

BAB IX
KESIMPULAN

Pabrik Asam Borat secara kontinyu dengan kapasitas 12000 ton/tahun setelah dilakukan perancangan awal, baik dari segi teknik maupun segi ekonomi, dapat disimpulkan layak 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 Laba sesudah pajak		Rp 32.056.328.927,57 Rp 22.439.430.249,30
2.	ROI sebelum pajak ROI sesudah pajak	Minimum 11%	19,214 % 13,450 %
3.	POT sebelum pajak POT sesudah pajak	Maksimum 5 tahun	3,423 tahun 4,264 tahun
4.	BEP	40%-60%	45,46 %
5.	SDP		23,35 %
6.	DCF	1,5-2 kali bunga bank	7,875 %

DAFTAR PUSTAKA

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

- Himmelblau, D. M. 1974. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. 3rd. Prentice Hall Inc. New Jersey
- Kern, D. Q. 1950. *Process heat Transfer*. New York. Mc Graw Hill International Book Company Inc.
- Levenspiel, O. 1972. *Chemical Reaction Engineering*. 2nd edition. New York: John Wiley and Son's Inc.
- Ludwig, E. E. 1965. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical*. Vol 1. Gulf Publishing Co. Houston
- Mc. Ketta, J. J. And Cunningham, W. A. 1992. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*. Volume 5. New York: Marcel Decker Inc.
- O'Brien, P. J., *et al.* 1951. "Process for the Manufacture of Boric Acid from Sodium Borate", US Patent No. 2.545.746.
- Othmer, D. F. and Kirk, R. E. 1997. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Volume 4. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Othmer, D. F. and Kirk, R. E. 1997. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Volume 5. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Perry, R. H., Don. W. G., and James, O. M. 1997. *Perry's Chemical Engineers Handbook*. Edisi 7. London: Mc Graw Hill Book Company.
- Perry, R. H., Don. W. G., and James, O. M. 2008. *Perry's Chemical Engineers Handbook*. Edisi 8. London: Mc Graw Hill Book Company.
- Peters, M., and Timmerhausm, K. 2003. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering* 5th edition. New York: Mc Graw Hill International Book Company Inc. Rase, H.F., and Holmes, J.R. 1977. *Chemical Reactor Design for process Plant*. Vol 1. Principles and Techniques. New York: John Wiley and Son's Inc.
- Smith, J. M. and Van Ness, H. H. 1975. *Introduction to Engineering Thermodynamic*. 3th edition. Tokyo: Mc Graw Hill International Book co.

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

Ullman, 1998. *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Volume 6. New York: Interscience Encyclopedia, Inc.

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

Undata. *A World of Information*. 2018. www.data.un.org. Diakses pada Agustus 2018.

Wagman, D. D., Evans, W. H., Parker, V. B., and Schumm, R. H. 1982. *The NBS Tables of Chemical Thermodynamic Properties Selected Values for Inorganic and C1 and C2 Organic Substances in SI Units*. Volume 11. New York: America Chemical Society.

www.engineeringtoolbox.com

www.kursdollar.net

www.matche.com

www.pengaspalanhotmix.com

www.surabaya.tribunnews.com

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

LAMPIRAN

1. Perancangan Mixer

Fungsi : Melarutkan Boraks dengan penambahan air proses

Type : Silinder vertical dengan head dan bottom berbentuk torispherical

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

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

Menghitung viskositas

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

KOMPONEN	A	B	C	D	μ (cP)
Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O					0,4221
CO ₂	-19,4921	1,5948E+03	7,9274E-02	-1,2025E-04	0,0562
SO ₄ (sim.)	-18,7045	3,4962E+03	3,3080E-02	-1,7018E-05	19,6179
Cl (sim.)	-0,7681	1,5410E+02	-8,0650E-04	4,0750E-07	0,3413
Fe					0,0757
H ₂ O	-10,2158	1,7925E+03	1,7730E-02	-1,2631E-05	0,8150

Viskositas dari Yaws (1999)

Arus 1 :

p campuran : 1,7403 kg/L

Cp campuran : 734,4997 J/molK = 1,9273 J/kgK

Fv campuran : 1407,0199 L/jam

Arus 2 :

p campuran : 0,9956 kg/L

Cp campuran : 377,4864 J/molK = 20,9537 J/kgK

Fv campuran : 580,3822 L/jam

Arus 3 :

p campuran : 1,5944 kg/L

Cp campuran : 346,7073 J/molK = 4,6173 J/kgK

Fv campuran : 1898,2328 L/jam

TOTAL RATE VOLUMETRIK = 1898,2328 L/jam

Perancangan Dimensi Tangki

Total rate volumetrik : 1898,2328 L/jam

p campuran : 1,5944 kg/L = 1594,3980 kg/m³

waktu tinggal : 1 jam (ditentukan)

direncanakan digunakan 1 tangki, sehingga volume tangki 1898,2328 L/jam

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

Over design 20%

Volume tangki = Total Fv / 80%

Volume tangki = 2277,8793 L/jam = 2,2779 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 hidrostatisnya semakin tinggi

Jenis : Silinder tegak dengan alas dan tutup berbentuk torispherical

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

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

$$V \text{ tangki} = 2277,8793 \text{ L/jam}$$

$$D = H = 1,4263 \text{ m} = 56,1547 \text{ in}$$

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

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

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

$$D = 56,1547 \text{ in, pi} = 3,14, \text{ sf} = 2 \text{ dihitung } V \text{ head} = 0,97 \text{ ft}^3 = 0,0498 \text{ m}^3$$

$$V \text{ mixer} = V \text{ shell} + V \text{ head} = 2,2779 + 0,0014 = 2,2793 \text{ m}^3$$

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

$$\text{Volume bottom,} = 0,0007 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume cairan dalam shell} = \text{volume shell} - \text{volume bottom} = 2,2772 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi cairan dalam shell} = h = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} = (4 \times 1,4454) / (3,14 \times 1,286^2) = 1,4259 \text{ m}$$

$$4,6781 \text{ ft}$$

Dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\text{Diameter shell} : 1,4263 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi shell} : 1,4263 \text{ m}$$

Volume shell : 2,2779 m³

Volume head: 0.0014 m³

Volume mixer : 2,2793 m³

Menentukan Tebal Shell

Dirancang menggunakan *stainless steel* 403

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

Dengan :

ts = tebal shell (in)

r = jari – jari = 0,5 Diameter = 0,5 x 56,1547 = 28,0773 in

E = efisiensi pengelasan = 0,850

C = faktor korosi 0,125

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

P operasi = 14,7 psi

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

P dalam mixer = 16,17 psi

Ts = 0,1535 in

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

MenentukanTebal Head (th) dan Tebal Bottom

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

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

OD = ID + 2 ts = 56,1547 + 2 x 0,165 dari tabel 5-7 Brownell hal 90

OD = 66 in dan icr = 4 in dan r = 66 in

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

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

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

dengan

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

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

$$w = 0,8115$$

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

$$E = 0,85$$

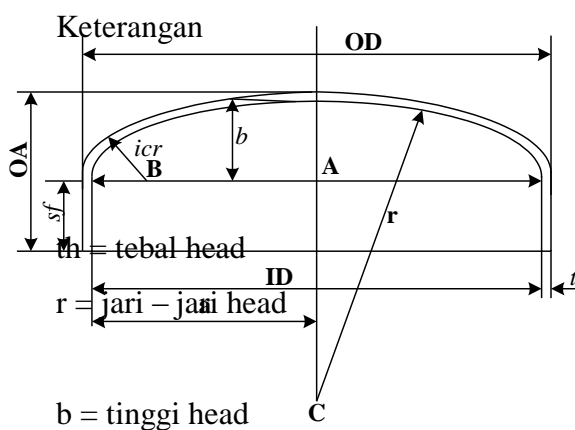
$$C = 0,125$$

th = 0,13 in dipakai tebal standar Brownell hal 350 adalah 3/16 in = 0,0048 m

Menentukan Tinggi Mixer Total

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

Diambil sf = 2



ID = diameter dalam
head

OD = diameter luar head

icr = jari jari dalam sudut dish

sf = straight flange

$$ID = OD - (2 \times ts) = 66 - (2 \times 0,615) = 65,6250 \text{ in}$$

$r = 32,8125$ (jari – jari dalam shell)

$AB = a - icr = 28,8125$ in

$BC = 62$ in

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

$b = OD - AC = 72 - 59,8616 = 11,1015$ in

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

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

Tinggi mixer total = $2,1014 \text{ m} = 82,7329$ 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 dikeseluuhan tangki

(Ludwig,1991 Volume I)

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

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

(Ludwig, 1991 Volume I)

Perbandingan ukuran secara umum

$Di/DR = 1/3$

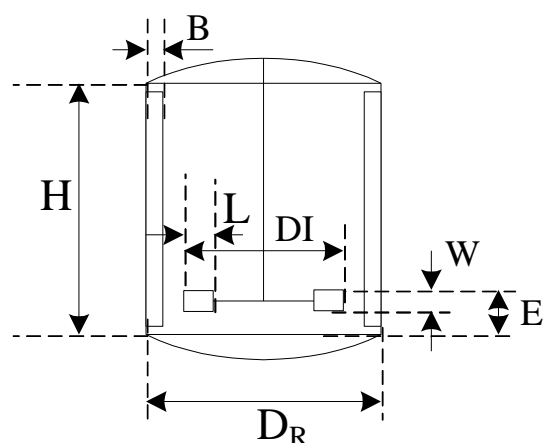
$E/Di = 1$

$W = Di/5$

$L = Di/4$

$B = DR/10$

Diameter mixer (DR) : $1,4263$ m



Diameter pengaduk (Di) : $1/3 \times 1,4263 = 0,4754$ m

Pengaduk dari dasar (E) : 0,4754 m

Tinggi pengaduk (W) : $0,4754 / 5 = 0,0951$ m

Lebar pengaduk (L) : $0,4754 / 4 = 0,1189$

Lebar Baffle (B) : $1,4263 / 10 = 0,1426$

Menghitung jumlah impeller (pengaduk)

WELH adalah Water Equivalen Liquid High

$$\text{WELH} = \text{tinggi bahan} \times \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}} = 1,4259 \text{ m} \times (1594,3980/995,68) = 2,2833 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah impeller} = \text{WELH} / D = 2,2833 / 1,4263 = 1,6008 = 2$$

Putaran pengaduk = (Rase,1977 hal 345)

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

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

Dimana

pi = 3,14

DI= 0,4754 m

WELH = 2,2833 m

Dihitung N = 189,82541 rpm = 3,1638 rps

p = 1594,398 kg/m³

gc = 32,2 ft/s²

miu = 0,5049 cp

Di 0,4754 m = 1,5599 ft = 18,7183 in

N re = 2258455 Dari grafik 8.8 Rase HF menghasilkan Np = Po = 5

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

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot N \cdot D_i^2}{\mu_m}$$

P = 3,3775 hp (Efisiensi motor = 88% (Fig 14.38 Peters hal 521))

$$\text{Daya motor} = \frac{P}{\eta} = 4,0693 \text{ HP}$$

Over design 10% = 4,4762 HP

Dipilih power standart NEMA 10 HP

Kriteria

Diameter shell	: 1,4263 m
Tinggi shell	: 1,4263 m
Vollume shell	: 2,2779 m ³
Volume head	: 0,0014 m ³
Volume mixer	: 2,2793 m ³
Tinggi mixer total	: 2,1014 m ³
Jenis pengaduk	: Turbin dengan 6 blade disk standart
Jumlah pengaduk	: 2
Putaran pengaduk	: 189,8254
Power	: 4,6 HP
Tebal shell	: 3/16 in = 0,1875 in

2. Perancangan Silo $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Fungsi : Menyimpan bahan baku Boraks

Tujuan perancangan :

- 1) Menentukan jenis tangki
- 2) Menentukan bahan konstruksi yang digunakan

3) Menentukan dimensi tangki : Volume, Tinggi, tebal dinding, dan head tangki

1). Memilih tipe/jenis tangki :

Tipe tangki yang dipilih adalah silinder tegak tertutup, dengan pertimbangan:

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

2). Memilih bahan konstruksi :

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *stainlees steel (SA-167) Type 304*

- 1) Bahan yang disimpan merupakan jenis garam anorganik.
- 2) Tahan korosi.

(Brownell, hal 342)

Dari arus 1 diketahui :

$$p \text{ campuran} = 1740,3327 \text{ kg/m}^3 = 108,6490 \text{ lb/cuft}$$

$$F_v \text{ campuran} = 1,4070 \text{ m}^3/\text{jam} = 49,6885 \text{ cuft/jam}$$

Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 2 tangki

$$\text{Volume tangki Over Design 20\%} = F_v \times 7 \times 24 : 2 = 5008,5994 \text{ cuft} = 141,8276 \text{ m}^3$$

Kurang dari 71354 cuft berarti masuk small tank

Menghitung dimensi tangki

a. Menghitung tinggi dan diameter

Untuk small H=D

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

Volume = 5008,5994 cuft

Diameter = 18,5474 ft = 222,5684 in = 5,6532 m

D = H

b. Menghitung tebal Plat Shell

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

Dengan :

P cairan = 108,6490 lb/ft³

Efisiensi pengelasan = 0,85

Faktor korosi = 0,125

Tegangan diijinkan = 13570 psi

Menentukan tekanan duliu pada design tangki

Mc.Cabe pers 26-24

Penentuan tekanan design pada tangki :

Tekanan design 5-10% diatas tekanan kerja normal/absolute (Coulson,1988 hal.637)

Tekanan desain diambil 5% diatasnya.

P desain = 1,05 x P (psi)

P = P operasi + P hidrostatis

P operasi = 13,2104 psi

P hidrostatis = 3,4962 psia

P = 172,5462

P desain = 14,5314 Psi

Bisa menghitung ts, sehingga ts = 2,5 in d

dirancang 0,25 in

Menghitung tutup bawah, conis :

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

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

$$P = 14,5314 \text{ psi}$$

$$D = 222,5684 \text{ in}$$

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

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

$$E = 222,5684$$

$$\text{tebal conical} = 0,1263 \text{ in}$$

$$\text{dirancang} = \frac{3}{4} = 0,75 \text{ in}$$

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

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

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

$$D = 18,5474 \text{ ft}$$

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

$$h = 2,3513 \text{ ft}$$

$$= 0,7167 \text{ m}$$

Nama	:	Tangki
	:	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Fungsi	:	Menampung boraks selama 7 hari
Jenis	:	Silinder tegak dengan tutup atas datar dan bawah conis
Bahan	:	<i>Stainlees steel (SA-167)</i>
konstruksi	:	<i>Type 304</i>
Operasi	:	Kontinyu
Jumlah	:	2
Suhu	:	30 °C
Tekanan	:	1 atm
Diameter	:	18,5474 ft
Tinggi	:	18,5474 ft
Volume	:	37469,332 gallon
Tebal	:	
Shell	:	0.125 in
Jumlah	:	1

3. Perancangan Silo Na₂SO₄

Fungsi : Menyimpan produk natrium sulfat (Na₂SO₄)

Perhitungan sama seperti pada perancangan silo boraks, dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

Resume			
Nama Alat	Silo penyimpanan natrium sulfat (Na ₂ SO ₄)		
Kode	F-330		
Fungsi	Menampung produk natrium sulfat (Na ₂ SO ₄)		
Type	Silinder tegak dengan tutup atas datar dan bawah conis		
Spesifikasi :			
Volume	1166,4900 cuft	33,0313 m ³	
Diameter	11,4114 ft	3,4782 m	
Tinggi	11,4114 ft	3,4782 m	
Tekanan	1 atm		
Suhu	30 °C	303,15 K	
Tebal shell	0,1559 in	¼ in	0,0064 m
Tebal tutup atas	0,3254 in	¾ in	0,0191 m
Tebal tutup bawah	0,3254 in	¾ in	
Tinggi conical	1,3951 ft	0,4252 m	
Bahan konstruksi	<i>Stainlees steel (SA-167) Type 304</i>		
Jumlah	1		

4. Perancangan Silo H₃BO₃

Fungsi : Menyimpan produk asam borat (H_3BO_3)

Perhitungan sama seperti pada perancangan silo boraks, dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

Resume			
Nama Alat	Silo penyimpanan asam borat (H_3BO_3)		
Kode	F-440		
Fungsi	Menampung produk asam borat (H_3BO_3)		
Type	Silinder tegak dengan tutup atas datar dan bawah conis		
Spesifikasi :			
Volume	3653,1813 cuft	103,4465 m ³	
Diameter	16,6955 ft	5,0888 m	
Tinggi	16,6955 ft	5,0888 m	
Tekanan	1 atm		
Suhu	30 °C	303,15 K	
Tebal shell	0,1618 in	¼ in	0,0064 m
Tebal tutup atas	0,3633 in	¾ in	0,0191 m
Tebal tutup bawah	0,3633 in	¾ in	
Tinggi conical	2,1032 ft	0,6411 m	
Bahan konstruksi	<i>Stainlees steel (SA-167) Type 304</i>		
Jumlah	1		

5. Perancangan Tangki H_2SO_4

Fungsi : Menyimpan bahan baku asam sulfat (H_2SO_4)

Tujuan perancangan :

1. Menentukan jenis tangki
2. Menentukan bahan konstruksi yang digunakan
3. Menentukan dimensi tangki : volume, tinggi, tebal dinding, dan head tangki

Memilih tipe tangki : Tipe tangki silinder vertikal dengan tutup atas berupa conical, dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Tipe tangki ini cocok untuk *liquid* yang mudah menguap dan mudah terbakar atau *flash point* kurang dari 100 °F
2. Tangki jenis ini mengurangi resiko terjadinya kebakaran

Memilih bahan konstruksi :

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

1. Tahan lama dan tahan korosi
2. Memiliki batas tekanan yang diijinkan besar (s.d. 18750 psi)
3. Memiliki batas suhu yang diijinkan besar (-20 – 650 °F)

(Brownell)

Kondisi operasi : suhu 30 °C dan tekanan 1 atm

1) Menghitung kapasitas tangki

Dari arus 4 diketahui :

$$\rho \text{ campuran} = 1824,2148 \text{ kg/m}^3 = 113,8857 \text{ lb/cuft}$$

$$F_v \text{ campuran} = 0,3376 \text{ m}^3/\text{jam} = 11,9220 \text{ cuft/jam}$$

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 2 tangki

$$\text{Volume tangki Over Design 20\%} = F_v \times 7 \times 24 : 2 = 1201,7425 \text{ cuft} = 34,0295 \text{ m}^3$$

< 71354 cuft termasuk *small tank*

2) Menghitung dimensi tangki

Untuk *small tank* H=D

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

$$\text{Volume} = 1201,7425 \text{ cuft}$$

$$D = H = 11,5252 \text{ ft} = 138,3020 \text{ in} = 3,5129 \text{ m}$$

Untuk standarisai diameter, tinggi, dan kapasitas tangki mengikuti ukuran standard berdasarkan Appendix E item 1 Brownell halaman 346 dengan ukuran :

$$D = 15 \text{ ft}$$

$$H = 18 \text{ ft}$$

3) Menghitung tinggi cairan

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

$$\begin{aligned} H \text{ larutan} &= V \text{ larutan dalam tangki} / \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 5,6699 \text{ ft} \end{aligned}$$

4) Menghitung tebal plate silinder tangki

Dari Appendix E item 1 Brownell menggunakan 72 in atau 6 ft *butt welded course*, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah plat ke atas} &= H / \text{butt welded course} \\ &= 18/6 = 3 \text{ plat} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah plat ke samping} &= D/10 \\ &= 15/10 \\ &= 1,5 = 2 \text{ plat} \end{aligned}$$

Maka tangki dirancang terdiri dari 2 plate melingkar, 3 plat tersusun vertikal dengan tebal berbeda dan tebal sambungan yang diijinkan adalah 3/16 in (Brownell hal 347).

Tebal dinding tangki dihitung dengan persamaan :

Course 1

$$T_s = [(\rho \times d) / (2f \times E)] + C \quad (\text{Pers. 3.16, Brownell, hal 45})$$

T_s = tebal shell

F = tekanan yang diijinkan = 18750 Psi

E = efisiensi pengelasan = 0,8

D = diameter tangki

C = faktor korosi = 0,125 in

P = tekanan operasi

$$= \rho \times (H-1) / 144$$

$$= 62,37 \text{ lb/ft}^3$$

$$T_{s1} = 0,1287 \text{ in}$$

Distandarisasi $t_s = 3/16 \text{ in}$

Direncanakan menggunakan 3 plat untuk tiap *course* dan *allowance* untuk *vertical welded joint* (jarak sambungan antar plat vertikal) = 5/32 in

$$L = (\pi d - \text{weld length}) / 12 n \quad (\text{Brownell, hal 55})$$

Dimana :

- L = panjang tiap plat
- D = diameter dalam tangki + tebal shell
- N = jumlah plat

$$\text{Weld length} = n \times \text{allowable welded joint}$$

Sehingga,

$$L = 23,5615 \text{ ft}$$

Course 2

$$T_s = [(\rho \times d) / (2f \times E)] + C \quad (\text{Pers. 3.16, Brownell, hal 45})$$

$$T_{s2} = 0,1274 \text{ in}$$

$$\text{Distandarisasi } t_s = 3/16 \text{ in}$$

Direncanakan menggunakan 3 plat untuk tiap *course* dan *allowance* untuk *vertical welded joint* (jarak sambungan antar plat vertikal) = 5/32 in

$$L = 23,5615 \text{ ft}$$

Plate ke-	H (ft)	Ts (in)	Ts standard (in)	L (ft)
1	12	0,1287	3/16	23,5615
2	6	0,1274	3/16	23,5615

Sehingga, untuk tinggi (H) yang berbeda digunakan tebal plat yang berbeda pula.

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{ID} + 2 t_s \\ &= 138,3020 + 2 \times 1/5 \\ &= 138,6770 \text{ in} = 11,5564 \text{ ft} = 3,5224 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Standarisasi OD} = 15 \text{ ft} = 180 \text{ in} \quad (\text{Brownell, hal 346})$$

$$\begin{aligned} \text{ID} &= \text{OD} - 2 t_s \\ &= 180 - 2 \times 3/16 \\ &= 179,625 \text{ in} = 14,9688 \text{ ft} = 4,5625 \text{ m} \end{aligned}$$

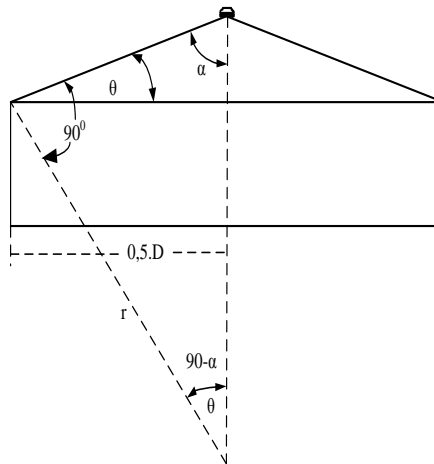
$$H_s = \text{ID} = 179,625 \text{ in} = 14,9688 \text{ ft} = 4,5625 \text{ m}$$

5) Menentukan top angle untuk *conical roof*

Top angle untuk *conical roof* dengan diameter 35 ft atau kurang adalah 2,5 x 2,5 x 0,25 in (Brownell, hal 53)

Bila digunakan 3 buah plat untuk *top angle*, maka panjang tiap *section* :

$$\begin{aligned} L &= (\pi d - \text{weld length}) / 12 n \\ &= 23,5827 \text{ ft} \end{aligned}$$



$$\sin \theta = D / (30 \times t) \quad (\text{Brownell, hal 55})$$

Dimana :

D = diameter tangki standar, ft

T = cone shell thickness, in

Sehingga,

$$\sin \theta = 0,1395$$

$$\theta = 0,14 \text{ rad} = 8,0209^\circ$$

6) Menghitung tinggi dan tebal head tangki

Tebal Conis

Tebal *conical head* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$T_h = [(P_d \times D) / 2 \cos \theta ((f.E) - (0,6.P_d))] + C$$

(Brownell, hal 118)

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

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

$$= 4,4887 \text{ psi}$$

$$P \text{ design, overdisein 20\%} = 1,2 \times (P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik})$$

$$= 23,0264 \text{ psi}$$

$$T_h = 0,1366 \text{ in}$$

$$\text{Dirancang } t_s = 3/16 \text{ in}$$

Tinggi Conis

Tinggi *conical head* dapat dihitung menggunakan rumus aturan tangensial

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

$$Hh = 1,0569 \text{ ft} = 0,3221 \text{ m} = 1,0569 \text{ ft}$$

7) Menghitung tinggi tangki

$$\begin{aligned} \text{Jadi, tinggi total tangki} &= H \text{ tutup} + H \text{ tangki} \\ &= 1,0569 + 11,5252 \\ &= 12,5820 \text{ ft} = 3,8350 \text{ m} \end{aligned}$$

Resume		
Nama Alat	Tangki Penyimpanan Asam Sulfat	
Kode		
Fungsi	Menyimpan Asam Sulfat untuk keperluan bahan baku	
Tipe	Tangki berbentuk silinder vertikal, tutup atas berupa conical (<i>cone roof</i>) dan tutup bawah berupa plate	
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel type 304</i>	
Spesifikasi		
Suhu Penyimpanan	30 °C	
Tekanan penyimpanan	1 atm	
Waktu Penyimpanan	7 hari	
Volume Tangki	34,0295 m ³	8990,2355 gall
Diameter Luar	15 ft	4,5720 m
Diameter Dalam	14,9688 ft	4,5625 m
Tebal <i>shell</i>	3/16 in	
Tebal tutup atas	0,1875 in	

Tinggi Tangki	12,5820 ft	3,8350 m
Jumlah Tangki	1	

6. Perancangan *Centifuge* -01

Fungsi : Memisahkan endapan Na_2SO_4 dengan H_3BO_3

Dasar pemilihan : sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi

Arus 6 masuk 100°C didapatkan :

p campuran : $1,5773 \text{ kg/L} = 98,4691 \text{ lb/cuft}$

Cp campuran : $7432,0420 \text{ J/molK} = 99,0319 \text{ J/kgK}$

Fv campuran : $2308,7748 \text{ L/jam} = 57,7194 \text{ cuft/jam} = 7,1962 \text{ galon/menit}$

Arus 7 keluar 100°C didapatkan :

p campuran : $2,5691 \text{ kg/L} = 160,3857 \text{ lb/cuft}$

Cp campuran : $10340,7780 \text{ J/molK} = 73,6338 \text{ J/kgK}$

Fv campuran : $346,9119 \text{ L/jam} = 8,6728 \text{ cuft/jam} = 1,0813 \text{ galon/menit}$

Arus 10 keluar 100°C didapatkan :

p campuran : $1,1854 \text{ kg/L} = 74,0007 \text{ lb/cuft}$

Cp campuran : $6312,3444 \text{ J/molK} = 133,1522 \text{ J/kgK}$

Fv campuran : $2320,2917 \text{ L/jam} = 58,0073 \text{ cuft/jam} = 7,2321 \text{ galon/menit}$

Perhitungan :

Beban masuk = $3641,6836 \text{ kg/jam} = 8028,5376 \text{ lb/jam}$

p campuran = $98,4691 \text{ lb/cuft}$

Volume bahan = bahan masuk (lb/jam) / p campuran (lb/cuft)

Volume bahan = $81,5336 \text{ cuft/jam} = 10,1652 \text{ gpm}$

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

Spesifikasi :

Bahan : *Stainless Steel 304*

Kapasitas maksimum : 50 gpm

Diameter bowl : 13 in

Speed : 7500 rpm

Centrifugal force : 10400 lbf/ft²

Power motor : 6 HP

Jumlah : 1

7. Perancangan *Centifuge* -02

Fungsi : Memisahkan kristal H₃BO₃ dengan *mother liquor*

Dasar pemilihan : Sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi

Arus 11 masuk 40°C didapatkan :

p campuran : 1,2944 kg/L = 80,8085 lb/cuft

Cp campuran : 717,1327 J/molK = 13,3152 J/kgK

Fv campuran : 2124,8156 L/jam = 53,1204 cuft/jam = 6,6228 galon/menit

Arus 13 keluar 40°C didapatkan :

p campuran : 1,4850 kg/L = 92,7070 lb/cuft

Cp campuran : 330,0100 J/molK = 5,3627 J/kgK

Fv campuran : 1039,0133 L/jam = 25,9753 cuft/jam = 3,2385 galon/menit

Arus 14 keluar 40°C didapatkan :

p campuran : 1,0509 kg/L = 65,6039 lb/cuft

Cp campuran : 1211,8194 J/molK = 27,5141 J/kgK

Fv campuran : 1149,0069 L/jam = 28,7252 cuft/jam = 3,5813 galon/menit

Perhitungan :

Beban masuk = 1530,4561 kg/jam = 3374,0779 lb/jam

p campuran = 80,8085 lb/cuft

Volume bahan = bahan masuk (lb/jam) / p campuran (lb/cuft)

Volume bahan = 41,7540 cuft/jam = 5,2057 gpm

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

Spesifikasi :

Bahan : *Stainless Steel 304*

Kapasitas maksimum : 50 gpm

Diameter bowl : 13 in

Speed : 7500 rpm

Centrifugal force : 10400 lbf/ft²

Power motor : 6 HP

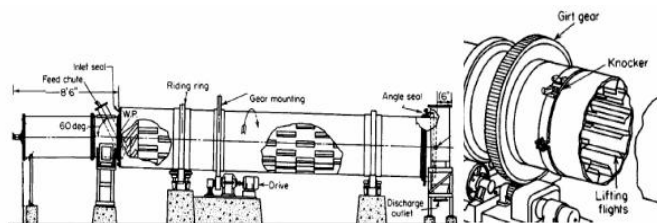
Jumlah : 1

8. Perancangan *Rotary Dryer* -01

Fungsi : Mengeringkan kristal Na₂SO₄ dengan bantuan udara panas

Dasar pemilihan : sesuai untuk pengeringan padatan

Waktu proses : waktu melewati



Perhitungan :

Dari neraca massa dan neraca panas :

Feed masuk = 1964,8977 kg/jam

Total panas $Q = 22241 \text{ kJ/jam} = 21080,1603 \text{ BTU/jam}$

Kebutuhan udara = 870,0907 kg/jam

Mass velocity gas

Allowed mass velocity (G) = 200-1000 lb/j ft²

Diambil = 200 lb/j ft²

$A = \text{udara masuk}/G = 1918,2214 / 200 = 0,8910 \text{ m}^2$

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

Diameter = 1,2413 m = 4,0727 ft

Suhu bahan masuk = 100 °C = 212 °F

Suhu bahan keluar = 110 °C = 230 °F

Suhu udara masuk = 120 °C = 248 °F

Suhu udara keluar = 100 °C = 212 °F

LMTD =

dt 1 = 36°F (dt udara)

dt 2 = 18°F (dt bahan)

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

dt2-dt1 = -18°F

dt2/dt1 = 0,5°F

$\ln dt2/dt1 = -0,6931$

$$\text{LMTD} = 25,9685 \text{ } ^\circ\text{F} = -10,8567 \text{ } ^\circ\text{C} = 262,2933 \text{ K}$$

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

$$= 14,5888 \text{ ft}$$

$$= 4,4467 \text{ m}$$

Tebal dinding

$$\text{Untuk diameter} = 1,2413 \text{ m,}$$

$$\text{Tebal} = (1,2308 / 109,4891) \times 2$$

$$= 0,0225 \text{ in} = 0,0006 \text{ m}$$

Kecepatan putaran Rotary Dryer

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

$$\text{Putaran rotary dryer} = N = \frac{V}{\pi \cdot D} = 0,1283 \text{ rps} = 7,6966 \text{ rpm}$$

Diambil putaran 10 rpm = 0,1667 rps

Flight

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

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

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

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

$$D = 1,2413 \text{ m}$$

$$L = 4,4467 \text{ m}$$

Pengambilan data

$$\text{Tinggi flight} : 1/8 D = 0,1437 \text{ m}$$

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

$$\text{Jumlah flight 1 circle} : 3 D = 3,4504 = 3 \text{ buah}$$

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

Total circle = 2,2233 buah = 2 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

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

$$\text{Hold up} = 18,9952 \text{ ft}^3$$

Waktu rerata padatan dalam dryer :

$$\text{Feed} = 891,2627 \text{ kg/jam}$$

$$P \text{ campuran} = 1249,9145 \text{ kg/m}^3$$

$$t = (\text{hold up} \times p \text{ campuran})/\text{feed} = 0,7350 \text{ jam} = 44,0995 \text{ menit} = 2645,9682 \text{ sekon}$$

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)

$$D = 1,2413 \text{ m} = 4,0727 \text{ ft}$$

$$H = 0,16 D = 0,1986 \text{ m} = 0,6516 \text{ ft}$$

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

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

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

$$t_s = \frac{P \cdot D}{2 \cdot f \cdot e - P} + C = 0,125 \text{ in dirancang } 3/16 \text{ in} = 0,0048 \text{ m}$$

Isolasi :

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

Diameter dalam rotary = 4,0727 ft

Diameter luar rotary = 4,0735 ft

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

Diameter terisolasi = 4,7401 ft

Perhitungan Power Rotary

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

Dimana :

N = putaran rotary = 10 rpm

d = diameter shell = 4,0727 ft

w = berat bahan = 1964,8977 lb

D = d + 2 = 5,7734 ft

W = berat total (lb) dicari dulu

Berat isolasi dicari dengan

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

Do = diameter luar isolasi = 4,7401 ft

Di = diameter dalam isolasi = 4,0735 ft

L panjang isolasi = 14,5888 ft

Density isolasi = 19 lb/cuft

W = 1278,5068 lb

Berat bahan dalam drum

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

Rate massa = 1964,8977 lb/jam

Berat bahan = 2259,6323 lb/jam

Berat total (W) = 3573,8310 lb/jam

Berat lain diasumsikan 15%, maka berat total = 4109,9057 lb/jam

Maka hp dihitung = 4,4172 HP

Dengan efisiensi motor 75% (Perry bed 20-37) maka P = 5,8896 HP diambil 10 HP
(Standar NEMA)

Kebutuhan listrik *Rotary Dryer-01*

Dari perhitungan neraca panas, didapat beban pemanas untuk *rotary dryer-01* sebesar
= 22240,7496 kJ/jam = 21084,2306 BTU/jam = 6179,1765 W = 6,1792 kW

Spesifikasi :

Kapasitas : 891,2627 kg/jam

Diameter : 1,2413 m

Panjang : 4,4467 m

Tebal shell : 3/16 in

Tinggi bahan : 0,1862 m

Sudut rotary : 1°

Waktu : 44,1 menit

Jumlah flight : 8 buah

Power : 6 HP

Jumlah : 1

9. Perancangan *Rotary Dryer* -02

Perhitungan sama seperti perhitungan *rotary dryer* - 01 dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

Resume			
Nama Alat	<i>Rotary Dryer-02</i>		
Kode	B-430		
Fungsi	Mengeringkan kristal H_3BO_3 dengan bantuan udara panas		
Type	<i>Rotary Drum</i>		
Spesifikasi :			
Kapasitas	1542,9601 kg/jam		
Isolasi	Batu isolasi		
Diameter	0,3833 m		
Panjang	2,8956 m		
Tebal isolasi	4 in	0,1016 m	
Tebal shell	3/16 in	0,1875 in	0,0048 m
Tinggi bahan (15% * D)	0,0575 m		
Sudut rotary	1°		
Time of passes	0,9 menit		
Jumlah flight	2 buah		
Power	4		
Jumlah	1		

Kebutuhan listrik *Rotary dryer-02*

Dari perhitungan neraca panas, didapat beban pemanas untuk *rotary dryer-02* sebesar
 $= 33177,8856 \text{ kJ/jam} = 31452,6355 \text{ BTU/jam} = 9217,8554 \text{ W} = 9,2179 \text{ kW}$

10. Perancangan *Crystallizer*

Type : Swenson Walker Cooling Crystallizer

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk kristalisasi pendinginan

Dari arus 11 didapatkan

p campuran : 1,2944 kg/L = 80,8085 lb/cuft

Cp campuran : 717,1327 kJ/KmolK = 13,3152 J/kgK

Fv campuran : 2124,8156 L/jam = 75,0372 cuft/jam

Waktu kristalisasi = 1 jam

Volume bahan = 75,0372 cuft/jam

Volume Overdesign 20% = 90,0447 cuft/jam = 2,5498 m³

Perhitungan dimensi kristalizer

Digunakan ratio $m = L/D = 3,3$ (Hugot halaman 697) $\frac{m \times D^3}{2} \times \left(1 + \frac{\pi}{4}\right)$

Volume kristalizer = (Pers 35.5 Hugot)

$$(m \times D^3) / 2 = 50,4452 \text{ ft}$$

$$m \times D^3 = 100,8904 \text{ ft}$$

$$D^3 = 30,2974 \text{ ft}$$

$$D = 3,1175 \text{ ft} = 0,9502 \text{ m}$$

$$L = D \times 3,33 = 10,3812 \text{ ft} = 3,1642 \text{ m}$$

Luas cooling area pada kristalizer

$$S = V \times \frac{(2 + 4m)}{mD} = 132,8834 \text{ ft}^2 / \text{cuft}$$

Power pengaduk pada Swenson walker kristalizer =

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

Volume bahan = 90,0447 cuft

Power kristalisasi = 1,4407 HP diambil 2 HP

Spesifikasi

Kapasitas : 90,04 cuft

Diameter : 3,1175 ft

Panjang : 10,3812 ft

Luas cooling area : 132,8834 ft² / cuft

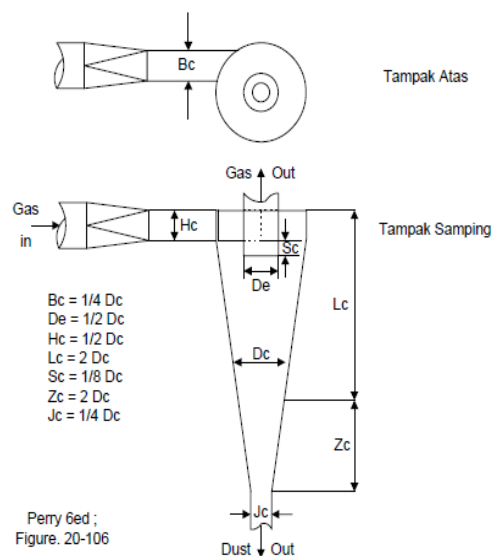
Power : 2 HP

6. Perancangan Cyclone -01

Fungsi : Untuk memisahkan padatan Na₂SO₄ yang terikut udara

Type : Van Toneren Cyclone

Dasar pemilihan : Efektif dan sesuai dengan jenis bahan



Asumsi time pass = 2 detik

Rate udara = 853,8672 kg/jam = 1882,45 lb/jam

BM udara = 29 kg/kgmol

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

$p = 0,05914 \text{ lb/cuft}$ (Himmelblau hal 249)

rate volumetric udara = 8,8414 cuft/dtik

Berat solid = 8,7075 kg/jam = 19,1968 lb/jam

Dari panas masuk arus 8 diketahui

$F_v \text{ gas} = 0,0001 \text{ cuft/dtik}$

Total volumetric bahan = 8,8416 cuft/detik

Volume bahan = 17,6831 cuft = 0,5007 m³

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

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

$17,6831 = 0,25 \times \pi \times D^2 \times H$

$D = 1,5542 \text{ ft} = 0,4737 \text{ m} = 18,6506 \text{ in}$

$H = 2,8424 \text{ m}$

$D_c = 18,6506 \text{ in}$

$B_c = \frac{1}{4} D_c = 4,6627 \text{ in}$

$D_e = \frac{1}{2} D_c = 9,3253 \text{ in}$

$H_c = 2 B_c = 9,3253 \text{ in}$

$L_c = 2 D_c = 37,3013 \text{ in}$

$S_c = \frac{1}{8} D_c = 2,3313 \text{ in}$

$Z_c = 2 D_c = 37,3013 \text{ in}$

$J_c = \frac{1}{4} D_c = 4,6627 \text{ in}$

$$D_{p\min} = \left(\frac{9 \cdot \mu \cdot Bc}{\pi \cdot Ntc \cdot Vc \cdot (\rho_s - \rho)} \right)^{0.5} \quad \text{Perry 6ed. ; pers.20-63}$$

Miu udara = 0,00002 lb/cuft

p solid = 172,2975 lb/cuft

p udara = 63,8139 lb/cuft

Bc = 4,6627 in = 0,3886 ft

Area cyclone = $2 \times Bc^2 = 0,3020 \text{ ft}^2 = 0,0281 \text{ m}^2$

Rate volumetric bahan = 8,8416 cuft/dtik

Kecepatan bahan volumetric = 29,2815 ft/detik

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

Dp min = 0,000275 ft = 0,0000084 m

Perancangan tebal shell dan tutup

Bahan dipilih Carbon stell

f allowance = 12650 psi (Brownel n Young tabel 13.1)

Faktor korosi © = 0,125

Tebal shell :

Tekanan = 1 atm = 14,7 psi

Tebal shell rumusnya =

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

Dimana dipakai double welded butt joint E = 0,8

Ts = 0,1386 in dirancang 3/16 in = 0,0048

Tebal tutup atas

Tebal tutup atas diamankan dengan tutup bawah

Tebal tutup bawah:

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

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

$$\text{Tebal conical (tc)} = 0,1390 \text{ dirancang } 3/16 \text{ in} = 0,0048 \text{ m}$$

Spesifikasi

Fungsi : untuk memisahkan padatan yang terikut dalam udara

Type : Van Tongeren Cyclone

Kapasitas : 1273,1851 cuft/menit

Diameter partikel: 0,000289 ft

Tebal shell : 3/16 in

Tebal tutup shell: 3/16 in

Tebal tutup bawah: 3/16 in

Jumlah : 1 buah

10. Perancangan *Cyclone -02*

Perhitungan sama seperti perhitungan *Cyclone - 01* dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

Resume	
Nama Alat	<i>Cyclone-02</i>
Kode	H-432
Fungsi	Untuk memisahkan padatan H ₃ BO ₃ yang terikut

	udara	
Type	<i>Van Tongeren Cyclone</i>	
Spesifikasi :		
Kapasitas	27,3002 cuft/detik	
	dibuat 20% over design	
	32,7603 cuft/detik	
	3339,6025 m ³ /jam	
	1965,6177 cuft/menit	
Diameter partikel	0,00005 ft	0,00002 m
Tebal shell	.3/16 in	0,0048 m
Tebal tutup atas	.3/16 in	0,0048 m
Tebal tutup bawah	.3/16 in	0,0048 m

11. Perancangan *Heater* Na₂B₄O₇.10H₂O

Fungsi : Memanaskan larutan produk keluaran mixer-01 dari suhu 30 C ke suhu 100 C

Alat : 1-2 shell dan tube heat exchanger

Letak : Setelah Mixer

Shell : Bahan

Tube : Steam

Kebutuhan pemanas adalah 4032,6568 kg/jam

Perancangan alat heater Na₂B₄O₇.10.H₂O

Fluida dingin :

Suhu masuk : 27,5134°C = 81,5241°F
 Suhu keluar : 100°C = 212 °F
 Massa masuk : 3026,5386 kg/jam = 6672,2632 lb/jam
 Fluida panas : kebutuhan pemanas 12,8902 kg/jam
 Beban pemanas 256157,6099 kJ/jam

Suhu pemanas masuk: 150°C

Suhu pemanas keluar: 100°C

Menentukan spesifikasi alat

Fluida dingin °F		Fluida panas °F	Δt
81,5241	Lower temp	212	130,4759
212	Higher temp	302	90
130,4759	Δt	90	

dt 1 = 130,4759 °F

dt 2 = 90 °F

dt2 – dt 1 = -40,4759 °F

Menghitung temperature caloric

$R = (T1-T2)/(t2-t1) = 1,4497$

$S = (t2-t1)/(T1-t1) = 0,4082$

Dari Kern halaman 828

Fig 18 HE 1-2 didapatkan Ft = 0,825

dTLMTD = dT x Ft = 90,0163

dTc/dth = dt1/dt2 = 0,6898

ta = (t1+t2)/2 = 133,7145 °F

$$T_a = (T_1 + T_2) / 2 = 248^\circ\text{F}$$

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

$$K_c = 0,2 \text{ dan } F_c = 1,5$$

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

$$T_c = 133,7145^\circ\text{F}$$

$$t_c = t_1 + F_c(t_2 - t_1) = 248^\circ\text{F}$$

Menghitung viskositas steam masuk

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2 \text{ suhu masuk fluida } 63,7567^\circ\text{C} = 336,9067 \text{ K}$$

KOMPONEN	MASSA (kg/jam)	A	B	C	D	μ (cP)	x	$\mu \cdot x$
Na ₂ B ₄ O ₇ .10 H ₂ O	2446,5552					0,4302	0,8084	0,3478
CO ₂	0,5675	-19,4921	1594,8	0,079274	-0,00012025	0,0200	0,0002	0,000004
SO ₄ (sim.)	1,2387	-18,7045	3496,2	0,03308	-0,000017018	7,6927	0,0004	0,0031
Cl	0,0687	-0,7681	154,1	-0,0008065	4,075E-07	0,2910	0,00002	0,000001
Fe	0,2527					0,8977	0,0001	0,0001
H ₂ O	577,8558	-10,2158	1792,5	0,01773	-0,000012631	0,4409	0,1909	0,0842
TOTAL	3026,5386							0,4352

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2 \text{ suhu masuk fluida } 125^\circ\text{C} = 398,15 \text{ K}$$

KOMPONEN	MASSA (kg/jam)	ρ (kg/m ³)	x	$\rho \cdot X$
H ₂ O	12,8902	973,279	1	973,279
TOTAL	12,8902			973,279

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

Fluida dingin

$$k = A + (B.T) + (C.T^2)$$

KOMPONEN	MASSA (kg/jam)	A	B	C	k (W/m.K)	x	k.x (W/m.K)	k.x (Btu/jam.ft.°F)
Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O (sim.)	2446,5552				27,4000	0,8084	22,1493	12,7976
CO ₂	0,5675	0,4320	-1,1929E-03	-6,5352E-17	0,0301	0,0002	0,00001	0,000003
SO ₄ (sim.)	1,2387	0,1553	1,0699E-03	-1,2858E-06	0,3698	0,0004	0,00015	0,0001
Cl	0,0687	0,2246	-6,4000E-05	-7,8800E-07	0,1136	0,0000	0,000003	0,000001
Fe	0,2527	117,3180	-1,3759E-01	5,4170E-05	77,1116	0,0001	0,00644	0,0037
H ₂ O	577,8558	-0,2758	4,6120E-03	-5,5391E-06	0,6493	0,1909	0,12397	0,0716
TOTAL	3026,5386						22,2798	12,8730

Fluida panas

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

$$T = 398,15 \text{ K}$$

KOMPO NEN	MASSA (kg/jam)	A	B	C	k (W/m. K)	x	k.x (W/m.K)	k.x (Btu/jam.ft.° F)
H ₂ O	12,8902	- 0,27 58	4,6120,E -03	- 5,5391,E -06	0,6824	1	0,6824	0,3943
TOTAL	12,8902						0,6824	0,3943

Sumber = Yaws, 1991

Spesific heats : c (BTU/lb°F) fluida dingin 63,7567°C

	kg/kmol	kJ/kmol.K	Btu/lb.°F
Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	381,37	5697,2345	3,4359
CO ₂	44,01	1512,4615	7,9043
SO ₄	96,06	1216,9603	2,9138
Cl	35,5	310,0536	2,0088
Fe	56	998,1553	4,0996
H ₂ O	18,01528	2916,2497	37,2316
TOTAL			57,5940

Fluida panas 125°C

KOMPONEN	BM	Cp	c
----------	----	----	---

	kg/kmol	kJ/kmol.K	Btu/lb.°F
H ₂ O	18,0153	2880,5882	36,7763
TOTAL			36,7763

Spesific gravity (s)

Fluida dingin

KOMPONEN	MASSA (kg/jam)	x	s	s.x
Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	2446,5552	0,8084	1,7300	1,3985
CO ₂	0,5675	0,0002	1,5280	0,0003
SO ₄	1,2387	0,0004	1,8500	0,0008
Cl	0,0687	0,00002	2,4860	0,0001
Fe	0,2527	0,0001	7,8700	0,0007
H ₂ O	577,8558	0,1909	1,0000	0,1909
TOTAL	3026,5386			1,5912

Fluida panas

KOMPONEN	MASSA (kg/jam)	x	s	s.x
H ₂ O	12,8902	1,0000	1,0000	1,0000

TOTAL	12,8902			1,0000
-------	---------	--	--	--------

	Fluida Dingin	Fluida Panas
ρ camp, (lb/ft ³)	103,0170	60,7326
μ camp (cp)	0,4352	0,2204
k (Btu/jam.ft.°F)	12,8730	0,3943
c (Btu/lb.°F)	57,5940	36,7763
s camp	1,5912	1,0000

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

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

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

$$A = Q / (Ud \times LMTD) = 270246,2784 / 18003,2581 = 15,0110 \text{ ft}^2$$

$$A = 15,010 \text{ ft}^2$$

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

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

Jumlah tube :

$$Nt = 6,5559$$

Standart = 10 dan 1 pass (kern)

Parameter design dari Tabel 9 Kern halaman 842

Pipa = 1,25 in OD tubes

Pitch = 1,5625 square pitch

Shell side

ID = 10 in (Kern hal 842)

Buffel = 3

Pass (pasang) = 4

Tube side

Number and length = 10

OD = 1,25

BWG = 12

Pitch = 1,5625 square pitch

Passes = 8

Tabel 10, Kern hal 843

		in	ft	m
OD pipe	=	1,25	0,1042	0,0318
ID pipe	=	1,03	0,0858	0,0262
Pitch, PT	=	1,5625	0,1302	0,0397
Panjang pipa, Lt	=		7	2,1336

Koreksi Ud

$$A = a'' \times N_t \times L = 22,897 \text{ ft}^2$$

$$U_d = Q / (A \times \text{LMTD}) = 131,1173 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

Fluida panas : Shell side

Flow area (a_s) = dimana

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

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

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

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

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

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

$$w = 6672,2632 \text{ lb/jam}$$

$$a_s = 0,0965 \text{ ft}^2 \text{ bisa dihitung } G_s = 69172,4912 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

Menentukan bilangan Reynold

$$G_s = 69172,4912 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

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

$$\text{Miu} = 1,0532 \text{ lb/ft jam}$$

$$\text{Re}_s = \frac{G_s \cdot D}{\mu} = 6841,8219$$

$$jH = 40 \text{ (fig 28 Kern 838)}$$

Menentukan k dan c pada $t_a = 146,7621 \text{ }^\circ\text{F}$

$$k = 12,8730 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

$$c = 57,5940 \text{ BTU/lb }^\circ\text{F}$$

$$\text{miu} = 1,0532 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 21,5813 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Menentukan } h_o \quad h_o = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_s$$

$$= 8287,2 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Fluida dingin : Tube side

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

Dimana :

$$N_t = 10$$

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

$$n = 8$$

$$a_t = 0,0073 \text{ ft}^2$$

Fluks massa melalui tube (Gt)

$$G_t = w / a_t$$

$$w = 28,4175 \text{ lb/jam}$$

$$a_t = 0,0073 \text{ ft}^2$$

$$G_t = 3915,9009 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

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

$$G_t = 3915,9009 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

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

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

$$Re_t = 630,246$$

$$j_H = 3,6 \text{ (Fig 28 kern hal 838)}$$

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

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

$$c = 36,7763 \text{ BTU/lb }^\circ\text{F}$$

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

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 1,4501 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan h_{io}

$$h_{io} = j_H \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi = 60,8177 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan tube wall temperature

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

$$t_w = 134,5471 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_w = 330,106 \text{ K}$$

$$t_w = 56,9706 \text{ }^\circ\text{C}$$

Miu suhu 57,0275 °C

Fluida Dingin :

Na₂B₄O₇.10H₂O = 0,4302 cp

CO₂ = 0,0254 cp

SO₄ = 8,9526 cp

Cl = 0,2998 cp

Fe = 0,8977

H₂O = 0,4904 cp

Total = 0,4452 cp

Fluida Panas

H₂O = 0,4904 cp

Menentukan corrected coefficient

$$h_c = \frac{h_o}{\mu} \times \phi_s = 61\,5361 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\phi_s = \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} = 1,0118$$

Clean Overall coefecient U_c

$$U_c = (h_o \cdot h_c) / (h_o + h_c) = 61,1337 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Design overall coefecient U_d = 131,1173 BTU/jam ft² °F

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

$$R_D = \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D} = 0,0087 \text{ jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F/Btu}$$

Menghitung Pressure Drop

Fluida dingin : shell side

Res = 6841,8219

f (faktor friksi) = $0,00012 \text{ ft}^2 / \text{in}^2$ (fig 29 Kern hal 839)

s = 1,5912

De = 0,8333 ft

N+1 = L/B = 12 x BWG / Buffel = 48

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5.22 \cdot 10^{10} \cdot D_e s \phi_s} = 0,0718 \text{ psi}$$

Tube side ;fluida panas

Ret = 630,246

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

s = 1

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5.22 \cdot 10^{10} D_t \cdot \phi_t} = 0,0003 \text{ psi}$$

12. Perancangan *Heater* H₂SO₄

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama, maka spesifikasi untuk *Heater* H₂SO₄ adalah :

Fungsi : Memanaskan asam sulfat dari suhu 30°C ke suhu 100°C

Alat : 1-2 shell dan tube heat exchanger

Tube

OD : 1,25 in

Panjang : 2,1336 m = 7 ft

Pitch : 1 9/16 in square pitch

Jumlah *tube* : 10 buah

Passes : 8
Shell
ID : 10 in
Passes : 4
A : 4,0385 ft²
Jumlah : 1

13. Perancangan Cooler

Fungsi : Mendinginkan larutan produk keluaran Centrifuge-01 dari suhu 100 C ke suhu 50 C

Alat : 1-2 shell dan tube heat exchanger

Letak : Setelah Centrifuge

Shell : Bahan

Tube : Air

Kebutuhan pendingin adalah 928,2970 kg/jam

Perancangan alat cooler 1

Fluida panas :

Suhu masuk : 100°C = 303,15 K

Suhu keluar : 50°C = 333,15 K

Massa masuk : 2750,4210 kg/jam

Fluida dingin : kebutuhan pendingin 928,2970 kg/jam

Beban pendingin 350419,4737 kJ/jam = 369692,5448
BTU/jam

Suhu pendingin masuk: 30°C = 86 °F

Suhu pendingin keluar: $60^{\circ}\text{C} = 140^{\circ}\text{F}$

$$dT = 54^{\circ}\text{F}$$

Menentukan spesifikasi alat

Fluida panas $^{\circ}\text{F}$		Fluida dingin $^{\circ}\text{F}$	Δt
212,0000	Higher temp	140	72,0000
122	Lower temp	86	36
90,0000	Δt	54	

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

$$dt\ 2 = 72^{\circ}\text{F}$$

$$dt2 - dt\ 1 = 36^{\circ}\text{F}$$

Menghitung temperature caloric

$$R = (T1-T2)/(t2-t1) = 1,6667$$

$$S = (t2-t1)/(T1-t1) = 0,4286$$

Dari Kern halaman 828

Fig 18 HE 1-2 didapatkan $Ft = 0,63$

$$dTLMTD = dT \times Ft = 32,7571$$

$$dte/dth = dt1/dt2 = 0,5$$

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2.3 \log \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} \times dTLMTD = 51,9954^{\circ}\text{F}$$

$$t_a = (t1+t2)/2 = 113^{\circ}\text{F}$$

$$T_a = (T1+T2)/2 = 167^{\circ}\text{F}$$

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

$$Kc = 0,5 \text{ dan } Fc = 0,625$$

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

$$Tc = 178,25^\circ\text{F}$$

$$tc = t1 + Fc(t2 - t1) = 119,75^\circ\text{F}$$

$$\text{densitas tube} = 1272,8638 = 79,4267 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{densitas shell} = 990 \text{ kg/L} = 61,7822 \text{ lb/cuft}$$

Menghitung viskositas fluida panas

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2 \text{ suhu masuk fluida } 75^\circ\text{C} = 348,15 \text{ K}$$

KOMPO NEN	MASSA (kg/jam)	A	B	C	D	μ (cP)	x	$\mu \cdot x$
Na₂B₄O₇·10 H₂O	85,0178					0,43 29	0,03 09	0,01 34
H₂SO₄	6,1347	- 18,70 45	3496 ,2	0,033 08	- 0,000017 018	6,19 16	0,00 22	0,01 38
H₂O	1126,5384	- 10,21 58	1792 ,5	0,017 73	- 0,000012 631	0,37 55	0,40 96	0,15 38
H₃BO₃	1531,4914					0,38 66	0,55 68	0,21 53
SO₄ (sim.)	1,2387	- 18,70	3496	0,033	- 0,000017	6,19	0,00	0,00

		45	,2	08	018	16	05	28
TOTAL	2750,4210						1,00 00	0,39 90

Menghitung viskositas fluida dingin

$\log \mu = A + B/T + CT + DT^2$ suhu masuk fluida $45^\circ\text{C} = 318,15 \text{ K}$

KOMPONEN	MASSA (kg/jam)	A	B	C	D	μ (cP)	x	$\mu \cdot x$
H ₂ O	928,2970	-10,2158	1792,5	0,01773	-0,000012631	0,6034	1	0,6034
TOTAL	928,2970							0,6034

Harga konduktivitas thermal : k (BTU/jam ft²F)

Fluida panas

KOMPONEN	MASSA (kg/jam)	A	B	C	k (W/m.K)	x	k.x (W/m.K)	k.x (Btu/jam.ft. ² F)
Na₂B₄O₇.10 H₂O (sim.)	85,0178				27,40 00	0,0 30 9	0,8470	0,4894
H₂SO₄	6,1347	0,1 553	1,069 9,E- 03	- 1,2858 ,E-06	0,371 9	0,0 02 2	0,0008	0,0005
H₂O	1126,538 4	- 0,2 758	4,612 0,E- 03	- 5,5391 ,E-06	0,658 5	0,4 09 6	0,2697	0,1558
H₃BO₃	1531,491 4				0	0,5 56 8	0,0000	0,0000
SO₄ (sim.)	1,2387	0,1 553	1,069 9,E- 03	- 1,2858 ,E-06	0,371 9	0,0 00 5	0,0002	0,0001

TOTAL	2750,421 0					1,0 00 0	1,1177	0,6458
--------------	---------------	--	--	--	--	----------------	--------	--------

Sumber = Yaws kecuali NaNO₃ International of journal Ared 1991

Fluida dingin

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

$$T = 318,15 \text{ K}$$

KOMPO NEN	MASSA (kg/jam)	A	B	C	k (W/m.K)	x	k.x (W/m.K)	k.x (Btu/jam.ft.°F)
H ₂ O	928,2970	- 0,275 8	4,6120,E -03	- 5,5391,E- 06	0,6308	1	0,6308	0,3645
TOTAL	928,2970						0,6308	0,3645

Sumber = Yaws, 1991

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

KOMPONEN	BM	Cp	c
	kg/kmol	kJ/kmol.K	Btu/lb.°F
Na₂B₄O₇.10H₂O	381,37	7350,0000	4,4327
H₂SO₄	98,08	7171,2495	16,8168
H₂O	18,01528	3760,6226	48,0116
H₃BO₃	61,831	4559,9764	16,9623
SO₄	96,06	1570,0000	3,7591
TOTAL			89,9825

Fluida dingin 45 °C

KOMPONEN	BM	Cp	c
-----------------	-----------	-----------	----------

	kg/kmol	kJ/kmol.K	Btu/lb. °F
H₂O	18,0153	1507,1548	19,2418
TOTAL			19,2418

Spesific gravity (s)

Fluida panas

KOMPONEN	MASSA (kg/jam)	x	s	s.x
Na₂B₄O₇.10H₂O	85,0178	0,0309	1,7300	0,0535
H₂SO₄	6,1347	0,0022	1,8400	0,0041
H₂O	1126,5384	0,4096	1,0000	0,4096
H₃BO₃	1531,4914	0,5568	1,4400	0,8018
SO₄	1,2387	0,0005	1,8500	0,0008
TOTAL	2750,4210			1,2698

Fluida dingin

KOMPONEN	MASSA (kg/jam)	x	s	s.x
H₂O	928,2970	1,0000	1,0000	1,0000
TOTAL	928,2970			1,0000

	Fluida Panas	Fluida Dingin
ρ camp, (lb/ft³)	79,4267	61,7822
μ camp (cp)	0,3990	0,6034
k (Btu/jam.ft. °F)	0,6458	0,3645

c (Btu/lb.°F)	89,9825	19,2418
s camp	1,2698	1,0000

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

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

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

$$A = Q / (Ud \times \text{LMTD}) = 360692,5448 / 9827,1299 = 37,6196 \text{ ft}^2$$

$$A = 37,6196 \text{ ft}^2$$

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

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

Jumlah tube :

$$Nt = 20,5280$$

$$\text{Standart} = 32 \text{ (kern)}$$

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) = 1

Tube side

Number and length = 32

OD = 1

BWG = 12

Pitch = 1,25 square pitch

Passes = 2

Tabel 10, Kern hal 843

		in	ft	m
OD pipe	=	1	0,0833	0,0254
ID pipe	=	0,782	0,0652	0,0199
Pitch, PT	=	1,25	0,1042	0,0318
Panjang pipa, Lt	=		7	2,1336

Koreksi Ud

$$A = a'' \times N_t \times L = 58,6432 \text{ ft}^2$$

$$U_d = Q / (A \times \text{LMTD}) = 192,4499 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

Fluida panas : Shell side

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

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

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

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

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

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

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

$$w = 6063,5383 \text{ lb/jam}$$

$$a_s = 0,0965 \text{ ft}^2 \text{ bisa dihitung } G_s = 62861,7364 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

Menentukan bilangan Reynold

$$G_s = 62861,7364 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

D = 0,0833 ft (fig 28 Kern 838)

Miu = 0,9657 lb/ft jam

$$Re_s = \frac{G_s \cdot D}{\mu} = 5424,5946$$

jH = 40 (fig 28 Kern 838)

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

k = 0,6458 BTU/jam ft²°F

c = 89,9825 BTU/lb °F

miu = 0,9657 lb/ft jam

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 3,3092 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan h_o

$$h_o = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_s = 1588,3974 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Fluida dingin : Tube side

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

Dimana :

$$N_t = 32$$

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

$$n = 2$$

$$a_t = 0,0532 \text{ ft}^2$$

Fluks massa melalui tube (Gt)

$$Gt = w / a_t$$

$$w = 2046,5101 \text{ lb/jam}$$

$$a_t = 0,0532 \text{ ft}^2$$

$$G_t = 38452,1736 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

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

$$G_t = 38452,1736 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

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

$$\mu = 1,4603 \text{ lb/ft jam}$$

$$Re_t = 1715,9286$$

$$j_H = 2,5 \text{ (Fig 28 kern hal 838)}$$

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

$$k = 0,3645 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$c = 19,2418 \text{ BTU/lb }^\circ\text{F}$$

$$\mu = 1,4603 \text{ lb/ft jam}$$

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 1,5513 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan h_i

$$h_i = j_H \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi = 59,5121 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan tube wall temperature

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

$$t_w = 176,1373 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_w = 353,2263 \text{ K}$$

Miu suhu 176,1373 $^\circ\text{F}$

Fluida Panas :

$$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = 0,4329 \text{ cp}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = 5,6861 \text{ cp}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0,3512 \text{ cp}$$

$$\text{H}_3\text{BO}_3 = 0,3866 \text{ cp}$$

$$\text{SO}_4 = 5,6861 \text{ cp}$$

$$\text{Total} = 0,3878 \text{ cp}$$

Fluida dingin

$$\text{H}_2\text{O} = 0,3512 \text{ cp}$$

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

$$\phi_t = 1,2208$$

Menentukan corrected coefficient

$$h_c = \frac{h_o}{\phi_s} \times \phi_s = 72,6515 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

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

$$= (1,4793 / 2,74226)^{0,14}$$

$$= 1,2208$$

Menentukan corrected coefesient

$$h_{io} = \frac{h_{io}}{\phi} \times \phi = 72,6515 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Clean Overall coefecient U_c

$$U_c = (h_{io} \cdot h_o) / (h_{io} + h_o) = 69,8402$$

$$\text{Design overall coefecient } U_d = 192,4499 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

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

$$R_D = \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D} = 0,0091 \text{ jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F/Btu}$$

Menghitung Pressure Drop

Fluida panas : shell side

$$Re_s = 5424,5946$$

$$f \text{ (faktor friksi)} = 0,0025 \text{ ft}^2/\text{in}^2 \text{ (fig 29 Kern hal 839)}$$

$$s = 1,2698$$

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

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

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5.22 \cdot 10^{10} \cdot D_e s \phi_s} = 0,0640 \text{ psi}$$

Tube side ;fluida dingin

$$Re_t = 1715,9286$$

$$f = 0,0029 \text{ ft}^2/\text{in}^2 \text{ (fig 29 Kern hal 839)}$$

$$s = 1$$

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5.22 \cdot 10^{10} D_t \cdot \phi_t} = 0,0072 \text{ psi}$$

1804,8291	h outside	72,6515
Uc	Calculated	69,8402
Ud	Trial	300,0000

Ud	Calculated	192,4499
Rd	Calculated	0,0091
Rd	Required	0,0030
ΔP_s	Calculated	0,0640
ΔP_t	Calculated	0,0152

14. Perancangan Pompa 3

Fungsi : Mengalirkan larutan Natrium Boraks dari Mixer ke Reaktor

Dari Arus 3, didapatkan :

$$\rho = 1594,3980 \text{ kg/m}^3 = 99,5351 \text{ lb/cuft}$$

$$\mu \text{ campuran} = 0,3234 \text{ cp} = 0,00021 \text{ lb/ft s}$$

Menentukan kapasitas pompa

$$Q_f = \frac{\text{Kapasitas}}{\rho} = 0,0186 \text{ cuft/s} = 8,3576 \text{ gpm}$$

Diambil oversize 20%

Faktor keamanan = 20%

$$\text{Sehingga kapasitas pompa} = 0,0223 \text{ cuft/s} = 10,0292 \text{ gpm}$$

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

$$D_{i, \text{opt}} = 3.9 q_f^{0.45} \rho^{0.13}$$

(Pers. 45, Peters, hal 365)

$$= 1,2821 \text{ in}$$

Digunakan pipa standart (Tabel 11 hal 844)

D nominal : 1 1/4 in

ID : 1,38 in

OD : 1,66 in

Flow area perpipa (A): $1,4976 \text{ in}^2 = 0,0104 \text{ ft}^2$

Menghitung kecepatan linier fluida (v)

$V = Q / A$ dengan :

Q = Laju alir volumetric (cuft/s)

A = luas penampang (ft^2)

$v = 2,1486 \text{ ft/s} = 0,6549 \text{ m/s}$

Menghitung bilangan Reynold

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

$\rho = \text{densitas cairan} = 81,1590 \text{ lb/cuft}$

$NRe = 113160,3421$ ($NRe > 2100$ 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 :

Dv = beda kecepatan linier fluida

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

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

Dz = beda elevasi

g = konstanta gravitasi m/s^2

15. Perancangan Pompa 1

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama, maka :

Fungsi : Mengalirkan fresh feed (larutan Asam Sulfat) dari tangki

Tipe : Centrifugal Pump

Bahan konstruksi : Commercial Steel

Rate volumetrik : 0,0033 cuft/s

Kecepatan aliran : 9,9350 ft/s

Ukuran pipa

OD : 0,405 in

ID : 0,269 in

Flow area : 0,0576 in²

Power pompa : 0,7220 Hp

Power motor : 1 Hp

Jumlah : 1 buah

16. Perancangan Pompa 2

Fungsi : Mengalirkan larutan Asam Sulfat dari tangki ke reaktor

Tipe : Centrifugal Pump

Bahan konstruksi : Commercial Steel

Rate volumetrik : 0,0033 cuft/s

Kecepatan aliran : 9,9347 ft/s

Ukuran pipa

OD : 0,405 in

ID : 0,269 in

Flow area	: 0,0576 in ²
Power pompa	: 0,7001 Hp
Power motor	: 1 Hp
Jumlah	: 1 buah

17. Perancangan Pompa 4

Fungsi	: Mengalirkan larutan Asam Sulfat dari tangki ke reaktor
Tipe	: Centrifugal Pump
Bahan konstruksi	: Commercial Steel
Rate volumetrik	: 0,0272 cuft/s
Kecepatan aliran	: 2,6143 ft/s
Ukuran pipa	
OD	: 1,66 in
ID	: 1,38 in
Flow area	: 1,4976 in ²
Power pompa	: 0,0948 Hp
Power motor	: 1 Hp
Jumlah	: 1 buah

18. Perancangan Pompa 5

Fungsi	: Mengalirkan produk keluaran reaktor menuju centrifuge 1
Tipe	: Centrifugal Pump
Bahan konstruksi	: Commercial Steel
Rate volumetrik	: 0,0265 cuft/s

Kecepatan aliran	: 1,8747 ft/s
Ukuran pipa	
OD	: 1,9 in
ID	: 1,61 in
Flow area	: 2,0362 in ²
Power pompa	: 0,0599 Hp
Power motor	: 1 Hp
Jumlah	: 1 buah

19. Perancangan Pompa 6

Fungsi	: Mengalirkan pompa ke UPL
Tipe	: Centrifugal Pump
Bahan konstruksi	: Commercial Steel
Rate volumetrik	: 0,0113 cuft/s
Kecepatan aliran	: 1,8776 ft/s
Ukuran pipa	
OD	: 1,315 in
ID	: 1,049 in
Flow area	: 0,8640 in ²
Power pompa	: 0,0264 Hp
Power motor	: 1 Hp

Jumlah : 1 buah

20. Perancangan *Screw Conveyor*

Fungsi : Memindahkan bahan dari kristalizer ke centrifuge-02

Tipe : *Plain spouts or chutes*

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk padatan dengan sistem tertutup

Kondisi operasi : $T = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $P = 1\text{ atm}$

Dari neraca massa dan panas didapatkan laju alir dan densitas

$F_v = 8019,7275\text{ kg/jam} = 17680,4714\text{ lb/jam}$

$\rho\text{ bahan} = 1294,4467\text{ kg/m}^3 = 80,8111\text{ lb/cuft}$

Volumetrik bahan = $218,7946\text{ cuft/jam} = 3,6466\text{ cuft/menit}$

$\rho\text{ bahan} : 80,8111\text{ lb/cuft}$ termasuk kelas D (Badger, Tabel 16-6) dengan

$F = 3$

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

C = kapasitas, cuft/menit

L = panjang, ft asumsi panjang screw $4\text{ m} = 50\text{ ft}$

W = densitas bahan, lb/cuft

F = faktor bahan

Power motor = $0,3516\text{ HP}$ untuk power $< 2\text{HP}$ maka dikalikan 2 (Badger;713)

Power = $0,7031\text{ HP}$

Jika efisiensi motor 80% ,maka power menjadi $0,8789\text{ HP}$

Dari fig 16-20 Badger untuk kapasitas $100,0463\text{ ft}^3/\text{jam}$ digunakan ukuran :

Diameter = 10 in

Kecepatan putaran = 13 rpm

Resume	
Nama Alat	<i>Screw conveyor</i>
Kode	J-421
Fungsi	Memindahkan bahan dari Kristaliser ke Centrifuge-02
Type	<i>Plain spouts or chutes</i>

Spesifikasi :		
Kapasitas	218,7946 ft ³ /jam	6,1956 m ³ /jam
Panjang	13,1234 ft	4 m
Diameter	10 in	0,2540 m
Kecepatan putaran	13 rpm	
Power	2,0000 Hp	
Jumlah	1	

21. Perancangan *Bucket Elevator*-01

Fungsi : memindahkan bahan baku Boraks dari truk ke silo penyimpanan Boraks

Tipe : Countinous Discharge Bucket Elevator

Dasar pemilihan : Untuk meminahkan dengan bahan ketinggian tertentu

Perhitungan

Rate massa : 38365,9093 kg/jam = 38,3659 ton/jam

Tinggi bucket : tinggi silo + jarak dari dasar = 5,6532 + 1 = 6,6532 m = 21,8282 ft

Pemilihan power (Perry 7ed tabel 21-8)

Kapasitas maksimum : 14000 ton/jam

Power pada head shaft : 1 HP

Power tambahan : 0,002 HP tiap hari

Power tambahan : 002 hp

Power total = 1, 4366 HP

Efisiensi motor 80%

Power total = 1,7957 HP

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

Spesifikasi :

Fungsi : Memindahkan bahan baku Boraks dari hopper ke mixer

Tipe	: Continous 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	: 6,6532 m
Ukuran feed (maks)	: 0,0191 m
Bucket speed	: 616,595 ft/menit
Putaran head shaft	: 117,8381 rpm
Lebar belt	: 7 in
Power total	: 1,7957 HP = 2 HP

22. Perancangan *Bucket elevator* – 02

Fungsi : Memindahkan bahan baku boraks dari silo penyimpanan boraks ke hopper

Tipe : *Continous Discharge Bucket Elevator*

Dasar pemilihan : Untuk memindahkan dengan bahan ketinggian tertentu

Perhitungan sama dengan perancangan pada *bucket elevator* – 01, dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

Resume		
Nama Alat	<i>Bucket Elevator</i> – 02	
Kode	J-113	
Fungsi	Memindahkan bahan baku boraks dari silo penyimpanan boraks ke hopper	
Type	<i>Continous Discharge Bucket Elevator</i>	
Spesifikasi :		
Kapasitas maksimum	14 ton/jam	14000 kg/jam
Ukuran	6 in x 4 in x 4 ¼ in	0,1524 x 0,1016 x 0,1080 m

Bucket Spacing	12 in	0,3048 m
Pusat elevator	25 ft	7,62 m
Tinggi Elevator	12,5369 m	41,1314 ft
Ukuran Feed (maximum)	$\frac{3}{4}$ in	0,0191 m
Bucket Speed	39,3538 ft/menit	0,1999 m/s
Putaran Head Shaft	7,5210 rpm	
Lebar Belt	7 in	0,1778 m
Power total	2,5 Hp	
Alat pembantu	<i>Hopper Chute</i> (pengumpan)	
Jumlah	1	

23. Perancangan *Bucket elevator* – 03

Fungsi : Memindahkan produk natrium sulfat dari *belt conveyor-03* ke silo penyimpanan produk natrium sulfat

Tipe : *Continous Discharge Bucket Elevator*

Dasar pemilihan : Untuk memindahkan dengan bahan ketinggian tertentu

Perhitungan sama dengan perancangan pada *bucket elevator – 01*, dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

Resume	
Nama Alat	<i>Bucket Elevator – 03</i>
Kode	J-332
Fungsi	Memindahkan produk asam borat dari belt conveyor ke silo penyimpanan produk asam borat
Type	<i>Continuous Discharge Bucket Elevator</i>

Spesifikasi :		
Kapasitas maksimum	14 ton/jam	14000 kg/jam
Ukuran	6 in x 4 in x 4 ¼ in	0,1524 x 0,1016 x 0,1080 m
Bucket Spacing	12 in	0,3048 m
Pusat elevator	25 ft	7,62 m
Tinggi Elevator	6,0888 m	19,9764 ft
Ukuran Feed (maximum)	¾ in	0,0191 m
Bucket Speed	24,6322 ft/menit	0,1251 m/s
Putaran Head Shaft	6,2764,70756 rpm	
Lebar Belt	7 in	0,1778 m
Power total	2 Hp	
Alat pembantu	Hopper Chute (pengumpan)	
Jumlah	1	

24. Perancangan *Bucket elevator* – 04

Fungsi : Memindahkan produk asam borat dari *belt conveyor-04* ke silo penyimpanan produk asam borat

Tipe : *Continuous Discharge Bucket Elevator*

Dasar pemilihan : Untuk memindahkan dengan bahan ketinggian tertentu

Perhitungan sama dengan perancangan pada *bucket elevator – 01*, dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

Resume	
Nama Alat	<i>Bucket Elevator – 04</i>
Kode	J-442
Fungsi	Memindahkan produk natrium sulfat dari belt conveyor ke silo penyimpanan produk samping

Type	<i>Continous Discharge Bucket Elevator</i>	
Spesifikasi :		
Kapasitas maksimum	14 ton/jam	14000 kg/jam
Ukuran	6 in x 4 in x 4 ¼ in	0,1524 x 0,1016 x 0,1080 m
Bucket Spacing	12 in	0,3048 m
Pusat elevator	25 ft	7,62 m
Tinggi Elevator	4,4782 m	14,6922 ft
Ukuran Feed (maximum)	¾ in	0,0191 m
Bucket Speed	14,1579 ft/menit	0,0719 m/s
Putaran Head Shaft	2,7057 rpm	
Lebar Belt	7 in	0,1778 m
Power total	2 Hp	
Alat pembantu	<i>Hopper Chute</i> (pengumpan)	
Jumlah	1	

25. Perancangan *Hopper*

Fungsi : Menampung sementara boraks sebelum masuk mixer

Bahan : *Stainless steel- SA-167* tipe 304

Kondisi operasi : Suhu = 30 °C

Tekanan = 1 atm

Dari neraca massa dan neraca panas pada arus 1, diperoleh data :

ρ campuran = 1740,3327 kg/m³ = 108,6473 lb/ft³

rate bahan masuk = 2448,683 kg/jam = 5398,421 lb/jam

Menentukan kapasitas hopper

Menghitung banyaknya boraks yang disimpan selama 7 hari :

$m_f = 2448,683 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 7 \text{ hari}$

$$= 411378,703 \text{ kg}$$

Menghitung kapasitas hopper

$$\begin{aligned} \text{Volume hopper} &= mf / \rho \text{ campuran} = 411378,703 \text{ kg} / 2448,683 \text{ kg/m}^3 \\ &= 168 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Overdesign 10%

$$\text{Volume hopper} = 184,8 \text{ m}^3 = 6526,1566 \text{ ft}^3 = 48822,177 \text{ gal}$$

$$H = 2D$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{V}{\pi \times 0,5605}}$$

$$D = 4,7177 \text{ m} = 185,737 \text{ in}$$

$$H = 9,4354 \text{ m} = 371,4741 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi kerucut} = 1,2518 \text{ ft} = 4,1070 \text{ m} = 161,691 \text{ in}$$

$$\text{Diameter lubang} = 0,1878 \text{ ft} = 0,6161 \text{ m} = 24,2575 \text{ in}$$

Tebal dinding =

$$T = \frac{P \cdot r}{f \times E - 0,6 \cdot P} + C$$

(Brownell, hal 254)

Dimana : $f = 18750$

$E = 0,85$

$C = 1/8$

$P = 1 \text{ atm}$

Tekanan perancangan

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

$$r = \frac{1}{2} \times D = 0,7190 \text{ ft} = 8,6278 \text{ in}$$

$$\text{Tebal dinding} = 0,133 \text{ in} = 0,0034 \text{ m}$$

$$\text{Dirancang} = 3/16 \text{ in} = 0,1875 \text{ in} = 0,0048 \text{ m}$$

Resume	
Nama Alat	<i>Hopper</i>
Kode	J-114

Fungsi	Menampung sementara boraks sebelum masuk mixer	
Bahan	<i>Stainless steel SA-167</i> tipe 304	
Spesifikasi :		
Jumlah	1	
Bentuk	Kerucut	
Volume hopper	184,8 m ³	6526,212 ft ³
Diameter	4,7177 m	
Tinggi silinder	9,4354 m	
Tinggi kerucut	4,1070 m	
Diameter lubang	0,6161 m	
Tebal dinding	3/16 in	0,0048 m

26. Perancangan *Belt Conveyor* -01

Fungsi : Mengangkut Natrium Sulfat dari *Centrifuge* -01 ke *Rotary Dryer* -01

Jenis : Horizontal Belt Conveyor

Bahan : Karet

Laju alir massa : 891,2627 kg/jam

Faktor kelonggaran : 0,2

Kapasitas : 1069,5152 kg/jam = 1,0695 ton/th

Kecepatan belt : 0,5080 m/s

Daya motor : 1 HP

Kecepatan belt dibuat : 0,5080 m/s

Dipakai belt conveyor kapasitas 64000 ton/tahun

(Tabel 7-7 Perry 1999 hal 7-10)

- a. Lebar belt : 14 in
- b. Luas area : 0,11 ft²
- c. Kecepatan Belt Normal : 1,016 m/s
- d. Kecepatan Belt maksimum : 1,5240 m/s
- e. Belt plies maksimum : 5
- f. Belt plies minimum : 3
- g. Kecepatan belt : 0,5080 m/s
- h. Asumsi panjang belt : 5 m
- i. Daya motor digunakan : 1 HP

Resume		
Nama Alat	<i>Belt conveyor – 01</i>	
Kode	J-321	
Fungsi	Mengangkut Natrium Sulfat dari Centrifuge-01 ke RD-01	
Jenis	<i>Horizonzal Belt Conveyor</i>	
Bahan	Karet	
Spesifikasi :		
Kapasitas makasimal	32,0000 kg/jam	
Lebar belt	0,3556 m	14,0000 in
Luas area	0,0102 m ²	
Kecepatan belt normal	1,0160 m/s	
Kecepatan belt maks	1,5240 m/s	
Belt piles maks	5	
Belt piles min	3	

Kecepatan belt	0,5080 m/s	
Panjang belt	5 m	16,4042 ft
Power motor	0,5 Hp	

27. Perancangan *Belt conveyor -02*

Fungsi : Mengangkut asam borat dari *Centrifuge-02* ke *Rotary dryer-02*

Jenis : *Horizontal belt conveyor*

Perhitungan sama seperti pada perancangan *belt conveyor - 01*, dan didapatkan spesifikasinya sebagai berikut :

Resume		
Nama Alat	<i>Belt conveyor – 02</i>	
Kode	J-431	
Fungsi	Mengangkut asam borat dari <i>Centrifuge-02</i> ke <i>Rotary dryer-02</i>	
Jenis	<i>Horizonzal Belt Conveyor</i>	
Bahan	Karet	
Spesifikasi :		
Kapasitas makasimal	32,0000 kg/jam	
Lebar belt	0,3556 m	14,0000 in
Luas area	0,0102 m ²	
Kecepatan belt normal	1,0160 m/s	
Kecepatan belt maks	1,5240 m/s	
Belt piles maks	5	
Belt piles min	3	
Kecepatan belt	0,5080 m/s	

Panjang belt	5 m	16,4042 ft
Power motor	0,5 Hp	

28. Perancangan *Belt Conveyor* – 03

Fungsi : Mengangkut natrium sulfat dari *Rotary dryer-01* ke
bucket elevator-03

Jenis : *Horizontal belt conveyor*

Perhitungan sama seperti pada perancangan *belt conveyor* – 01, dan didapatkan spesifikasinya sebagai berikut :

Resume		
Nama Alat	<i>Belt conveyor</i> – 03	
Kode	J-331	
Fungsi	Mengangkut natrium sulfat dari <i>Rotary dryer-01</i> ke <i>bucket elevator-03</i>	
Jenis	<i>Horizonzal Belt Conveyor</i>	
Bahan	Karet	
Spesifikasi :		
Kapasitas makasimal	32,0000 kg/jam	
Lebar belt	0,3556 m	14,0000 in
Luas area	0,0102 m ²	
Kecepatan belt normal	1,0160 m/s	
Kecepatan belt maks	1,5240 m/s	
Belt piles maks	5	
Belt piles min	3	
Kecepatan belt	0,5080 m/s	
Panjang belt	5 m	16,4042 ft

Power motor	0,5 Hp	
-------------	--------	--

29. Perancangan *Belt Conveyor – 04*

Fungsi : Mengangkut asam borat dari *Rotary dryer-02* ke *bucket elevator-04*

Jenis : *Horizontal belt conveyor*

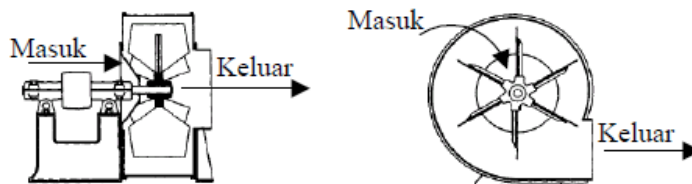
Perhitungan sama seperti pada perancangan *belt conveyor – 01*, dan didapatkan spesifikasinya sebagai berikut :

Resume		
Nama Alat	<i>Belt conveyor – 04</i>	
Kode	J-441	
Fungsi	Mengangkut asam borat dari <i>Rotary dryer-02</i> ke <i>bucket elevator-04</i>	
Jenis	<i>Horizonzal Belt Conveyor</i>	
Bahan	Karet	
Spesifikasi :		
Kapasitas makasimal	32,0000 kg/jam	
Lebar belt	0,3556 m	14,0000 in
Luas area	0,0102 m ²	
Kecepatan belt normal	1,0160 m/s	
Kecepatan belt maks	1,5240 m/s	
Belt piles maks	5	
Belt piles min	3	
Kecepatan belt	0,5080 m/s	
Panjang belt	5 m	16,4042 ft

Power motor	0,5 Hp	
-------------	--------	--

30. Perancangan *Blower* -01

- Tugas : Menghembuskan udara ke dalam Rotary Dryer
 Fungsi : Memindahkan udara dari udara bebas ke Rotary Dryer
 Type : Centrifugal Blower
 Dasar pemilihan : Sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi



Perhitungan rate udara :

$$\text{Massa udara} = 853,8672 \text{ kg/jam} = 1882,4548 \text{ lb/jam}$$

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

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

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

$$\text{Rate volumetric} = 1882,4548 \text{ lb/jam} / 0,07279 \text{ lb/cuft} = 732,3067 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Asumsi aliran turbulen :

Dipilih pipa 12 in sch 30 (Foust, App.c6A)

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

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

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

Perhitungan Power :

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

- dengan :
- Q = volumetrik gas ; cuft/mnt
 - P₁ = operating suction pressure ; psi
 - P₂ = operating discharge pressure ; psi

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

$$\text{HP} = 6,7097 \text{ HP}$$

Dengan asumsi efisiensi motor 80% maka : 9 HP

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

Spesifikasi

Fungsi : memindahkan udara dari udara bebas ke rotary dryer
Tipe : centrifugal blower
Bahan : Comersial steel
Rate volumetric : 431,0199 cuft/menit
Adiabatic head : 995 ft lbf/lbm gas
Efisiensi motor : 80%
Power : 9 HP
Jumlah : 1

31. Perancangan *Blower -02*

Tugas : Menghembuskan udara ke dalam Rotary Dryer
Fungsi : Memindahkan udara dari udara bebas ke Rotary Dryer
Type : Centrifugal Blower
Dasar pemilihan : Sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi

Perhitungan sama seperti pada perancangan *Blower – 01*, dan didapatkan spesifikasinya sebagai berikut :

Resume		
Nama Alat	<i>Blower -01</i>	
Kode	E-432	
Fungsi	Memindahkan udara dari udara bebas ke <i>rotary Dryer-02</i>	
Bahan	<i>Commercial Steel</i>	
Spesifikasi :		
Jumlah	1	

Rate volumetrik	665,4384 Cuft/menit	
<i>Adiabatic head</i>	995 ft.lbf/lbm gas	
Efisiensi motor	0,8	
Power	13 HP	

BAB VI

UTILITAS

Unit Penyediaan dan Pengolahan air

1. Air untuk keperluan umum jumlah total 1560 kg/jam
2. Air proses total 693,427 kg/jam dan make up 69,3427 kg/jam
3. Air untuk boiler total 81,5040 kg/jam dan make up 8,1504 kg/jam
4. Air untuk cooling tower 9012,8092 kg/jam dan make up 901,2809 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%

$P' = \text{tekanan uap air} = 0,04 \text{ atm}$

$P_1 = \text{tekanan udara} = 1 \text{ atm}$

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

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

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

Dari fig 1 Branam, didapat kompresor yang digunakan reciprocating

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

Compressor ratio = 1,3

Dipilih reciprocating compressor 1 stage horizontal

BM rata – rata = 28,14

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

$R = 8,314 \text{ J/molK}$

$n = 1,4$

$T_1 = 303 \text{ K}$

$P_2/P_1 = 1,3$

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

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

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

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

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

Standart NEMA = 1,5 HP

2. Alat yang digunakan

2.1 Cooling Tower

Fungsi : Tempat mendinginkan air pendingin dan mensirkulasikan kembali

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

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

Kecepatan pemasukan : $9012,8092\text{ kg/jam} = 40,4063\text{ gpm}$

Digunakan udara sebagai medium pendingin dengan $\text{RH} = 80\%$

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

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

Tabel 17.2 Kern hal 585 diperoleh humidity udara $28\text{ }^{\circ}\text{C} = 0,0272\text{ lb air/lb udara kering}$

Maka setiap lb udara kering membawa $0,0272\text{ lb air}$

Kehilangan air akibat penguapan (W_e)

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

$W_c = 9012,8092\text{ kg/jam}$

$W_e = 252,8093\text{ kg/jam} = 557,3484\text{ lb/jam}$

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

Udara yang dipindahkan = $20520,9290\text{ lb udara kering / jam}$

Kecepatan air $40,4063\text{ gpm}$

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

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

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

laju alir massa = $150,2135\text{ kg/menit}$

$Q_t = 5,3200\text{ cuft/menit} = 39,6430\text{ gpm}$

Cooling tower area = debit air yang diinginkan / kecepatan air = $5 / 5 = 1\text{ ft}$

Over design 20%

Luas cooling area = $9,5143\text{ ft}^2 = 0,8839\text{ m}^2$

Tinggi = $5,1136\text{ m}$

Maka tower rancangan berbentuk persegi

Kebutuhan make up air cooling tower

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

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

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

Dimana

W_m = jumlah make up water

W_e = air hilang karena penguapan

W_d = air hilang karena dikeluarkan

W_b = air hilang untuk blowdown

s = cycle of cooling tower = 5

$$W_b = W_e / (s-1) = 139,3371 \text{ lb/jam}$$

$$W_d = 0,1115 \text{ lb/jam}$$

Jadi,

$$W_m = W_e + W_d + W_b = 696,7970 \text{ lb/jam} = 7585,4924 \text{ kg/hari}$$

Daya penggerak fan cooling tower

Performance cooling tower 90%

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

$$\text{Tenaga yang dibutuhkan (BHP)} = \text{luas tower} \times \text{daya penggerak fan} = 0,2854$$

HP

Efisiensi motor 80%

$$\text{Power motor} = \text{BHP} = 0,3568 \text{ HP}$$

Digunakan 1 fan dengan motor 8 HP

2.2 Bak Penampung sementara (BU01)

Tugas : menampung air dan selanjutnya didistribusikan ke semua pengolahan air

Kapasitas 11347,74 kg/jam

Dirancang overdesign 20% dan waktu tinggal dalam tangki 1 jam

$$\text{Volume tangki} = 11,3974 \text{ m}^3$$

$$\text{Dimensi tangki : } L = 1,1957 \text{ m}$$

$$P = 2,3915 \text{ m}$$

$$T = 4,7829 \text{ m}$$

Bahan digunakan adalah beton

2.3 Demineralizer

Cation Exchanger

Bahan : Stainless stell 304

Tugas : Menurunkan kesadahan air umpan boiler

Resin : Natural Greensadn Zeolit

Kapasitas

Jumlah air diolah (W) : 81,5040 kg/jam

Densitas (p) : 995,647 kg/m³

Overdesign : 20%

Kapasitas : $1,2 \times W / p = 0,0982 \text{ m}^3/\text{jam}$

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 gpm / ft² = 7,3334 m³/jam m²

Luas tampang kolom $A = Q / \text{kec air} = 0,0134 \text{ m}^2$

Diameter = $D = (4 A / \pi)^{0,5} = 0,1306 \text{ m}$

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 =

= $(70 \text{ ppm} / 1000000) \times 628,35 \text{ kg/jam} \times 16 \text{ jam} = 0,0913 \text{ kg} = 1408,7330$
grain

Volume bed zeolite $V = \text{kesadahan air yang dihilangkan} / \text{kapasitas zeolite} = 0,0133 \text{ m}^3$

Tinggi bed zeolite : 0,9927 m

Tinggi cairan di atas bed : 0,25 m

Tinggi cairan di bawah bed : 0,25 m

Tinggi kolom : 1,4927 m

Kebutuhan HCl untuk regenerasi

Efisiensi regenerasi : 0,5 lb / 1000 grain hardness

Jumlah HCl : 0,7044 lb/ waktu siklus

: 0,3195 kg/waktu siklus

Anion Exchanger

Tugas : Menghilangkan anion dari air keluaran kation exchanger

Resin : Synthetix resin anion exchanger

Kapasitas : $W = 81,5040 \text{ kg/jam}$

$$p : 995,647 \text{ kg/m}^2$$

Overdesign: 20%

$$\text{Kapasitas} : 1,2 \times W / p = 0,0982 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Perancangan waktu siklus anion exchanger

$$\text{Waktu operasi} : t_o = 22,5 \text{ jam}$$

$$\text{Waktu pencucian} : t_w = 0,5 \text{ jam}$$

$$\text{Waktu regenerasi} : t_r = 1 \text{ jam}$$

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

Karakteristik synthertic resin anion exchanger

$$\text{Kapasitas} = 10000 - 22000 \text{ grain / cuft (Nalco, 1978)}$$

$$\text{Kecepatan aliran air} = 5 - 7,5 \text{ gpm / ft}^2$$

$$\text{Kebutuhan regenerasi NaOH} = 12 \text{ lb/cuft}$$

Dirancang :

$$\text{Kecepatan air diambil} 5 \text{ gpm / ft}^2 = 12,2224 \text{ m}^3 / \text{jam m}^2$$

$$\text{Luas kolom A} = Q / \text{kec air} = 0,0080 \text{ m}^2$$

$$\text{Diameter} = (4 \times A / \pi)^{0,5} = 0,1012 \text{ m}$$

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

$$\text{Dipakai kapasitas resin} = 10000 \text{ grain / cuft}$$

Diperkirakan :

$$\text{Total anion sebelum lewat AEU} = 70 \text{ ppm}$$

$$\text{Total anion setelah lewat AEU} = 0 \text{ ppm}$$

Total anion yang dihilangkan selama waktu operasi = 0,1284 kg = 1981,0308 grain

Volume bed resin $V = \text{kesadahan air dihilangkan} / \text{kapasitas resin} = 0,1981 \text{ cuft}$

Volume bed resin $V = 0,0056 \text{ m}^3$

Tinggi bed zeolite = 0,6980 m

Tinggi cairan diatas bed = 0,25 m

Tinggi cairan dibawah bed = 0,25

Tinggi kolom = 1,1980 m

Kebutuhan NaOH untuk regenerasi

Efisiensi regenerasi = 12 lb/cuft

Jumlah NaOH = 60,5745 lb/waktu siklus

= 27,4762 kg/waktu siklus

2.4 Tangki Air Umpan Boiler (TU-05)

Bahan : Carbon steel

Tugas : Menampung sementara air make up boiler dan ion exchanger

Kecepatan volumetrik : 0,0982 m³/jam

Waktu tinggal : 6 jam (Perry 1997)

Volume terisi : 80%

Volume bak : $F_v \times t / 80\% = 0,7367 \text{ m}^3$

Diambil H/D = 1,5

Diameter tangki = 0,8553 m

Tinggi tangki = 1,2829 m

2.5 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 : 81,5040 kg/jam = 4,5242 kmol/jam

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

Massa jenis air: 995,647 kg/m³

Massa jenis steam : 955,7704 kg/m³

Viskositas air : 1 cP = 0,001 Ns/m²

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

$$FL_v = 0,08$$

Dari fig 11.44 Coulson dengan dP/m diambil 10 mm air/m

Didapat K₄ = 0,5

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

$$V_w' = ((0,58 \times 955,7704 \times (997 - 955,7704) / (42,9 \times 160 \times (0,001/997)^{0,1}))^{0,5}$$

$$V_w' = 3,324 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

$$\text{Luas penampang} = 1000 / (2,618 \times 3600) = 0,0836 \text{ m}^2$$

$$\text{Diameter bed} = (4 \times 0,11 / 3,14)^{0,5} = 0,3263 \text{ m}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$H \text{ total} = H_s + 2 H_h = 1,165 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 3,14 \times (0,375/2)^{0,5} \times 1,435$$

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

$$\text{Volume} = 26,3122 \text{ gallon}$$

2.6 Boiler

Tugas : menyediakan steam jenuh untuk memenuhi kebutuhan steam

Jenis : Water tube boiler

Jumlah steam : 81,5040 kg/jam = 179,7245 lb/jam

Dari steam table

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

$T = 302 \text{ }^\circ\text{F}$ (suhu dipakai $150 \text{ }^\circ\text{C}$, tetapi dibuat $157 \text{ }^\circ\text{C}$ asumsi hilang $7 \text{ }^\circ\text{C}$ saat berjalan ke proses

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

$$H_f = 752,84 \text{ BTU/lb}$$

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

Efisiensi boiler 85%

$$\text{Air umpan} = 95,9 \text{ kg/jam}$$

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

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

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

$$\text{Beban boiler} = 206289 \text{ BTU/jam}$$

Digunakan bahan bakar fuel oil (solar) dengan spesifikasi

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

$$\text{Densitas} = 0,846 \text{ kg/L}$$

Efisiensi 80%

$$\text{Kebutuhan solar} = Q / (F \times \eta) = 6,68 \text{ L/jam}$$

$$\text{Kebutuhan solar} = 160,42 \text{ L/hari}$$

2.7 Tangki Larutan N_2H_2

Tugas : membuat larutan N_2H_2 yang mencegah pembentukan kerak dalam proses

$$\text{Air yang diolah sebanyak } 81,5040 \text{ kg/jam} = 0,0815 \text{ m}^3/\text{jam} = 21,5322 \text{ gallon/jam}$$

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

$$= ((30/1000000) \times 160) = 0,0024 \text{ kg/jam} = 0,1294 \text{ lb/hari}$$

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

$$\text{Volume } \text{N}_2\text{H}_2 = 0,0021 \text{ cuft/hari}$$

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

Overdesign 20%

Dibuat larutan N_2H_2 5 %

Volume larutan = 1,2440 cuft = 0,0352 m³

Volume tangki = 0,0423 m³

Bentuk tangki = silinder tegak

Ukuran tangki = H/D = 1

= 0,3776 m , jadi H = D = 0,3776 m

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

Spesifikasi :

Jenis

Diameter : 1,4279 m

Tinggi : 1,4279 m

Jenis pengaduk: marine propeller 3 blade

Bahan : Stainless stell

2.8 Tangki Karbon Aktif

Fungsi : Membersihkan air dari bau dan rasa yang kurang sedap

Bahan : Carbon steel

Air diolah sebanyak : 1160 kg/jam = 220648,1472 gallon/bulan

Kebutuhan karbon aktif : 6 lb/ 100000 gallon

Kebutuhan karbon aktif = 6 x 220648,1472 / 100000 = 13,2389 lb/bulan

p karbon aktif = 27 lb/cuft

Volume = 0,4903 cuft

Overdesign 20% maka $V = 0,5884 \text{ cuft}$

Bentuk tangki $H/D = 2$

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

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

$$D = 0,7210 \text{ ft} = 0,2198 \text{ m}$$

$$H = 0,4395 \text{ m} = 1,4419 \text{ ft}$$

2.9 Tangki kaporit

Tugas : Menyiapkan dan menyimpan larutan kaporit 5% untuk persediaan 1 minggu

Jumlah air yang diolah = 1160 kg/jam

Kebutuhan kaporit = 5 ppm

Kebutuhan kaporit = 0,0058 kg/jam

Kebutuhan larutan kaporit 5% = 0,1160 kg/jam

Densitas larutan dianggap 997 kg/m³

Keperluan 1 bulan :

$$\text{Volume cairan} = 30 \times 24 \times (0,009/997) = 0,0838 \text{ m}^3$$

Overdesign 20% maka = 0,1005 m³

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

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

$$D = 0,4001 \text{ m}$$

$$H = 0,8001 \text{ m}$$

Bahan = Fiber

3.0 Tangki Air Sanitasi

Fungsi : menampung air bersih untuk perkantoran sehari - hari

Bahan : Fiber

Air ditampung : 1160 kg/ jam = 1,16 m³ / jam

Kapasitas 7 hari kedepan:

Overdesign 20%

Bentuk : silinder vertical

Volume : 233,8560 m³

D/H = 2

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

H = 5,3009 m

D = 10,6018 m

3.1 Tangki Larutan HCl

Tugas : Membuat larutan HCl yang akan digunakan regenerasi Kation exchanger

Densitas : 62,2 lb/cuft

Dibuat larutan HCl : 5%

Volume kation exchanger : 0,4696 cuft = 0,0133 m³

HCl dibutuhkan : 21,1310 lb

Overdesign : 20%

Volume tangki : 0,0115 m³

Bentuk tangki : silinder tegak

Ukuran tangki : $H/D = 1$
 $V = (\pi/4) D \times D \times D \rightarrow D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}}$

$D = 0,2449 \text{ m}$

$H = 0,2449 \text{ m}$

Digunakan motor listrik 0,5 HP dengan putaran 20 rpm

Spesifikasi :

Jenis : silinder tegak

Volume : $0,0115 \text{ m}^3$

Diameter : $0,2449 \text{ m}$

Tinggi : $0,2449 \text{ m}$

Jenis pengaduk: Marine Propeler 3 blade

Bahan : Stainless steel 304

3.2 Tangki Larutan NaOH

Tugas : Membuat larutan NaOH yang akan digunakan regenerasi Anion exchanger

Densitas : $62,2 \text{ lb/cuft}$

Dibuat larutan NaOH : 5%

Volume anion echanger: $0,1981 \text{ cuft} = 0,0056 \text{ m}^3$

NaOH dibutuhkan : $1817,2358 \text{ lb}$

Volume NaOH : $29,1972 \text{ cuft} = 0,8268 \text{ m}^3$

Overdesign : 20%

Volume tangki : 0,9921 m³

Bentuk tangki : silinder tegak

Ukuran tangki : H/D = 1

$$V = (\pi/4) D \times D \times D \rightarrow D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}}$$

D = 1,0812 m

H = 1,0812 m

Digunakan motor listrik 0,5 HP dengan putaran 20 rpm

Spesifikasi :

Jenis : silinder tegak

Volume : 0,99 m³

Diameter : 1,0812 m

Tinggi : 1,0812 m

Jenis pengaduk: Marine Propeler 3 blade

Bahan : Stainless steel 304

3.3 Tangki Air Pendingin Cooling tower

Tugas : Menampung air make up dan air pendingin yang telah digunakan

Jenis : tangki silinder tegak

Jumlah air : 9012,8092 kg/jam = 9,0128 m³/jam

Overdesign 10% waktu tinggal 1 jam

V tangki : 9,9141 m³

Dimensi tangki : D = H = (4 x V / pi)^(1/3) = 2,3288

3.4 Tangki Demineralizer

Tugas : Menampung air pendingin yang siap digunakan

Jenis : tangki silinder tegak

Jumlah air : 81,5040 kg/jam = 0,0815 m³/jam

Overdesign 10% waktu tinggal 1 jam

V tangki : 0,0897 m³

Dimensi tangki : $D = H = (4 \times V / \pi)^{(1/3)} = 0,4852 \text{ m}$

3.5 Pompa 1

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

Kondisi air suhu 28°C , didapatkan :

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

miu campuran = 0,8150 cp = 0,0005 lb/ft s

Menentukan kapasitas pompa

$$Q_f = \frac{\text{Kapasitas}}{\rho} = 0,8798 \text{ m}^3 / \text{jam} = 0,1118 \text{ cuft /sekon} = 50,1808 \text{ gpm}$$

Diambil overdesign 20%

Faktor keamanan = 20%

Sehingga kapasitas pompa = $Q = 0,1118 \text{ cuft/s} = 50,1808 \text{ gpm}$

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

$$D_{opt} = 3,0 Q^{0,36} \mu^{0,18} \quad (\text{Walas, 1988}) = 0,9289 \text{ in}$$

Digunakan pipa standart (Tabel 11 hal 844)

D nominal : 1 in

ID : 3,068 in

OD : 3,5 in

Sch : 40

Flow area perpipa (A) : $7,3872 \text{ in}^2 = 0,0513 \text{ ft}^2$

Menghitung kecepatan linier fluida (v)

$V = Q / A$ dengan :

Q = Laju alir volumetric (cuft/s)

A = luas penampang (ft^2)

$v = 2,1794 \text{ ft/s} = 0,6643 \text{ m/s}$

Menghitung bilangan Reynold

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

$\rho = \text{densitas cairan} = 62,1563 \text{ lb/cuft}$

$D = 0,2557 \text{ ft}$

$V = 2,1794 \text{ ft/s}$

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

$NRe = 63234,2131$ ($NRe > 2100$ 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 :

Dv = beda kecepatan linier fluida

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

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

Dz = beda elevasi

$g =$ konstanta gravitasi m/s^2

$p =$ densitas fluida lb/cuft

SF = total friksi pada sistem pemipaan

-Wf = Total head

Menghitung velocity head

Velocity head = $v^2 / 2 g_c$, dimana

$g = 9,8 \text{ m/s}$

$v = 0,4383 \text{ m/s}$

maka velocity head = $0,0738 \text{ ft}$

Menghitung static head

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

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

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

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

Menghitung pressure head

Tekanan B-01 1 atm

Tekanan dalam T-01 1 atm

Pressure head = $\text{delta P} / p = 0$

Menghitung friction head

NRe = $63234,2131$

ID = $3,068 \text{ in}$, diperoleh :

Relative Roughness $\epsilon/D = 0,0014$ (Grafik 126 Brown halaman 141)

$f = 0,028$ (Grafik 125 Brown halaman 140)

Komponen	Jumlah	Le/D		L atau Le m
		ft	m	
Pipa Lurus :				
Horizontal	3	18.3727	5.6	16.8
Vertikal	3	18.3727	5.6000	16.8000
Elbow 90°	4	41.01049869	12.5000	50.0000
Gate Valve	1	49.21259843	15.0000	15.0000

Sumber : Coulson Richadson Halaman 203

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

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

f = faktor friksi = 0,028

V = kecepatan linier fluida = 1,4355 ft/s

Le = Panjang ekuivalen = 323,4908 ft

gc = faktor konversi = 32174 lb ft / lbf s²

D = diameter dalam pipa = 0,0874 ft

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

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

Menghitung total head

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

$$-Ws = 1,0415 \text{ m} = 3,4169 \text{ ft}$$

$$Q = 1,2668 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Total head = 1,0415 m (Grafik 5.6 Coulson Hal199)

Diperoleh jenis pompa : Centrifugal single stage 3500 rpm

Menghitung Pompa Teoritis

Tenaga pompa dapat dicari dengan persamaan

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

Diketahui :

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

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

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

sehingga

$$\text{BHP Teoritis} = 0,0049 \text{ HP}$$

Menghitung tenaga pompa actual

$$\text{BHP teoritis} = 0,0049 \text{ HP}$$

$$\text{Kapasitas pompa} = 4,6443 \text{ gpm}$$

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

$$\text{BHP actual} = \text{BHP teoritis} / \text{efisiensi} = 0,0049 / 0,2 = 0,0247 \text{ HP}$$

Menghitung Power Motor

$$\text{BHP actual} = 0,0247 \text{ HP}$$

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

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

$$\text{Power motor} = 0,0308 \text{ HP} = 22,9793 \text{ watt}$$

$$\text{Standar NEMA} = 1/2 \text{ HP}$$

Menghitung Specific Pump Speed

$$N_s = \frac{N * Q^{0.5}}{(h)^{0.75}}$$

(Pers 5.1 Coulson)

$N = 3500$ rpm (Grafik 5.6 Coulson hal 200)

$Q = 4,6359$ gpm

$h = 1,9912$ ft

$N_s = 3001,2483$ rpm

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

1. $N_s = 400 - 1000$, dipilih Radial Flow Impellers
2. $N_s = 1000 - 7000$ dipilih Mixed Flow Impellers
3. $N_s > 7000$ dipilih Axial Flow Impellers

Sehingga untuk pompa dengan $N_s = 3001,2483$ rpm digunakan pompa jenis Mixed flow impellers

Resume		
Nama Alat	Pompa utilitas-01	
Kode		
Fungsi	Mengalirkan air dari BU-01 ke TU-01	
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Rate Volumetrik	402,4930 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	2,1794 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	6 in

	Sch. Number	40
	OD	3,5 in
	ID	3,068 in
	Flow Area	7,3872 in ²
Power Motor	2 Hp	
Jumlah	1	

3.6 Pompa utilitas – 02

Perhitungan sama seperti pompa utilitas – 01 dan didapat spesifikasi sebagai berikut :

Resume		
Nama Alat	Pompa utilitas-02	
Kode		
Fungsi	Mengalirkan air dari TU-01 ke TU-02	
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Rate Volumetrik	0,0114 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	28,5722 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	1/8 in
	Sch. Number	40
	OD	0,405 in
	ID	0,269 in
	Flow Area	0,0576 in ²
Power Motor	11 Hp	
Jumlah	1	

3.7 Pompa utilitas - 03

Perhitungan sama seperti pompa utilitas – 01 dan didapat spesifikasi sebagai berikut :

Resume		
Nama Alat	Pompa utilitas-03	
Kode		
Fungsi	Mengalirkan air dari BU-01 ke TU-06	
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Rate Volumetrik	0,0114 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	28,5722 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	1/8 in
	Sch. Number	40
	OD	0,405 in
	ID	0,269 in
	Flow Area	0,0576 in ²
Power Motor	11 Hp	
Jumlah	1	

3.8 Pompa utilitas - 04

Perhitungan sama seperti pompa utilitas – 01 dan didapat spesifikasi sebagai berikut :

Resume	
Nama Alat	Pompa utilitas-04
Kode	
Fungsi	Mengalirkan air dari BU-01 ke TU-08

Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Rate Volumetrik	319,6753 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	2,6747 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	5 in
	Sch. Number	40
	OD	2,875 in
	ID	2,469 in
	Flow Area	4,7808 in ²
Power Motor	3 Hp	
Jumlah	1	

3.9 Pompa utilitas - 05

Perhitungan sama seperti pompa utilitas – 01 dan didapat spesifikasi sebagai berikut :

Resume		
Nama Alat	Pompa utilitas-05	
Kode		
Fungsi	Mengalirkan air dari TU-08 ke TU-03	
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Rate Volumetrik	2,8909 ft ³ /s	

Kecepatan Aliran	2,0075 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	2 in
	Sch. Number	40
	OD	0,405 in
	ID	0,269 in
	Flow Area	0,0576 in ²
Power Motor	0,5 Hp	
Jumlah	1	

4.0 Pompa utilitas - 06

Perhitungan sama seperti pompa utilitas – 01 dan didapat spesifikasi sebagai berikut :

Resume		
Nama Alat	Pompa utilitas-06	
Kode		
Fungsi	Mengalirkan air dari TU-03 ke TU-04	
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Rate Volumetrik	2,8909 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	2,0075 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	2 in
	Sch. Number	40
	OD	0,405 in
	ID	0,269 in
	Flow Area	0,0576 in ²
Power Motor	0,5 Hp	

Jumlah	1
--------	---

4.1 Pompa utilitas - 07

Perhitungan sama seperti pompa utilitas – 01 dan didapat spesifikasi sebagai berikut :

Resume		
Nama Alat	Pompa utilitas-07	
Kode		
Fungsi	Mengalirkan air dari TU-04 ke TU-05	
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Rate Volumetrik	2,8909 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	2,0075 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	2 in
	Sch. Number	40
	OD	0,405 in
	ID	0,269 in
	Flow Area	0,0576 in ²
Power Motor	0,5 Hp	
Jumlah	1	

4.2 Pompa utilitas - 08

Perhitungan sama seperti pompa utilitas – 01 dan didapat spesifikasi sebagai berikut :

Resume	
Nama Alat	Pompa utilitas-08

Kode		
Fungsi	Mengalirkan air dari TU-05 ke De	
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Rate Volumetrik	2,8909 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	2,0075 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	2 in
	Sch. Number	40
	OD	0,405 in
	ID	0,269 in
	Flow Area	0,0576 in ²
Power Motor	0,5 Hp	
Jumlah	1	

4.3 Pompa utilitas - 09

Perhitungan sama seperti pompa utilitas – 01 dan didapat spesifikasi sebagai berikut :

Resume	
Nama Alat	Pompa utilitas-09
Kode	
Fungsi	Mengalirkan air dari De ke BL
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>

Rate Volumetrik	2,8909 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	2,0075 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	2 in
	Sch. Number	40
	OD	0,405 in
	ID	0,269 in
	Flow Area	0,0576 in ²
Power Motor	0,5 Hp	
Jumlah	1	

4.4 Pompa utilitas - 10

Perhitungan sama seperti pompa utilitas – 01 dan didapat spesifikasi sebagai berikut :

Resume		
Nama Alat	Pompa utilitas-10	
Kode		
Fungsi	Mengalirkan air dari TU-05 ke Mixer	
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Rate Volumetrik	2,8909 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	2,0075 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	2 in
	Sch. Number	40
	OD	0,405 in
	ID	0,269 in
	Flow Area	0,0576 in ²

Power Motor	0,5 Hp
Jumlah	1

4.5 Pompa utilitas - 11

Perhitungan sama seperti pompa utilitas – 01 dan didapat spesifikasi sebagai berikut :

Resume		
Nama Alat	Pompa utilitas-11	
Kode		
Fungsi	Mengalirkan air dari TU-06 ke CT	
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Rate Volumetrik	20,4960 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	4,2807 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	1/5 in
	Sch. Number	40
	OD	0,675 in
	ID	0,493 in
	Flow Area	0,1915 in ²
Power Motor	1/2 Hp	
Jumlah	1	

4.6 Pompa utilitas - 12

Perhitungan sama seperti pompa utilitas – 01 dan didapat spesifikasi sebagai berikut :

Resume	
Nama Alat	Pompa utilitas-12

Kode		
Fungsi	Mengalirkan air dari CT ke TU-07	
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Rate Volumetrik	319,6753 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	1,7310 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	5 in
	Sch. Number	40
	OD	3,5 in
	ID	3,068 in
	Flow Area	7,3872 in ²
Power Motor	3 Hp	
Jumlah	1	

4.7 Pompa utilitas - 13

Perhitungan sama seperti pompa utilitas – 01 dan didapat spesifikasi sebagai berikut :

Resume	
Nama Alat	Pompa utilitas-13
Kode	
Fungsi	Mengalirkan air dari TU-02 ke perkantoran
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>

Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Rate Volumetrik	0,0114 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	28,5722 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	1/8 in
	Sch. Number	40
	OD	0,405 in
	ID	0,269 in
	Flow Area	0,0576 in ²
Power Motor	11 Hp	
Jumlah	1	

1. Perancangan Kebutuhan Listrik

Kebutuhan listrik untuk pabrik meliputi :

1. Listrik untuk keperluan proses dan pengolahan air

Nama dan alat proses	Power, Hp	Jumlah	Σ power, Hp
Mixer - 01	5,0	1	5,0
Reaktor	11	3	33
Centrifuge - 01	6,0	1	6,0
Centrifuge - 02	6,0	1	6,0
Rotary dryer - 01	6,0	1	6,0
Rotary dryer - 02	4	1	4
Pompa - 01	1	1	1
Pompa - 02	1	1	1

Pompa - 03	1	1	1
Pompa - 04	1	1	1
Pompa - 05	1	1	1
Pompa - 06	1 1/2	1	1 1/2
Bucket elevator - 01	2	1	2
Bucket elevator - 02	2,5	1	2,5
Bucket elevator - 03	2	1	2
Bucket elevator - 04	2	1	2
Belt conveyor - 01	0,5	1	0,5
Belt conveyor - 02	0,5	1	0,5
Belt conveyor - 03	0,5	1	0,5
Belt conveyor - 04	0,5	1	0,5
Screw conveyor	1	1	1
Crystallizer	2	1	2
Blower - 01	9,0	1	9,0
Blower - 02	13,0	1	13,0
Total =	86,1		

Power yang dibutuhkan 64,1966 kW

2. Listrik untuk utilitas

Nama dan alat proses	Power, Hp	Jumlah	Σ power, Hp
Cooling Tower	8	1	8
Pompa-01	2	1	2
Pompa-02	11	1	11

Pompa-03	11	1	11
Pompa-04	0,50	1	0,50
Pompa-05	0,50	1	0,50
Pompa-06	0,50	1	0,50
Pompa-07	0,50	1	0,50
Pompa-08	0,50	1	0,50
Pompa-09	0,50	1	0,50
Pompa-10	0,50	1	0,50
Pompa-11	0,50	1	0,50
Pompa-12	3,0	1	3,0
Pompa-13	3,0	1	3,0
Pompa-14	11	1	11
Tangki N ₂ H ₂	0,50	1	0,5000
Tangki NaOH	0,50	1	0,50
Tangki HCl	0,50	1	0,50
Total			57

Diketahui 1 HP = 0,7457 kW

Power dibutuhkan = 42,5049 KW

3. Listrik untuk penerangan dan AC

Listrik untuk AC diperkirakan sebesar 5000W = 5 kW

Listrik untuk penerangan diperkirakan sebesar = 100 kW

4. Listrik untuk laboratorium dan bengkel

Listrik untuk laboratorium dan bengkel diperkirakan sebesar = 40 kW

5. Listrik untuk Instrumentasi

Listrik yang digunakan diperkirakan sebesar = 5 kW

Total kebutuhan listrik = 288,5039 kW

Emergency generator yang digunakan mempunyai efisiensi 80%

Maka input generator = $288,5039 / 80\% = 360,6299$ kW

Digunakan input generator 500 kW

Untuk keperluan lainnya = $139,3701$ kW x 80% = 111,4961 kW

Spesifikasi generator

Tipe = AC Generator

Kapasitas = 500 kW

Efisiensi = 80%

Frekuensi = 50 Hz

Bahan bakar = Solar

Kebutuhan bahan bakar untuk generator set

Jenis bahan bakar = Solar

Heating value = 18135 (<http://Indonesia-property.com>)

Efisiensi bahan bakar = 80%

p solar = 53 lb/cuft (<http://indonesia-property.com>)

Kapasitas input generator = $500 \times 3412,412 = 1706206$ BTU/jam

Kebutuhan solar = $1706206 / (80\% \times 53 \times 18315) = 2,1971$ cuft/jam

Tangki bahan bakar untuk generator

Fungsi : menampung bahan bakar solar untuk generator

Jenis : Tangki silinder horizontal

Kebutuhan solar: $0,0622$ m³/jam = 1,4923m³/hari

Kebutuhan solar boiler : $6,6842$ m³/jam = 0,0067 m³/hari

Kebutuhan solar total : $0,0570$ m³/jam = 860,9971 m³/th

Waktu tinggal : 3 hari

Tangki dirancang 20%

V tangki : 5,9498 m³

$V = \pi/4 \times D \times D \times H$ dan $D = H$ maka

$V = \pi/4 \times D \times D \times D$

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

$D = 1,9643 \text{ m}$

$H = 1,9643 \text{ m}$

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 : 12.000 ton / tahun

Pabrik beroperasi : 330 hari kerja

Umur alat : 10 tahun

Nilai kurs 1 USD : 14040 per tanggal 01 Maret 2019 (kursdollar.net)

Tahun evaluasi : 2019

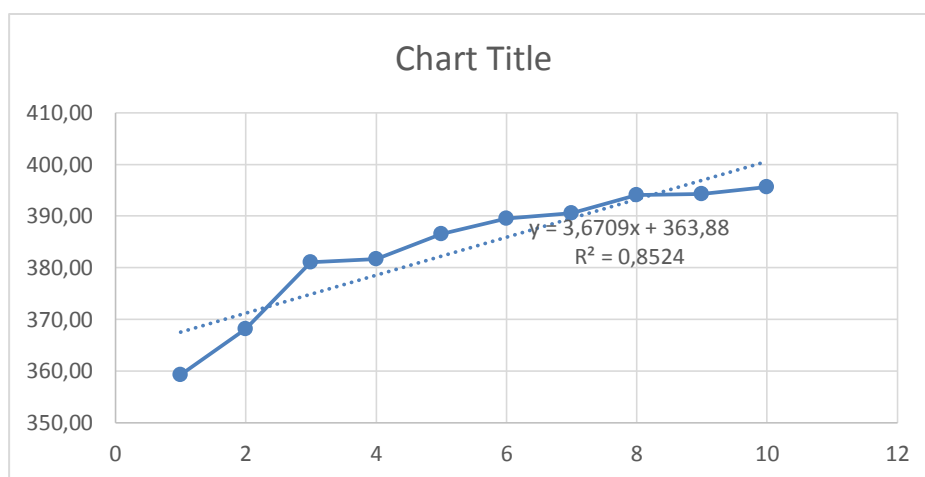
Harga alat pada tahun : 2014

Pabrik didirikan pada tahun 2023

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	395,6

Dibuat grafik indexes VS tahun di excel



Dari grafik diatas diperoleh persamaan $y = 3,6709 x + 363,88$

Tahun 2019 adalah tahun ke 27 maka x masukkan angka 27, ketemu indeks tahun 2019

Tahun 2023 = 477,6779

Tahun 2019 = 462,9943

Tahun 2012 = 437,298

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

Harga alat untuk proses							
No	Nama Alat	Variabel Penentu	Jumlah	Harga 2014(\$)	Harga 2023(\$)	Harga Total (\$)	Total harga (Rp)
1	<i>Mixer</i>	Volume	1	Rp 377.500,00	Rp 405.549,41	Rp 405.549,41	Rp 5.693.913.675,27
2	Reaktor	Volume	3	Rp 106.600,00	Rp 114.520,71	Rp 343.562,12	Rp 4.823.612.167,82
3	<i>Centrifuge-01</i>	Diameter	1	Rp 12.800,00	Rp 13.751,08	Rp 13.751,08	Rp 193.065.152,43
4	<i>Centrifuge-02</i>	Diameter	1	Rp 12.800,00	Rp 13.751,08	Rp 13.751,08	Rp 193.065.152,43
5	<i>Rotary dryer-01</i>	A	1	Rp 101.200,00	Rp 108.719,47	Rp 108.719,47	Rp 1.526.421.361,42
6	<i>Rotary dryer-02</i>	A	1	Rp 96.700,00	Rp 103.885,11	Rp 103.885,11	Rp 1.458.546.893,77
7	<i>Cyclone-01</i>	Aliran udara per menit	1	Rp 3.200,00	Rp 3.437,77	Rp 3.437,77	Rp 48.266.288,11
8	<i>Cyclone-02</i>	Aliran udara per menit	1	Rp 5.300,00	Rp 5.693,81	Rp 5.693,81	Rp 79.941.039,68
9	<i>Crystallizer</i>	Volume	2	Rp 57.800,00	Rp 62.094,72	Rp 124.189,43	Rp 1.743.619.657,91
10	<i>Heater-01</i>	A	1	Rp 2.400,00	Rp 2.578,33	Rp 2.578,33	Rp 36.199.716,08

11	<i>Heater-02</i>	A	1	Rp 500,00	Rp 537,15	Rp 537,15	Rp 7.541.607,52
12	<i>Cooler</i>	A	1	Rp 6.200,00	Rp 6.660,68	Rp 6.660,68	Rp 93.515.933,21
13	<i>Belt conveyer-03</i>	D, Panjang	1	Rp 6.000,00	Rp 6.445,82	Rp 6.445,82	Rp 90.499.290,20
14	<i>Belt conveyer-04</i>	D, panjang	1	Rp 6.000,00	Rp 6.445,82	Rp 6.445,82	Rp 90.499.290,20
15	Tangki H ₂ SO ₄	Volume	1	Rp 41.000,00	Rp 44.046,43	Rp 44.046,43	Rp 618.411.816,39
16	Silo Boraks	Volume	1	Rp 20.900,00	Rp 22.452,93	Rp 22.452,93	Rp 315.239.194,21
17	Silo Produk	Volume	1	Rp 16.800,00	Rp 18.048,29	Rp 18.048,29	Rp 253.398.012,57
18	Silo Produk samping	Volume	1	Rp 7.800,00	Rp 8.379,56	Rp 8.379,56	Rp 117.649.077,26
19	<i>Bucket elevator-01</i>	Tinggi	1	Rp 10.000,00	Rp 10.743,03	Rp 10.743,03	Rp 150.832.150,34
20	<i>Bucket elevator-02</i>	Tinggi	1	Rp 13.900,00	Rp 14.932,81	Rp 14.932,81	Rp 209.656.688,97
21	<i>Bucket elevator-03</i>	Tinggi	1	Rp 9.600,00	Rp 10.313,31	Rp 10.313,31	Rp 144.798.864,32
22	<i>Bucket elevator-04</i>	Tinggi	1	Rp 8.600,00	Rp 9.239,01	Rp 9.239,01	Rp 129.715.649,29
23	<i>Hopper</i>	Volume	1	Rp	Rp	Rp	Rp

				36.500,00	39.212,06	39.212,06	550.537.348,73
24	<i>Belt conveyor-01</i>	Lebar, Panjang	1	Rp 6.000,00	Rp 6.445,82	Rp 6.445,82	Rp 90.499.290,20
25	<i>Belt conveyor-02</i>	Lebar, Panjang	1	Rp 6.000,00	Rp 6.445,82	Rp 6.445,82	Rp 90.499.290,20
26	Pompa-01	Diameter pipa	2	Rp 4.300,00	Rp 4.619,50	Rp 9.239,01	Rp 129.715.649,29
27	Pompa-02	Diameter pipa	2	Rp 4.300,00	Rp 4.619,50	Rp 9.239,01	Rp 129.715.649,29
28	Pompa-03	Diameter pipa	2	Rp 4.300,00	Rp 4.619,50	Rp 9.239,01	Rp 129.715.649,29
29	Pompa-04	Diameter pipa	2	Rp 4.300,00	Rp 4.619,50	Rp 9.239,01	Rp 129.715.649,29
30	Pompa-05	Diameter pipa	2	Rp 4.300,00	Rp 4.619,50	Rp 9.239,01	Rp 129.715.649,29
31	Pompa-06	Diameter pipa	2	Rp 4.300,00	Rp 4.619,50	Rp 9.239,01	Rp 129.715.649,29
32	<i>Screw conveyor</i>	Diameter panjang	1	Rp 5.300,00	Rp 5.693,81	Rp 5.693,81	Rp 79.941.039,68
33	<i>Blower -01</i>	Kapasitas (cuft/menit)	1	Rp 2.100,00	Rp 2.256,04	Rp 2.256,04	Rp 31.674.751,57
34	<i>Blower -02</i>	Kapasitas (cuft/menit)	1	Rp 2.800,00	Rp 3.008,05	Rp 3.008,05	Rp 42.233.002,09
	Total					Rp	Rp

						1.396.593,98	21.596.147.285,44
--	--	--	--	--	--	--------------	-------------------

Harga upah buruh di Banten Rp 3867874,4= 18596/ jam

Physical Plant Cost (PPC)

PPC = USD 1.538.187,13 = Rp 21.596.147.285

1. Delivered equipment cost (DEC)

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

DEC = 10% x Rp 21.596.147.285 = Rp 2.159.614.728,54

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

Material 11% PEC = 11% x Rp 21.596.147.285 = Rp 2.375.576.201,40

Buruh 32% PEC = 32% x Rp 21.596.147.285 = Rp 6.910.767.131,34

Jumlah manhour = Rp 6.274.617.454,07/ (Rp 18.596/manhour) = 371636
manhour

Buruh lokal 100% = Rp 6.910.767.131,34

Total cost = Rp 9.286.343.332,74

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

Material 43% PEC = 43% x Rp 21.596.147.285 = Rp 9.286.343.332,74

Buruh 37% PEC = 37% x Rp 21.596.147.285 = Rp 7.990.574.495,61

Jumlah manhour = Rp 7.990.574.495,61/ (Rp 18.596/ manhour) = 429.703,58

Buruh lokal (100%)= Rp 7.990.574.495,61

Total cost = Rp 17.276.917.828,35

4. Instrumentasi (biaya pemasangan alat alat control) 8 – 50% (Peters,2003)

Material 20% PEC = 20% x Rp 21.596.147.285 = Rp 4.319.229.457,09

Buruh 5% PEC = 10% x Rp 21.596.147.285 = Rp 2.159.614.728,54

Jumlah manhour = Rp 1.960.817.954,40/ (Rp 18.596/manhour) = 116.136,10

Buruh lokal 100% = Rp 2.159.614.728,54

Total cost = Rp 6.478.844.185,63

5. Listrik 12-30% PEC (Peters,2003)

Material 5% PEC = 15% x Rp 21.596.147.285 = Rp 1.079.807.364,27

Buruh 10% PEC = 10% x Rp 21.596.147.285 = Rp 2.159.614.728,54
Jumlah manhour = Rp 2.159.614.728,54/ (Rp 18.596/manhour) = 116.136,10
Buruh lokal 100% = Rp 2.159.614.728,54
Total cost = Rp 6.478.844.185,63

Nama Bangunan	P (m)	L (m)	Jumlah	Luas (m²)
Pos Keamanan	5	4	4	80
Ruang Kontrol	30	8	1	240
Gudang	20	10	1	200
Kantor	20	10	1	200
Masjid	15	10	1	150
Kantin	10	10	1	100
Poliklinik	15	10	1	150
Gedung Pertemuan	30	10	1	300
Laboratorium	25	15	1	375
Bengkel	20	15	1	300
Perpustakaan	15	10	1	150
Daerah Proses	50	20	1	1000
Daerah Utilitas	50	15	1	750
K3 dan Fire Hidran	15	10	1	150
Unit Pengolahan Limbah	20	15	1	300
Tempat Parkir	12	10	3	360
Tempat Parkir Truk	15	10	1	150

Taman	15	8	3	360
Jalan raya	150	14	1	2100
area pengembangan				5000
Total Luas bangunan				12415

6. Bangunan

Jual di Kawasan Industri Gresik 225 USD atau Rp 3.159.000/ m² Tahun 2012

Tahun 2018 = indeks 2018/indeks 2012 x Harga tahun 2012 = Rp 3.344.628/ m²

Biaya bangunan = 12415 x Rp 3.334.628 = Rp 14.866.870.022,27

7. Tanah

Luas tanah 12415 m²

Harga tanah Rp 842.400 tahun 2012, tahun 2018 = Rp 891900,7137/ m²

Biaya tanah = Rp 11.072.947.361,17

8. Isolasi

5% PEC = 5% x Rp 2.159.614.728,54 = Rp 1.079.807.364,27

9. Peralatan Utilitas (PEC – UT)

No	Nama Alat		Jumlah	Harga 2014 \$	Harga 2023	Harga Total
1	Demineralizer	Stainless 304	1	9200	9883,59	9883,59
2	Tangki air demin	CS	1	2300	2470,90	2470,90
3	Daerator	Stainless 304	1	800	859,44	859,44
4	Boiler		1	226000	242792,49	242792,49
5	Tangki larutan N2H2	Stainless 304	1	7100	7627,55	7627,55
6	Tangki karbon aktif	CS	1	100	107,43	107,43
7	Pompa Utilitas (P-01)		2	3200	3437,77	6875,54
8	Pompa Utilitas (P-02)		2	3200	3437,77	6875,54
9	Pompa Utilitas (P-03)		2	3200	3437,77	6875,54
10	Pompa Utilitas (P-04)		2	4900	5264,09	10528,17
11	Pompa Utilitas (P-05)		2	4900	5264,09	10528,17
12	Pompa Utilitas (P-06)		2	4900	5264,09	10528,17

13	Pompa Utilitas (P-07)		2	3200	3437,77	6875,54
14	Pompa Utilitas (P-08)		2	3200	3437,77	6875,54
15	Pompa Utilitas (P-09)		2	3200	3437,77	6875,54
16	Pompa Utilitas (P-10)		2	3200	3437,77	6875,54
17	Pompa Utilitas (P-11)		2	2700	2900,62	5801,24
18	Pompa Utilitas (P-12)		2	3200	3437,77	6875,54
19	Pompa Utilitas (P-13)		2	3700	3974,92	7949,84
20	Pompa Utilitas (P-14)		1	3700	3974,92	3974,92
21	Pompa Utilitas (P-15)		4	3700	3974,92	15899,69
22	Tangki HCl	Stainless 304	1	100	107,43	107,43
23	Tangki NaOH	Stainless 304	1	300	322,29	322,29
24	Tangki pendingin 1	CS	1	2000	2148,61	2148,61
25	Tangki pendingin 2	CS	1	2000	2148,61	2148,61
26	Cooling tower		1	101900	109471,48	109471,48

				Harga PEC		812925,13
				Utilitas US \$		

Harga alat lokal = Rp 800.000,00 / m³

No.	Nama alat	Jumlah	Volume (m ³)	Harga total (Rp)
1.	Bak penampung	1	11,3974	Rp 6.840.512,94

PPC = Rp 11.420.309.329,04

PPC = Purchased Equipment Cost

1. Delivered Equipment Cost (DEC)

Diperkirakan biaya transpot alat sampai tempat 10% PEC

DEC 10% PEC = 10% x Rp 11.420.309.329,04 = Rp 1.142.030.932,90

2. Instalasi (biaya pemasangan 25-55% PEC)

Material 11% PEC = 11% x Rp 11.420.309.329,04 = Rp 1.256.234.026,19

Buruh 32% PEC = 32% x Rp 11.420.309.329,04 = Rp 3.654.498.985,29

Jumlah manhour = Rp 3.654.498.985,29/ (Rp 18.596/manhour) = 196.525,46

Buruh lokal 100% = Rp 3.654.498.985,29

Total cost = Rp 4.910.733.011,49

3. Pemipaan (biaya pemasangan pipa) untuk cairan 80%

Material 43% PEC = 43% x Rp 11.420.309.329,04 = Rp 4.910.733.011,49

Buruh 37% PEC = 37% x Rp 11.420.309.329,04 = Rp 4.225.514.451,75

Jumlah manhour = Rp 4.225.514.451,75 / (Rp 18596/manhour) = Rp 227.232,56

Buruh lokal 100% = Rp 4.225.514.451,75

Total cost = Rp 9.136.247.463,23

4. Instrumentasi 20% (biaya pemasangan alat alat control)

Material 20%PEC = 20% x Rp 11.420.309.329,04 = Rp 2.284.061.865,81

Buruh 10% PEC = 10% x Rp 11.420.309.329,04 = Rp 1.142.030.932,90

Jumlah manhour = Rp 1.142.030.932,90/ (Rp 18596/manhour) = Rp 61.414,21

Buruh lokal 100% = Rp 1.142.030.932,90

Total cost = Rp 3.426.092.798,71

5. Listrik 10-40%

Material 15% PEC = 15% x Rp 11.420.309.329,04 = Rp 1.713.046.399,36

Buruh 5% PEC = 5% x Rp 11.420.309.329,04 = Rp 571.015.466,45

Jumlah manhour = Rp 1.713.046.399,36 / (Rp 18596/manhour) = Rp 92.121,31

Buruh lokal 100% = Rp 1.713.046.399,36

Total cost = Rp 3.997.108.265,16

PPC Utilitas = Rp 22.612.212.471,50

FIXED CAPITAL INVESMENT	Rp
PEC	21.596.147.285,44
Instalasi	14.197.076.344,23
Pemipaan	17.276.917.828,35
Instrument	9.904.936.984,34
Listrik	5.940.761.520,85
Isolasi	2.971.481.095,30
Tanah	11.072.947.361,17
Bangunan	14.866.870.022,27
Pengembangan	9.120.000.000,00
Jumlah PPC	106.947.138.441,95
Engineering & Contruction, 20%	21.389.427.688,39
Jumlah DPC	128.336.566.130,34
Contractor's fee, 15%	19.250.484.919,55
Contingency, 15%	19.250.484.919,55
Jumlah FCI	166.837.535.969,44

Manufacturing cost (Biaya produksi)

Direct Manufacturing cost

Harga bahan	kebutuhan (kg/jam)	Rp/kg	Harga Rp
Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	2.446,5552	6.318,00	122.422.097.760,87
H ₂ SO ₄	613,4703	2.808,00	13.643.187.414,59
Total			136.065.285.175,46
		Rp	136.065.285.175,46

- Gaji Karyawan Rp 15.277.200.000
- Supervisi (15% karyawan) = Rp 2.291.580.000
- Maintenance (5% FCI) = Rp 8.341.876.798,47
- Plant supplies (15% maintenance) = Rp 1.251.281.519,77
- Harga produk Asam Borat dan Natrium Sulfat 1,5 USD → 1530,30 kg/jam dan 1 USD → 879,46 kg/jam
 Harga produk = (1,5 x 14040 x 1530,30) + (1 x 14040 x 879,46) x 24 x 330 =
 Rp 353.040.211.164,79
- Royalty and patent (3% sales) = Rp 10.591.206.334,94 (0-6% total produk)
- Kebutuhan bahan utilitas

		Kebutuhan	Kebutuhan	harga	Pembelian
		kg/jam	kg/th	Rp/kg	Rp/th
kg/th	Kaporit	0,0058	45,9360	Rp 30.000	Rp 1.378.080
kg/th	N ₂ H ₂	0,0024	19,3653	Rp 20.000	Rp 387.307
kg/th	Zeolit	0,1944	1539,6579	Rp 3.000	Rp 4.618.974
kg/th	Resin Anion Exchanger	0,6480	7,9200	Rp 30.000	Rp 237.600

m3/th	Solar	6,6842	52939,1632	Rp 4.788	Rp 253.472.713
kg/th	HCl	11,3443	11,3443	Rp 7.000	Rp 79.410
kg/th	NaOH	1761,0279	65839,3814	Rp 4.788	Rp 315.238.958
kg/th	freon SR 32	66,2261	524.510,73	Rp 44.118	Rp 23.140.179.217
KWh/th	Listrik	189,3357	1499538,5460	Rp 1.457	Rp 2.184.827.662

Total Rp 21.182.333.974

Sumber = PLN.com , <https://harga.web.id/harga-freon-r32-di-pasaran.info> ,
<https://bisakimia.com/2017/12/06/jual-asam-klorida-hcl-32-partai-besar-harga-murah/>

Biaya utilitas = Rp 21.443.873.667/ tahun

Total Direct Manufacturing Cost (DMC) = Rp 194.779.054.381,39

B. Indirect Manufacturing Cost

Payroll Overhead : 20% Karyawan = Rp 3.055.440.000,00 (10-20% dari karyawan)

Laboratorium : 20% karyawan = Rp 3.055.440.000,00 (10-20% dari karyawan)

Pack dan shipping : 10% FCI = Rp 33.367.507.193,89 (10-20% FCI)

Plant overhead : 70% karyawan = Rp 10.694.040.000,00 (50-70% dari karyawan)

Total Indirect Manufacturing Costr (IMC) = Rp 50.172.427.193,89

C. Fixed Manufacturing Cost

Depresiation : 10% FCI = Rp 16.683.753.596,94 (10% FCI)

Property tax : 2% FCI = Rp 3.336.750.719,39 (1-4% FCI)

Asuransi : 1% FCI = Rp 1.668.375.359,69 (0,4 – 1 % FCI)

Total Fixed Manufacturing Cost (FMC) = Rp 21.688.879.676,03

Total Manufacturing Cost (DMC + IMC + FMC) = Rp 267.123.610.365,67

Working Capital

Persediaan bahan baku : $1/12 \times \text{bahan baku} = \text{Rp } 11.338.773.764,62$

Bahan baku dalam proses : $0,5/330 \times \text{manufacturing} = \text{Rp } 404.336.470,72$

Biaya sebelum terjual : $1/12 \times \text{manufacturing} = \text{Rp } 22.238.505.889,36$

Persediaan uang : $1/12 \times \text{manufacturing} = \text{Rp } 22.238.505.889,36$

Jumlah (WC Working Capital) : Rp 56.220.122.014,05

General Expense

Administrasi : $3\% \text{ MC} = \text{Rp } 8.005.862.120,17$ (2-5% MC Peters,2003)

Sales : $5\% \text{ MC} = \text{Rp } 13.343.103.533,61$ (2-20% MC Peters,2003)

Riset : $5\% \text{ MC} = \text{Rp } 13.343.103.533,61$ (5% MC Peters,2003)

Total general expense Rp 34.692.069.187,40

Total biaya produksi = manufacturing cost + general expense = Rp 301.554.139.859,67

Penjualan (Sa) Rp 353.040.211.164,79

Total cost = Rp 320.983.882.237,22

Keuntungan sebelum pajak (Sa-total cost) = Rp 32.056.328.927,57

Keuntungan sesudah pajak = Rp 22.439.430.249,30

Pajak 30% dari keuntungan = Rp 9.616.898.678,27

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

$Pr b = Pb / If$ dan $Pr a = Pa / If$

Dengan :

P_{rb} = ROI sebelum pajak

P_{ra} = ROI sesudah pajak

P_b = keuntungan sebelum pajak

P_a = 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 = $If / (P_b + 0,1 If)$

POT sesudah pajak = $If / (P_a + 0,1 If)$

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)

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

Discounted Cash Flow

Analisis kelayakan ekonomi dengan menggunakan Discounted Cash Flow merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun berdasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi. Rate 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 = 19,214%

ROI sesudah pajak = 13,450%

Fixed Cost (Fa)	Rp
Depreciation	16.683.753.596,94
Pajak	3.336.750.719,39
Insurance	1.688.879.359,69
	21.688.879.676,03
Variable cost (Va)	Rp
Bahan Baku	136.065.285.175,46
Royalty and Patent	10.591.206.334,94
Utilitas	21.443.873.667,11
Packaging and Shipping	33.367.507.193,89
	201.467.872.371,40
Regulateted Cost (Ra)	Rp

Labour	15.277.200.000,00
Maintenance	8.341.876.798,47
Plant Suplies	1.251.281.519,77
Labolatory	3.055.440.000,00
Payroll Overhead	3.055.440.000,00
Plant Overhead	10.694.040.000,00
General Expense	34.692.069.187,40
	76.367.347.505,64

BEP = Masukkan rumus diatas = 45,46 %

SDP = Masukkan rumus diatas = 23,35 %

C = Rp 55.172.377.958,10

FC = Rp 166.837.535.969,44

WC = Rp 56.220.122.014,05

SV= 0,1 x FC = Rp 16.683.753.596,94

Bunga trial 7,9%

Rerata bunga bank per 2018 5,25%, berarti 1,5% = 7,875%

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 4.35E+11

Ruas kanan 4.28E+11

Menggambar grafik BEP dan SDP

Kapasitas dibuat 0 , 50 , 100, 120, 150, 175

$$Sa = \% \times \text{harga} \times 100.000$$

Fa = diketahui

$$Va = \text{kapasitas} \times Va/\text{unit} + Fa$$

$$Tc = Fc + Va$$

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

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

Dibuat tabel

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

Didapatkan grafik :

