ L/hari}$$

3.8 Tangki Larutan N_2H_2

Tugas : membuat larutan N_2H_2 yang mencegah pembentukan kerak dalam proses

$$\text{Air yang diolah sebanyak } 38995,08 \text{ kg/jam} = 38,9951 \text{ m}^3/\text{jam} = 10301,95 \text{ gallon/jam}$$

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

$$= ((30/1000000) \times 38995,08) = 1,1699 \text{ kg/jam} = 61,8981 \text{ lb/hari}$$

$p_{N_2H_2} = 62,40 \text{ lb/cuft}$

Volume $N_2H_2 = 61,8981 / 62,4 = 0,991 \text{ cuft/hari}$

Waktu tinggal = 30 hari = 720 jam

Overdesign 20%

Dibuat larutan N_2H_2 5 %

Volume larutan = 14284 cuft = 404,4825 m³

Volume tangki = 485,38 m³

Bentuk tangki = silinder tegak

Ukuran tangki = H/D = 1

$$D = \sqrt[3]{\frac{4.V}{\pi}}$$
$$= 8,52 \text{ m} , \text{ jadi } H = D = 8,52 \text{ m}$$

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

Spesifikasi :

Jenis

Volume : 485,38 m³

Diameter : 8,52 m

Tinggi : 8,52 m

Jenis pengaduk : marine propeller 3 blade

Bahan : Stainless stell

3.9 Tangki Air Sanitasi

Fungsi : menampung air bersih untuk perkantoran sehari - hari

Bahan : Fyber

Air ditampung : 975 kg/ jam

Kapasitas 7 hari kedepan:

Overdesign 20%

Bentuk : silinder vertical

Volume : 196,5600 m³

D/H = 1

H = 3,9706 m

D = 3,9706 m

3.10 Tangki Larutan HCl

Tugas : Membuat larutan HCl yang akan digunakan
regenerasi Kation exchanger

Densitas : 62,2 lb/cuft

Dibuat larutan HCl : 5%

Volume kation echanger : 224,6666 cuft

Overdesign : 20%

Volume tangki : 5,52 m³

Bentuk tangki : silinder tegak

Ukuran tangki : H/D = 1

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

$$D = 0,5 \text{ m} \quad D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}}$$

H = 0,5 m

Digunakan motor listrik 0,5 HP dengan putaran 20 rpm

Spesifikasi :

Jenis : silinder tegak

Volume : 5,5196m³

Diameter : 0,5 m

Tinggi : 0,5 m

Jenis pengaduk: Marine Propeler 3 blade

Bahan : Stainless steel 304

3.11 Tangki Larutan NaOH

Tugas : Membuat larutan NaOH yang akan digunakan regenerasi Anion exchanger.

Densitas : 62,2 lb/cuft

Dibuat larutan NaOH : 5%

Volume anion echanger: 94,7812 cuft = 2,6839 m³

NaOH dibutuhkan : 34121,2334 lb

Volume NaOH : 548,2203 cuft

Overdesign : 20%

Volume tangki : 18,63 m³

Bentuk tangki : silinder tegak

Ukuran tangki : H/D = 1

$$V = (\pi/4) D \times D \times D \rightarrow D = \sqrt[3]{\frac{4.V}{\pi}}$$

D = 2,87 m

H = 2,87 m

Digunakan motor listrik 0,5 HP dengan putaran 20 rpm

Spesifikasi :

Jenis : silinder tegak

Volume : 18,63m³

Diameter : 2,87 m

Tinggi : 2,87 m

Jenis pengaduk: Marine Propeler 3 blade

Bahan : Stainless steel 304

3.12 Tangki Penampung Sementara Air Refrigerant

Tugas : Menampung air make up dan air pendingin yang telah digunakan

Jenis : tangki silinder tegak

Jumlah air : 20,9067 m³/jam

Overdesign 10% waktu tinggal 1 jam

V tangki : 20,9067 x 1,1 x 1 = 22,9973 m³

Dimensi tangki: $D = H = (4 \times V / \pi)^{(1/3)} = 3,0827 \text{ m}$

Bahan : Carbon Steel

3.13 Tangki Air Pendingin Refrigerant

Tugas : Menampung air pendingin yang siap digunakan

Jenis : tangki silinder tegak

Jumlah air : 310253 kg/jam = 310,2540 m³/jam

Overdesign 10% waktu tinggal 1 jam

$$V \text{ tangki} : 3,5629 \times 1,1 \times 1 = 341,2793 \text{ m}^3$$

$$\text{Dimensi tangki: } D = H = (4 \times V / \pi)^{(1/3)} = 7,5755 \text{ m}$$

Bahan : Carbon Steel

3.14 Pompa

Fungsi : memompa air dari BU-04 ke TU-06

Kondisi air suhu 28°C , didapatkan :

$$\rho = 1023,0130 \text{ kg/m}^3 = 63,8625 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{miu campuran} = 0,8177 \text{ cp} = 0,0005 \text{ lb/ft s}$$

Menentukan kapasitas

$$Q_f = \frac{\text{Kapasitas}}{\rho} = 16,3507 \text{ m}^3 / \text{jam} = 0,1604 \text{ cuft /sekon}$$

Diambil overdesign 20%

Faktor keamanan = 20%

Sehingga kapasitas pompa = Q = 23,5450 m³/jam

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

$$D_{opt} = 3,0 Q^{0,36} \mu^{0,18} \quad (\text{Walas, 1988}) = 3,4621 \text{ in}$$

Digunakan pipa standart (Tabel 11 hal 844)

D nominal : 4,5 in

ID : 4,026 in

OD : 4 in

Sch : 40

Flow area perpipa (A) : 1,5 in²

Menghitung kecepatan linier fluida (v)

$V = Q / A$ dengan :

$Q =$ Laju alir volumetric (cuft/s)

$A =$ luas penampang (ft^2)

$v = 15,3946 \text{ ft/s} = 4,6923 \text{ m/s}$

Menghitung bilangan Reynold

$NRe = D \times v \times \rho / \mu$, dengan

$NRe = 59635$ ($NRe > 2100$ jadi aliran Turbulen)

Neraca Tenaga

Tenaga mekanik teoritik dihitung dengan pers Bernauli

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

Dimana :

$\Delta v =$ beda kecepatan linier fluida

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

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

$\Delta z =$ beda elevasi

$g =$ konstanta gravitasi m/s^2

$\rho =$ 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

$$g = 9,8 \text{ m/s}$$

$$v = 4,6923 \text{ m/s}$$

$$\text{maka velocity head} = 1,1125 \text{ m} = 3,6829 \text{ ft}$$

Menghitung static head

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

$$\text{Tinggi cairan dalam BU-1} = 8,8896 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi pemasukan di T-06} = 2,8618 \text{ m}$$

$$\text{Delta } z = 19,7762 \text{ ft} = 6,0278 \text{ m}$$

Menghitung pressure head

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

$$\text{Tekanan dalam T-06} = 1 \text{ atm}$$

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

$$\text{NRe} = 59639$$

$$\text{ID} = 4 \text{ in, diperoleh :}$$

$$\text{Relative Roughness } \epsilon/D = 0,0012 \text{ (Grafik 126 Brown halaman 141)}$$

$$f = 0,023 \text{ (Grafik 125 Brown halaman 140)}$$

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

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

f = faktor friksi = 0,023

V = kecepatan linier fluida = 15,3946 ft/s

Le = Panjang ekuivalen = 274,2782 ft

gc = faktor konversi = 32174 lb ft / lbf s²

D = diameter dalam pipa = 0,3355 ft

$$\Sigma F = 0,0008 \text{ ft lbf / lbf}$$

$$= 0,0211 \text{ m}$$

Menghitung total head

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

$$-W_s = 7,1714 \text{ m} = 23,5283 \text{ ft}$$

$$Q = 23,5450 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Total head = 1,0352 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 :

$$Q = 0,2310 \text{ cuft/s}$$

$$-W_f = 23,5283 \text{ ft}$$

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

sehingga

BHP Teoritis = 0,0053 HP

Menghitung tenaga pompa actual

BHP teoritis = 0,6310 HP

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

BHP actual = BHP teoritis / efisiensi = 0,8314 HP

Menghitung Power Motor

BHP actual 0,8314 HP

Efisiensi motor = 80%

Power motor = BHP pompa / efisiensi motor

Power motor = 1,0517 HP = 24,7290 watt

Standar NEMA = 2 HP

Menghitung Spesific Pump Speed

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

N = 3500 rpm (Grafik 5.6 Coulson hal 200)

Ns = 3402,9407 rpm

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

Ns = 1000 - 7000, dipilih mixed Flow Impellers

Sehingga untuk pompa dengan Ns = 3139,4342 rpm digunakan pompa jenis Mixed flow impellers

Spesifikasi Pompa

Jenis : Centrifugal Single Stage 3500 rpm

Impeller : Mixed flow impellers

Driver : Motor electric 1/2 HP

1. Perancangan Kebutuhan Listrik

1. Listrik untuk keperluan proses dan pengolahan air

Nama dan alat proses	Power, Hp	Jumlah	Σ power, Hp
Mixer	10	1	10
Reaktor	20	3	60
Crystallizer	7 1/2	1	7,5
Blower	10	1	10
RD	7 1/2	1	7,5
Ball mill	10	1	10
Cooling conveyor	3	1	3
Screen	3	1	3
Pompa 1	1	1	1
Pompa 2	1	1	1
Pompa 3	0,5	1	0,5
Pompa 4	1	1	1
Pompa 5	0,5	1	0,5
SC 1	2	1	2
SC 2	2	1	2
BE 1	3	1	3
BE 2	2	1	2
BE 3	2	1	2
BC	3	1	3
Total	126		HP

Power yang dibutuhkan 93,9582 kW

2. Listrik untuk utilitas

Nama dan alat proses	Power, Hp	Jumlah	Σ power, Hp
Cooling Tower	15	1	15
Pompa-04	1,00	1	1,00
Pompa-05	1,00	1	1,00
Pompa-06	0,50	1	0,50
Pompa-07	3,00	1	3,00
Pompa-08	0,50	1	0,50
Pompa-09	3,00	1	3,00
Pompa-10	3,00	1	3,00
Pompa-11	0,50	1	0,50
Pompa-12	0,50	1	0,50
Pompa-13	0,50	1	0,50
Pompa-14	0,50	1	0,50
Pompa-15	0,50	1	0,50
Tangki N ₂ H ₂	0,5	1	0,50
Tangki NaOH	0,5	1	0,50
Tangki HCl	0,5	1	0,500
Total	31		Hp

Power dibutuhkan = 23,1167 KW

3. Listrik untuk penerangan dan AC

Listrik untuk AC diperkirakan sebesar 5000W = 5 kW

Listrik untuk penerangan diperkirakan sebesar = 100 kW

4. Listrik untuk laboratorium dan bengkel

Listrik untuk laboratorium dan bengkel diperkirakan sebesar = 40kW

5. Listrik untuk Instrumentasi

Listrik yang digunakan diperkirakan sebesar = 5kW

Total kebutuhan listrik = 267,0749 kW

Emergency generator yang digunakan mempunyai efisiensi 80%

Maka input generator = $267,0749 / 80\% = 333,8496$ kW

Digunakan input generator 400 kW

Untuk keperluan lainnya = $66,1564 \text{ kW} \times 80\% = 52,9261$ kW

Spesifikasi generator

Tipe = AC Generator

Kapasitas = 400 Kw

Tegangan = 220/360 volt

Efisiensi = 80%

Frekuensi = 50 Hz

Bahan bakar = Solar

Kebutuhan bahan bakar untuk generator set

Jenis bahan bakar = Solar

Heating value = 18315 (<http://Indonesia-property.com>)

Efisiensi bahan bakar = 80%

p solar = 53 lb/cuft (<http://indonesia-property.com>)

Kapasitas input generator = 1364964,8 BTU/jam

Kebutuhan solar = 1,7577 cuft/jam

Tangki bahan bakar untuk generator

Fungsi : menampung bahan bakar solar untuk generator

Jenis : Tangki silinder horizontal

Kebutuhan solar: $0,0497 \text{ m}^3/\text{jam} = 1,1938 \text{ m}^3/\text{hari}$

Kebutuhan solar boiler : $2984,8133 \text{ L}/\text{jam} = 2,9848 \text{ m}^3/\text{hari}$

Kebutuhan solar total : $3,0346 \text{ m}^3/\text{jam} = 24033,886 \text{ m}^3/\text{th}$

Waktu tinggal : 3 hari

Tangki dirancang 20%

V tangki : $1,2 \times 0,1019 \times 24 \times 3 = 262,18 \text{ m}^3$

$$V = \pi/4 \times D \times D \times H \text{ dan } D = H \text{ maka}$$

$$V = \pi/4 \times D \times D \times D$$

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

$$D = 2,2382 \text{ m}$$

$$H = 2,2382 \text{ m}$$

Bahan Carbon Steel

Rencananya digunakan PLN dari PT Krakatau Haria 3400 MVA dan jika gangguan dipakai genset.

BAB VIII

Ekonomi Teknik

Dalam prarancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lama modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas atau suatu titik dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan atau tidak dan layak atau tidak jika didirikan

Dasar perhitungan :

Kapasitas produksi : 100.000 ton / tahun

Pabrik beroperasi : 330 hari kerja

Umur alat : 10 tahun

Nilai kurs 1 USD : 13966 per tanggal 21 Desember 2019 (kursdollar.net)

Tahun evaluasi : 2019

Harga alat pada tahun : 2014

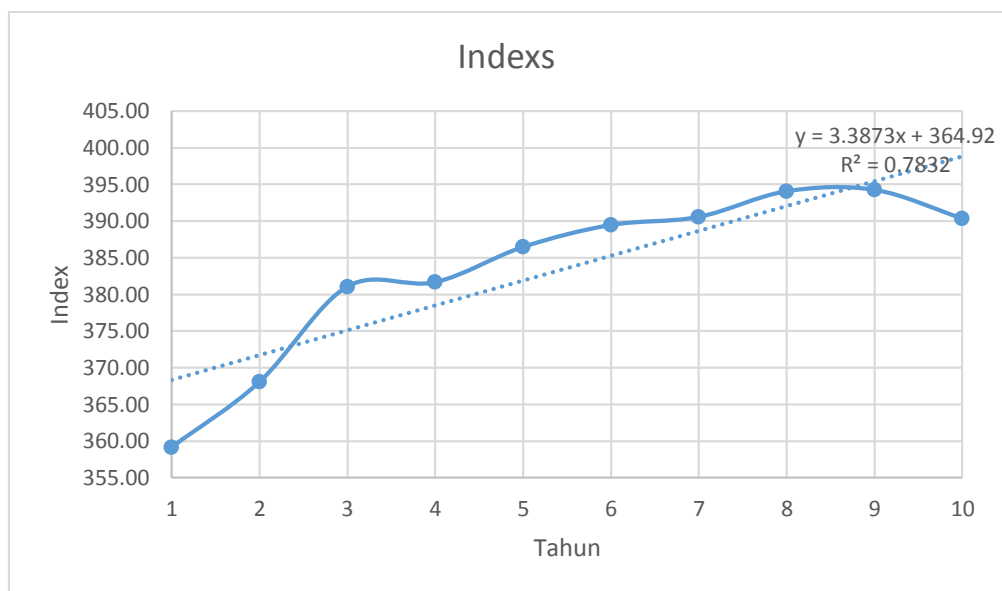
Pabrik didirikan pada tahun 2024

Indeks dari Peters,2003

Tahun ke	Tahun	Indeks
1	1993	359,2
2	1994	268,1
3	1995	381,1
4	1996	381,7
5	1997	386,5

6	1998	389,5
7	1999	390,6
8	2000	394,1
9	2001	394,3
10	2002	390,4

Dibuat grafik indexes VS tahun di excel



Dari grafik diatas diperoleh persamaan $y = 3,387 x + 364,9$

Tahun 2019 adalah tahun ke 27 maka x masukkan angka 27, ketemu indeks tahun 2019

Tahun 2024 = 473,284

Tahun 2019 = 456,349

Tahun 2012 = 432,64

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

Harga upah buruh di Gresik Rp 3.871.052,64 = 18610,829 / jam

Harga alat di www.Matche.com

No	Nama alat	Jumlah	Harga 2014(\$)	Harga 2024(\$)	Harga Total (\$)	Total harga (Rp)
1	Silo MgCO ₃	2	39.600	42.652	85.305	1.191.365.865
2	Hopper MgCO ₃	1	23.900	25.742	25.742	359.515.709
3	Tangki H ₂ SO ₄	1	56.800	61.178	61.178	854.413.903
4	Mixer H ₂ SO ₄	1	66.800	71.949	71.949	1.004.838.886
5	Heater 1	1	2.800	3.016	3.016	42.118.995
6	Reaktor	3	73.900	79.596	238.789	3.334.921.871
7	Kristalizer	1	147.700	159.085	159.085	2.221.776.998
8	Rotary dryer	1	7.500	8.078	8.078	112.818.737
9	Cyclone	1	5.400	5.816	5.816	81.229.491
10	Blower	1	2.600	2.800	2.800	39.110.496
11	Filter udara	1	18.800	20.249	20.249	282.798.968
12	Ball mill	1	9.100	9.801	9.801	136.886.734
13	Screen	1	18.700	20.141	20.141	281.294.718
14	Silo Produk	1	20.000	21.542	21.542	300.849.966
15	Heater 2	1	800	862	862	12.033.999
16	Exhaust	1	2.800	3.016	3.016	42.118.995
17	Heater udara	1	21.700	23.373	23.373	326.422.213
18	Pompa 1	1	3.200	3.447	3.447	48.135.995
19	Pompa 2	1	3.200	3.447	3.447	48.135.995
20	Pompa 3	1	3.200	3.447	3.447	48.135.995
21	BE 1	1	10.800	11.632	11.632	162.458.982
22	BE 2	1	8.800	9.478	9.478	132.373.985
23	BE 3	1	9.200	9.909	9.909	138.390.984
24	pompa 4	1	4.100	4.416	4.416	61.674.243

No	Nama alat	Jumlah	Harga 2014(\$)	Harga 2024(\$)	Harga Total (\$)	Total harga (Rp)
24	Screw conveyor-1	1	2.300	2.477	2.477	34.597.746
26	Screw conveyor-2	1	2.300	2.477	2.477	34.597.746
27	Pompa 5	3	3.200	3.447	10.340	144.407.984
28	Belt conveyor	1	5.600	6.032	6.032	84.237.990

Total rupiah = 11.519.607.832.,24

Physical Plant Cost (PPC)

PPC = USD 824.832.,30 = Rp 11.519.607.832,34

1. Delivered equipment cost (DEC)

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

DEC = 10% x Rp 11.519.607.832,34 = Rp1.151.960.783,23

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

Material 11% PEC = 11% x Rp 11.519.607.832,34= Rp 1.267.156.861,56

Buruh 32% PEC = 32% x Rp 11.519.607.832,34 = Rp 3.686.274.506,35

Jumlah manhour = Rp 3.686.274.506,35 / (Rp 18.610/manhour) = 198.071,47

Buruh lokal 100% = 100% x 18610 x 198.071,47 = Rp 3.686.110.134,76

Total cost = Rp 4.953.266.936,31

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

Material 43% PEC = 43% x Rp 11.519.607.832,34 = Rp 4.953.491.367,91

Buruh 37% PEC = 37% x Rp 11.519.607.832,34 = Rp 4.262.254.897,97

Jumlah manhour = Rp4.262.254.897,97 / (Rp 18.610 / manhour) = 422.339,96

Buruh lokal (100%)= 100% x 18.610 x 422.339,96= Rp 7.859.746.695,52

Total cost = Rp 12.813.178.063

4. Instrumentasi (biaya pemasangan alat alat control) 8 – 50% (Peters,2003)

Aprilia Nur Indah Sari

21150270D

Material 20% PEC = 20% x Rp 11.519.607.832,34 = Rp 2.303.921.566,47
 Buruh 10% PEC = 10% x Rp 11.519.607.832,34 = Rp 1.151.960.783,23
 Jumlah manhour = Rp 1.151.960.783,23 / (Rp 18.813/manhour) = 114.145
 Buruh lokal 100% = 100% x 18.610 x 114.145 = Rp 2.124.225.863,85
 Total cost = Rp 4.428.177.430,12

5. Listrik 12-30% PEC (Peters,2003)

Material 15% PEC = 15% x Rp 11.519.607.832,34 = Rp 1.727.941.174,55
 Buruh 5% PEC = 5% x Rp 11.519.607.832,34 = Rp 575.980.391,62
 Jumlah manhour = Rp /575.980.391,62 (Rp 18.610/manhour) = 30.950
 Buruh lokal 100% = 100% x 18.610 x 30.950 = Rp 575.980.391,62
 Total cost = Rp 2.879.901.958

6. Bangunan

Nama Bangunan	P (m)	L (m)	Jumlah	Luas (m ²)
Gedung Kantor	40	25	1	1000
Gedung Pertemuan	40	25	1	1000
Perpustakaan	20	12,5	1	250
Masjid	10	12,5	1	125
Koperasi	10	5	1	50
Kantin	20	5	1	100
Utilitas	50	20	1	1000
Laboratorium	10	20	1	200
Ruang Kontrol	10	10	1	100
Daerah Proses	50	50	1	2500
Gudang Produk	30	15	1	450
Gudang Bahan Baku	15	15	1	225
UPL	35	20	1	700
Bengkel	20	15	1	300

Nama Bangunan	P (m)	L (m)	Jumlah	Luas (m ²)
K3 dan Fire hydrant	20	15	1	300
Poliklinik	10	5	1	50
Pos Keamanan	2,5	3	2	15
Tempat parkir truk	50	20	1	1000
Tempat parkir karyawan dan garasi	30	20	1	600
Area Pengembangan	80	40	1	3200
Taman			1	1000
Total = 15165				

Harga kawasan di Gresik = 3.491.500 /m² pada tahun 2014 = 3.626.052/m² pada tahun 2019

Harga

7. Tanah

Luas tanah 15165 m²

Biaya tanah = Rp 21.498.917.125,99

8. Peralatan Utilitas (PEC – UT)

No	Nama Alat	Jumlah	Harga 2014 \$	Harga 2022	Harga Total USD	Harga Total (Rp)
1	Demineralizer	1	15800	17017,86288	17.018	237.671.473,00
2	Deaerator	1	14900	16048,49094	16.048	224.133.224,53
3	Boiler	1	266600	287149,5091	287.150	4.010.330.044,36
4	Anion Exchanger	1	7700	8293,515455	8.294	115.827.236,84
5	Kation Exchanger	1	13200	14217,45507	14.217	198.560.977,44
6	Tangki larutan N ₂ H ₄	1	57500	61932,09593	61.932	864.943.651,73
9	Tangki Sanitasi	1	748	80565,5787	80.566	1.125.178.872,16
10	Tangki HCl	1	12300	13248,08313	13.248	185.022.728,98

Aprilia Nur Indah Sari

21150270D

No	Nama Alat	Jumlah	Harga 2014 \$	Harga 2022	Harga Total USD	Harga Total (Rp)
11	Tangki NaOH	1	22900	24665,13038	24.665	344.473.210,86
12	Tangki pendingin 1	1	25500	27465,53819	27.466	383.583.706,42
13	Tangki pendingin 2	1	90500	97475,73359	97.476	1.361.346.095,33
14	Cooling Tower	1	97600	105123,0011	105.123	1.468.147.833,19
18	Pompa Utilitas (P-04)	1	4100	4416,02771	4.416	61.674.242,99
19	Pompa Utilitas (P-05)	1	4100	4416,02771	4.416	61.674.242,99
20	Pompa Utilitas (P-06)	1	4200	4523,735703	4.524	63.178.492,82
21	Pompa Utilitas (P-07)	1	4200	4523,735703	4.524	63.178.492,82
22	Pompa Utilitas (P-08)	1	4200	4523,735703	4.524	63.178.492,82
23	Pompa Utilitas (P-09)	1	4200	4523,735703	4.524	63.178.492,82
24	Pompa Utilitas (P-10)	1	4200	4523,735703	4.524	63.178.492,82
25	Pompa Utilitas (P-11)	1	4200	4523,735703	4.524	63.178.492,82
26	Pompa Utilitas (P-12)	1	3900	4200,611724	4.201	58.665.743,33
27	Pompa Utilitas (P-13)	1	2400	2584,99183	2.585	36.101.995,90
28	Pompa Utilitas (P-14)	1	2400	2584,99183	2.585	36.101.995,90
29	Pompa Utilitas (P-15)	1	2400	2584,99183	2.585	36.101.995,90
	Rp11.188.610.228,78					

Harga PEC utilitas USD = 801.132,05 = Rp 11.188.610.228,78

Harga alat lokal

Tangki fyber Rp 3.000.000 / m³

Beton Rp 3.348.966 / m²

No	Nama alat	Jumlah (m ³)	Harga Total (Rp)
1	Bak penampung sementara (BU-01)	624,45	Rp499.560.350
2	Bak pemadam kebakaran	150,00	Rp120.000.000
Total			Rp619.560.350

PPC = Purchased Equipment Cost

1. Delivered Equipment Cost (DEC)

Diperkirakan biaya transpot alat sampai tempat 10% PEC

DEC 10% PEC = 10% x Rp 11.808.170.578,57 = Rp 1.180.817.057,857

2. Instalasi (biaya pemasangan 25-55% PEC)

Material 11% PEC = 11% x Rp 11.808.170.578,57 = Rp 1.298.898.763,64

Buruh 32% PEC = 32% x Rp 11.808.170.578,57 = Rp3.778.614.585,16

Jumlah manhour = Rp 3.778.614.585,16/ (Rp 18.610/manhour) = 203.033,1056

Buruh lokal 100% = 100% x 18.610 x 203.033,1056 = Rp 3.778.446.098,09

Total cost = Rp 5.077.344.859,73

3. Pemipaan (biaya pemasangan pipa) untuk cairan 80%

Material 43% PEC = 43% x Rp 11.808.170.578,57 = Rp 5.077.513.348,78

Buruh 37% PEC = 37% x Rp 11.808.170.578,57 = Rp 4.369.023.114,07

Jumlah manhour = Rp 4.369.023.114,07/ (Rp 18.610 .manhour) = 432.919

Buruh lokal 100% = 100% x 18.610 x 432.919= Rp 4.369.023.114,07

Total cost = Rp 13.134.144.358,78

4. Instrumentasi 30% (biaya pemasangan alat alat control)

Material 20%PEC = 20% x Rp 11.808.170.578,57= Rp 2.361.634.115,71

Buruh 10% PEC = 10% x Rp 11.808.170.578,57 = Rp 1.180.817.057,857

Jumlah manhour = Rp 1.180.817.057,857 / (Rp 18.610/manhour) = 63.450

Buruh lokal 100% = 100% x 18.610 x 63.450 = Rp 1.180.817.057,857

Total cost = Rp 3.542.451.173,57

5. Listrik 10-40%

Material 15% PEC = 15% x Rp 1.180.817.057,857 = Rp 1.771.225.556,79

Buruh 5% PEC = 5% x Rp 1.180.817.057,857 = Rp 590.407.528

Jumlah manhour = Rp 590.407.528 / (Rp 18.610/manhour) = 175.507,8561

Buruh lokal 100% = 100% x 18.610 x 175.507,8561 = Rp 590.407.528

Total cost = Rp 5.627.635.876,35

PPC Utilitas = Rp 29.625.328.678,53

FIXED CAPITAL INVESMENT	Rp
PEC	23.327.778.411
Instalasi	10.030.611.856,04
Pemipaan	25.947.322.422,20
Instrument	7.970.628.603,69
Listrik	8.507.737.834,61
Isolasi	2.099.500.056,98
Tanah	31.498.917.125,99
Bangunan	30.332.011.025,43
Pengembangan	11.750.000.000,00
Jumlah PPC	151.464.507.335,85
Engineering & Contruccion, 30%	45.439.352.200,76
Jumlah DPC	196.903.859.536,61
Contractor's fee, 20%	39.380.771.907,32
Contingency, 15%	29.535.578.930,49
Jumlah FCI	269.263.438.233,21

Direct Manufacturing cost

1. Bahan baku

Harga bahan	kebutuhan (kg/jam)	Rp/kg	Harga Rp
Asam Sulfat 98%	8.104,1970	2.136,00	137.099.673.742,17
Magnesium Karbonat	7.051,3110	6.703,68	6.281.853,04
Total	511.475.955.595,20	Rp	511.475.955.595,20

2. Gaji Karyawan Rp 9.500.000.000

3. Supervisi (15% karyawan) = Rp 1.425.000.000

4. Maintenance (5% FCI) = Rp 13.463.171.911

5. Plant supplies (15% maintenance) = Rp 2.019.475.786

6. Harga produk Magnesium Sulfat → 12.816/kg

Harga produk = $12.816 \times 9.941,97 = 1.009.137.126.293$

7. Royalty and patent (2% sales) = 40.365.485.361,72 (0-6% total produk)

8. Kebutuhan bahan utilitas

Bahan	Kebutuhan (kg/jam)	kg/tahun	\$ US/kg tahun 2019	Total \$/tahun
Natural Greensand Zeolit	0,001	7,92	1,50	11,88
Resin anion exchanger	0,001	7,92	2,14	16,95
N2H4 (Hidrazin)	1,170	9.265,23	1,43	13.249,28
HCl	6,369	50.444,04	0,11	5.548,84
NaOH	21,496	170.248,65	0,33	56.182,05
air	Rp10.272.407.339,13			

Total Rp 11.319.983.154,48

B. Indirect Manufacturing Cost

Payroll Overhead: 15% Karyawan = Rp 1.425.000.000 (10-20% dari karyawan)

Laboratorium : 20% karyawan = Rp 1.425.000.000 (10-20% dari karyawan)

Pack dan shipping : 10% FCI =Rp 26.926.434.823 (10-20% FCI)

Plant overhead : 60% karyawan = Rp 5.700.000.000 (50-70% dari karyawan)

Total Indirect Manufacturing Costr (IMC) = Rp 35.476.343.823

C. Fixed Manufacturing Cost

Depreciation : 10% FCI = Rp 26.926.434.823 (10% FCI)

Property tax : 2% FCI = Rp 10.770.537.529 (1-4% FCI)

Asuransi : 1% FCI = Rp 2.692.634.382 (0,4 – 1 % FCI)

Total Fixed Manufactuirng Cost (FMC) = Rp 40.389.515.734,98

Total Manufacturing Cost (DMC + IMC + FMC) = Rp 1.674.572.057.35

Working Capital

Persediaan bahan baku : 1/12 x bahan baku = Rp 42.622.996.299,60

Bahan baku dalam proses : 0,5/330 x manufacturing = Rp 1.008.234.744,03

Biaya sebelum terjual : 1/12 x manufacturing = Rp 55.452.910.921,51

Persediaan uang : 1/12 x manufacturing = Rp 55.452.910.921,51

Jumlah (WC Working Capital) : Rp 154.537.052.886,65

General Expense

Administrasi : 3% MC = Rp 33.271.746.552,92 (2-5% MC Peters,2003)

Sales : 20% MC = Rp 133.086.986.211,62 (2-20% MC Peters,2003)

Riset : 5% MC = 33.271.746.552,91Rp (5% MC Peters,2003)

Total general expenseRp 206.284.828.628,02

Total biaya produksi = manufacturing cost + general expense =

Rp. 871.719.759.686,14

Penjualan (Sa) Rp 1.009.137.126.293,10

Total cost = Rp 913.594.246.630,39

Keuntungan sebelum pajak (Sa-total cost) = Rp 95.542.879.662,71

Keuntungan sesudah pajak = Rp 66.880.015.763,90

Pajak 30% dari keuntungan = Rp 28.662.863.898,81

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

$Pr\ b = Pb / If$ dan $Pr\ a = Pa / If$

Dengan :

$Prb = ROI$ sebelum pajak

$Pra = ROI$ sesudah pajak

$Pb =$ keuntungan sebelum pajak

$Pa =$ keuntungan sesudah pajak

$If =$ fixed capital investment

POT (Pay out time) adalah jangka waktu pengembalian modal yang ditanam berdasarkan keuntungan yang dicapai

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

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

BEP (Break even point) merupakan titik batas suatu pabrik dapat dikatakan tidak untung tidak rugi.

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

SDP (Shut down point) adalah titik dimana pabrik merugi sebesar fixed cost sehingga harus ditutup)

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

Discounted Cash Flow

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 = 35,483%

ROI sesudah pajak = 24,838%

POT sebelum pajak = 2,1986 tahun

POT setelah pajak = 2,870 tahun

Fixed Cost (Fa)	Rp
Depreciation	26.926.343.823,32

Pajak	10.770.537.529,33
Insurance	2.692.634.382,33
	40.389.515.734,98
Variable cost (Va)	Rp
Bahan Baku	511.475.955.595,20
Royalty and Patent	40.365.485.051,72
Utilitas	11.319.983.154,48
Packaging and Shipping	26.926.343.823,32
	590.087.767.624,73
Regulated Cost (Ra)	Rp
Labour	9.500.000.000,00
Maintenance	13.463.171.911,66
Plant Supplies	2.019.475.786,75
Laboratory	1.425.000.000,00
Payroll Overhead	1.425.000.000,00
Plant Overhead	5.700.000.000,00
General Expense	206.284.828.628,02
	239.817.476.326,43

BEP = Masukkan rumus diatas = 44,723 %

SDP = Masukkan rumus diatas = 28,643%

C = Rp. 139.486.071.918,74

FC= Rp 269.263.438.233,21

WC= Rp 154.537.052.886,65

Aprilia Nur Indah Sari

21150270D

SV = 0,1 x FC = Rp 26.926.343.823,32

Bunga trial 7,9%

Rerata bunga bank per 2019 5,25%, berarti 1,5% = 7,875%

$$\text{Persamaan DCF} = (FC + WC)(1+i)^N = \sum_{j=1}^N C_j(1+i)^{N-j} + WC + SV$$

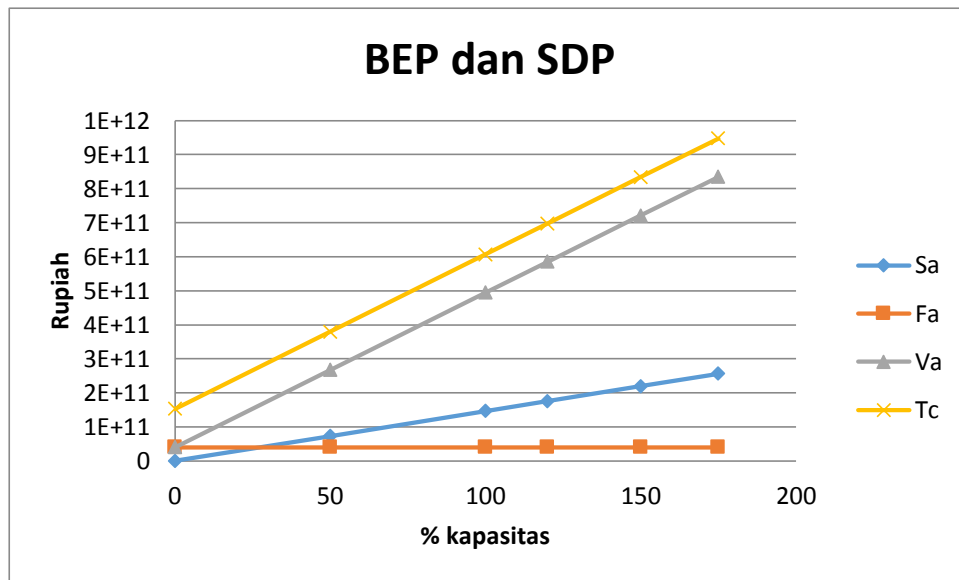
Trial i = 7,9%

Ruas kiri 7,96 E+11

Ruas kanan 7,70 E+11

Menggambar grafik BEP dan SDP

kapasitas	%	Sa	Fa	Va	Tc	Fc	Vc
0	0	0	35	35	11	11	35
50	57	14	35	11	11	11	12
100	14	11	35	11	11	11	13
120	57	11	35	11	11	11	13
150	71	11	35	1	11	11	13
175	100	1	35	11	11	11	13



x	y1	y2	y3	y4
0	40,3895	0	40,3895	112,3348
10	40,3895	100,9137126	123,3800	188,1308
20	40,3895	201,8274253	206,3706	263,9268
30	40,3895	302,7411379	289,3611	339,7228
40	40,3895	403,6548505	372,3516	415,5188
50	40,3895	504,5685631	455,3421	491,3148
60	40,3895	605,4822758	538,3327	567,1108
70	40,3895	706,3959884	621,3232	642,9068
80	40,3895	807,309701	704,3137	718,7028
90	40,3895	908,2234137	787,3042	794,4988
100	40,3895	1009,137126	870,2948	870,2948

