



BAB IX

KESIMPULAN

Pabrik Asam Borat secara kontinyu dengan kapasitas 14.000 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 54. Analisis kelayakan ekonomi

No	Analisis kelayakan	Kriteria	Hasil Perhitungan
1.	Laba sebelum pajak		Rp 57.193.490.500,65
	Laba sesudah pajak		Rp 40.035.443.350,46
2.	ROI sebelum pajak	Minimum 11%	24,3932%
	ROI sesudah pajak		17,0752 %
3.	POT sebelum pajak	Maksimum 5 tahun	2,9076 tahun
	POT sesudah pajak		3,6934 tahun
4.	BEP	40% -60%	46,9570 %
5.	SDP		24,7424 %
6.	DCF	1,5-2 kali bunga bank	7,4285 %



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2018. "Data Ekspor dan Impor *Boric Acid*" www.bps.go.id. Diakses pada Febuari 2018.
- Badger, W. L. And Banchero, J.T., *Introduction To Chemical Engineering*. Internasional Student Edition, Mc. Grew Hill Book Company, New York.
- Blasius, J. R. 1979. "*Method of Making Ceude 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. *Equidment Design*. New York: *Jonh 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*. Jonh Wiley and Son's.
- Erdogdu, A. 2004. "*Dissolution of Coleminite and Crystallizstion 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.
- Greankoplis, C. J. 2003. *Transport Processes and Separation Process*. 4th ed. Prentice hall. USA
- <http://www.alibabab.com>. Diakses pada Agustus 2018.
- <http://www.asc.ac.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, Octave. 1972. *Chemical Reaction Engineering*. 2nd edition. New York: Joh Willey and Sons Inc.
- Ludwig, E.E. 1965. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical*. Vol 1. Gulf Publishing Co. Houston.



- 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 Engineering Technology*. Volume 4. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Othmer, D.F. and Kirk, R.E. 1997. *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*. Volume 5. John Wiley and Sons Inc. New York
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1997, *Chemical Engineer's Handbook*. Edisi 7. London: Mc Graw Hill Book Company.
- Perry, R.H., and Green, D.W., 2008, *Chemical Engineer's 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.
- Smith, J.M. and Van Ness, H.H., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 3th edition, McGraw Hill International Book Co., Tokyo.
- Treyball, R.E. 1981. *Mass Transfer Operation*. 3rd Edition. Mc Graw Hill Book Company Inc. Singapore.
- 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.com

www.matche.comwww.pengaspalanhotmix.com

www.surabaya.tribunnews.com

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



LAMPIRAN

1. Perancangan mixer

- Fungsi : Melarutkan boraks dengan penambahan air proses.
 Type : Silinder vertikal dengan *head* dan *bottom* berbentuk *torispherical*
 Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 type 304*
 Kondisi operasi : $T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $P = 1\text{ atm}$
 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					0,8977
H ₂ O	-10,2158	1,7925E+03	1,7730E-02	-1,2631E-05	0,8150

(Yaws, 1999)

Arus 1 :

ρ campuran : 1,7403 kg/L

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

F_v campuran : 1625,2705 L/jam

Arus 2 :

ρ campuran : 0,9956 kg/L

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

F_v campuran : 670,4085 L/jam

Arus 3 :

ρ campuran : 1,5982 kg/L

C_p campuran : 666,3353 J/molK = 5,6541 J/kgK

F_v campuran : 2187,5302 L/jam

TOTAL RATE VOLUMETRIK = 2187,5302 L/jam

a) Perancangan Dimensi Tangki

Total rate volumetrik : 2187,5302 L/jam



p campuran : 1,5982 kg/L = 1598,1501 kg/m³

waktu tinggal : 1 jam (ditentukan)

direncanakan digunakan 1 tangki, sehingga volume tangki 2187,5302 L/jam

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

Over design 20%

Volume tangki = Total Fv / 80%

Volume tangki = 2625,0362 L/jam = 2,6250 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

b) Perhitungan Dimensi Tangki :

Perbandingan diameter dan tinggi mixer adalah 1:1 (Brownell, 1959 hal 43)

karena jika digunakan tinggi yang berlebih akan menyebabkan tekanan hidrostatiknya semakin tinggi.

Jenis : Silinder tegak dengan alas dan tutup berbentuk torispherical

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

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

V tangki = 2625,0362 L/jam

D = H = 1,4954 m 58,8736 in

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

V dish = 0,000049 D³ (brownell halaman 88)

Sf = 2 (straight flangel)

D = 58,8736 in, pi = 3,14, sf = 2 dihitung V head = 0,0553 ft³ = 0,0016 m³

V mixer = V shell + V head = **2,6250 + 0,0016 = 2,6266 m³**

Volume bottom = 0,5 x volume head

Volume bottom, = 0,0008 m³

Volume cairan dalam shell = volume shell – volume bottom = 2,6243 m³

Tinggi cairan dalam shell = $h = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} = \frac{(4 \times 2,6243)}{(3,14 \times 1,4954^2)} = 1,4949$

m = 4,9047 ft



Dengan spesifikasi sebagai berikut :

Diameter shell : **1,4954 m**

Tinggi shell : **1,4954 m**

Volume shell : **2,6250 m³**

Volume head : **0,0016 m³**

Volume mixer : **2,6266 m³**

c) Menentukan Tebal Shell

Dirancang menggunakan *stainless steel 403*

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

Dengan :

t_s = tebal shell (in)

r = jari – jari = 0,5 Diameter = 0,5 x 58,8736 = 29,4368 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

T_s = 0,1549 in

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

d) Menentukan Tebal Head (th) dan Tebal Bottom

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

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

$OD = ID + 2 t_s = 59,1834$ dari tabel 5-7 Brownell hal 90

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

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

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

dengan:

$P = 1,47$ psi

$r = 66$ in

$$w = 0,8115$$

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

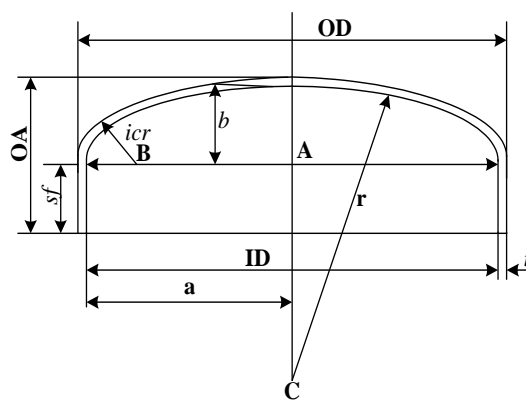
$$E = 0,85 \quad C = 0,125$$

th = 0,13 in dipakai tebal standar Brownell hal 350 adalah $3/16 \text{ in} = 0,0048 \text{ m}$

e) 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



Keterangan

ID = diameter dalam head

OD = diameter luar head

th = tebal head

r = jari – jari head

icr = jari jari dalam sudut dish

b = tinggi head

sf = straight flange

$$ID = OD - (2 \times ts) = 66 - (2 \times 0,1549) = 65,6250 \text{ in}$$

$$r = 29,4368 \text{ (jari – jari dalam shell)}$$

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

$$BC = 62 \text{ in}$$

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

$$b = OD - AC = 72 - 59,8616 = 11,1015 \text{ in}$$

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

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

$$\text{Tinggi mixer total} = 2,1705 \text{ m} = 85,4518 \text{ in}$$

f) Menentukan Jumlah dan Jenis Pengaduk

Dipilih : Turbin karena

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

(Ludwig,1991 Volume I)

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

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

(Ludwig, 1991 Volume I)

Perbandingan ukuran secara umum

$$D_i/DR = 1/3$$

$$E/D_i = 1$$

$$W = D_i/5$$

$$L = D_i/4$$

$$B = DR/10$$

$$\text{Diameter mixer (DR)} : 1,4954 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pengaduk (D}_i\text{)} : 1/3 \times 1,4954 = 0,4985 \text{ m}$$

$$\text{Pengaduk dari dasar (E)} : 0,4985 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi pengaduk (W)} : 0,4985 / 5 = 0,0997 \text{ m}$$

$$\text{Lebar pengaduk (L)} : 0,4985 / 4 = 0,1246$$

$$\text{Lebar Baffel (B)} : 1,4954 / 10 = 0,1495$$

Menghitung jumlah impeller (pengaduk)

WELH adalah Water Equivalen Liquid High

$$\text{WELH} = 1,4949 \text{ m} \times (1598,1501/995,68) = 2,3995 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah impeller} = \text{WELH} / D = 2,3995/1,4954 = 1,6046 = 2$$

$$= \text{tinggi bahan} \times \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}}$$

(Rase, 1977 hal 345)

Putaran pengaduk =

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

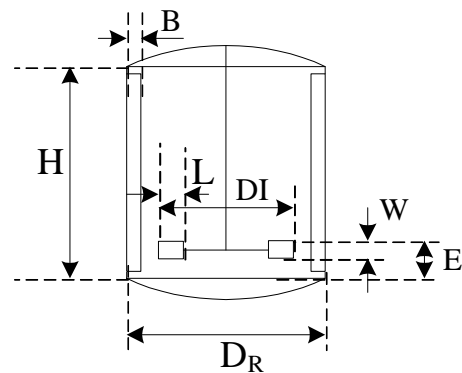
$$N = \frac{600}{\pi \cdot D_i / 0,3048} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 \cdot D_i}}$$

Dimana

$$\pi = 3,14$$

$$D_i = 0,4985 \text{ m}$$

$$\text{WELH} = 2,3995 \text{ m}$$





Dihitung $N = 181,2727 \text{ rpm} = 3,0212 \text{ rps}$

$\rho = 1598,1501 \text{ kg/m}^3$

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

$\mu = 0,5050 \text{ cp}$

$D_i = 0,4754 \text{ m} = 1,5599 \text{ ft} = 18,7183 \text{ in}$

$N_{re} = 2375861$ Dari grafik 8.8 Rase HF menghasilkan $N_p = P_o = 5$

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

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

$P = 3,3975 \text{ hp}$ (Efisiensi motor = 88% (Fig 14.38 Peters hal 521))

$$\text{Daya motor} = \frac{P}{\eta} = 4,0933 \text{ HP}$$

Over design 10% = 4,5027 HP

Dipilih power standart NEMA 10 HP

Kriteria

Diameter shell : 1,4954 m

Tinggi shell : 1,4954 m

Vollume shell : 2,6250 m

Volume head : 0,0016 m³

Volume mixer : 2,6266 m³

Tinggi mixer total : 2,1705 m³

Jenis pengaduk : Turbin dengan 6 blade disk standart

Jumlah pengaduk : 2

Putaran pengaduk : 181,2727 rpm

Power : 5 HP

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

Resume	
Nama Alat	Mixer
Kode	
Fungsi	Melarutkan Boraks dengan penambahan air proses



Type	Silinder vertical dengan head dan bottom berbentuk torispherical		
Bahan	Bahan stainless steell plate SA-167 type 304		
Kriteria	Ukuran		
Diameter shell	1,5015 m	59,1157 in	
Tinggi shell	1,5015 m	59,1157 in	
Volume shell	2,6575 m ³		
Volume head	0,0016 m ³		
Volume mixer	2,6591 m ³	93,9057 ft ³	702,5089 gal
Tinggi mixer total	2,1766 m	85,6938 in	
Jenis pengaduk	turbin dengan 6 blade disk standar		
Jumlah pengaduk	2		
Putaran pengaduk	180,3186 rpm		
Power (P)	5,0 Hp		

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

Fungsi : Menyimpan bahan baku boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)

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 tegak tertutup dengan pertimbangan

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

Memilih bahan konstruksi :

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

1. Bahan yang disimpan adalah jenis garam anorganik



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

Dari arus 1 diketahui :

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

$$F_v \text{ campuran} = 1,6253 \text{ m}^3/\text{jam} = 57,3959 \text{ cuft/jam}$$

Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 2 tangki

$$\text{Volume tangki Over Design 20\%} = F_v \times 7 \times 24 : 2 = 5785,5109 \text{ cuft} = 163,8273 \text{ m}^3$$

Kurang dari 71354 cuft berarti masuk small tank

Menghitung dimensi tangki

1) Menghitung tinggi dan diameter

Untuk small H=D

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

$$\text{Volume} = 5785,5109 \text{ cuft}$$

$$\text{Diameter} = 19,4607 \text{ ft} = 233,5278 \text{ in} = 5,9316 \text{ m}$$

$$D = H$$

2) Menghitung tebal Plat Shell

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

Dengan :

$$P \text{ cairan} = 108,6490 \text{ lb/ft}^3$$

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

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

$$\text{Tegangan diijinkan} = 13570 \text{ psi}$$

Menentukan tekanan duliu pada design tangki

Mc.Cabe pers 26-24

Penentuan tekanan design pada tangki :

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

dimana ; P_B = tekanan vertikal dasar bejana

ρ_B = bulk densitas bahan, lb/cuft

μ' = koefisien gesek = 0,35 – 0,55 diambil 0,45 [Mc.Cabe, hal 299]

k' = ratio tekanan normal

$$k' = \frac{1 - \sin \alpha}{1 + \sin \alpha} = 0,334 \quad (\text{sudut} = 30^\circ)$$

Z_T = tinggi total material dalam tangki

r = jari-jari bin



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

Tekanan desain diambil 5% diatasnya

$$ZT = H \times 80\% = 15,6202 \text{ ft}$$

$$\mu = 0,45$$

$$k = 0,334$$

$$PB = 1569 \text{ lb/ft}^2 = 10,4263 \text{ psi}$$

$$\text{Tekanan lateral} = PL = k.PB$$

$$PL = 3,4824 \text{ psi}$$

$$P \text{ desain} = 1,05 \times P \text{ (psi)}$$

$$P = P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik}$$

$$P \text{ operasi} = 13,8627 \text{ psi}$$

$$P \text{ hidrostatik} = 3,4709 \text{ psia}$$

$$P = 233,5278$$

$$P \text{ desain} = 15,2489 \text{ Psi}$$

Bisa menghitung ts, sehingga ts = 2,5 in dirancang 0,75in

3) Menghitung tutup bawah conis

$$P = 15,2996 \text{ psi}$$

$$D = 234,3037 \text{ in}$$

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

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

$$\text{Tebal conis} = 0,5157 \text{ in}$$

$$\text{Dirancang} = \frac{3}{4} \text{ in}$$

4) Menghitung tinggi conis

$$\alpha = 15^\circ$$

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

$$D = 19,5253 \text{ ft}$$

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

$$h = 2,4824 \text{ ft} = 0,7566 \text{ m}$$



Resume			
Nama Alat	Silo penyimpanan boraks		
Kode			
Fungsi	Menampung boraks selama 7 hari		
Type	Silinder tegak dengan tutup atas datar dan bawah conis		
Spesifikasi :			
Volume	5843,3660 cuft	165,4655 m ³	
Diameter	19,5253 ft	5,9513 m	
Tinggi	19,5253 ft	5,9513 m	
Tekanan	1 atm		
Suhu	30 °C	303,15 K	
Tebal shell	0,1853 in	¼ in	0,0064 m
Tebal tutup atas	0,5157 in	¾ in	0,0191 m
Tebal tutup bawah	0,5157 in	¾ in	
Tinggi conical	2,4824 ft	0,7566 m	
Bahan konstruksi	<i>Stainlees steel (SA-167) Type 304</i>		
Jumlah	2		

3. Perancangan Silo Na₂SO₄

Fungsi : Menyimpan produk natrium sulfat (Na₂SO₄)

Perhitungan sama seperti pada perancangan silo boraks, dan didapatkan

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	1555,32 cuft	38,5365 m ³	
Diameter	12,0130 ft	3,6616 m	
Tinggi	12,0130 ft	3,6616 m	
Tekanan	1 atm		
Suhu	30 °C	303,15 K	
Tebal shell	0,1593 in	¼ in	0,0064 m
Tebal tutup atas	0,3471 in	¾ in	0,0191 m
Tebal tutup bawah	0,3471 in	¾ in	
Tinggi conical	1,4757 ft	0,4498 m	
Bahan konstruksi	<i>Stainless steel (SA-167) Type 304</i>		
Jumlah	2		

4. Perancangan Silo H₃BO₃

Fungsi : Menyimpan produk asam borat (H₃BO₃)

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

Resume			
Nama Alat	Silo penyimpanan asam borat (H ₃ BO ₃)		
Kode	F-440		
Fungsi	Menampung produk asam borat (H ₃ BO ₃)		
Type	Silinder tegak dengan tutup atas datar dan bawah conis		
Spesifikasi :			
Volume	4262,0692 cuft	120,6882 m ³	



Diameter	17,5759 ft	5,3571 m	
Tinggi	17,5759 ft	5,3571 m	
Tekanan	1 atm		
Suhu	30 °C	303,15 K	
Tebal shell	0,1657 in	¼ in	0,0064 m
Tebal tutup atas	0,3891 in	¾ in	0,0191 m
Tebal tutup bawah	0,3891 in	¾ in	
Tinggi conical	2,2212 ft	0,6770 m	
Bahan konstruksi	<i>Stainlees steel (SA-167) Type 304</i>		
Jumlah	2		

5. Perancangan Tangki H₂SO₄

Fungsi : Menyimpan bahan baku asam sulfat (H₂SO₄)

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 koros
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 :

$$\rho \text{ campuran} = 1824,2149 \text{ kg/m}^3 = 113,8857 \text{ lb/cuft}$$

$$F_v \text{ campuran} = 0,3939 \text{ m}^3/\text{jam} = 13,9091 \text{ cuft/jam}$$

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 2 tangki

$$\text{Volume tangki Over Design 20\%} = F_v \times 7 \times 24 : 2 = 1402,0329 \text{ cuft} = 39,7011 \text{ m}^3$$

<71354 cuft termasuk *small tank*

2) Menghitung dimensi tangki

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

Untuk *small tank* H=D

$$\text{Volume} = 1402,0329 \text{ cuft}$$

$$D = H = 12,1329 \text{ ft} = 145,5942 \text{ in} = 3,6981 \text{ m}$$

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.

$$\begin{aligned} H \text{ larutan} &= V \text{ larutan dalam tangki} / \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 6,6149 \text{ ft} \end{aligned}$$

4) Menghitung tebal plate silinder tangki

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

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

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

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

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

Sehingga,

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

Course 2

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

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

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 tingg (H) yang berbeda digunakan tebal plat yang berbeda pula.

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{ID} + 2 \text{ ts} \\ &= 145,5942 + 2 \times 3/16 \\ &= 145,5942 \text{ in} = 12,164 \text{ ft} = 3,7076 \text{ m} \end{aligned}$$

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

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

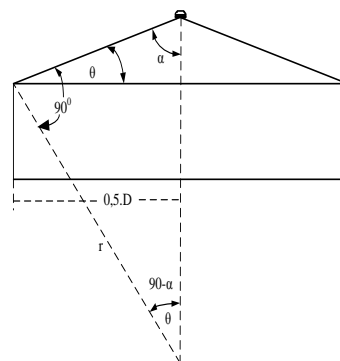
$$H_s = \text{ID} = 179,625 \text{ in} = 14,9688 \text{ ft} = 4,5625 \text{ m}$$

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 operasi = 1 atm = 14,7 psi

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

= 5,2368 psi

P design, overdesign 20% = 1,2 x (P operasi + P hidrostatik)

= 23,9242 psi

$T_h = 0,1375 \text{ in}$

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

Tinggi Conis

Tinggi *conical head* dapat dihitung menggunakan rumus aturan tangensial

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

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

7) Menghitung tinggi tangki

Jadi, tinggi total tangki = H tutup + H tangki

= 1,0569 + 12,1329

= 13,1897 ft = 4,0202 m

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	39,7011 m ³	10488,60805 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	13,1897 ft	4,0202 m
Jumlah Tangki	2	

6. Perancangan Centrifuge-01

Fungsi : Memisahkan kristal Na₂SO₄ dengan larutan H₃BO₃

Dasar pemilihan : Sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi

Arus 6 masuk 100 °C didapatkan :

$$\rho \text{ campuran} = 1,5773 \text{ kg/L} = 98,4656 \text{ lb/cuft}$$

$$F_v \text{ campuran} = 2693,6659 \text{ L/jam} = 67,3416 \text{ cuft/jam} = 8,3958 \text{ gall/menit}$$

Arus 7 keluar 100 °C didapatkan :

$$\rho \text{ campuran} = 2,5690 \text{ kg/L} = 160,3798 \text{ lb/cuft}$$

$$F_v \text{ campuran} = 404,7454 \text{ L/jam} = 10,1186 \text{ cuft/jam} = 1,2615 \text{ gall/menit}$$

Arus 10 keluar 100 °C didapatkan :

$$\rho \text{ campuran} = 1,2559 \text{ kg/L} = 78,4025 \text{ lb/cuft}$$



Fv campuran = 2555,0249 L/jam = 63,8756 cuft/jam = 7,9637 gall/menit

Perhitungan :

Bahan masuk = 4248,6309 kg/jam = 9366,627217 lb/jam

ρ campuran = 98,4656 lb/cuft

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

Volume bahan = 95,1259 cuft/jam = 11,8598 gpm

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

Resume	
Bahan	<i>Stainless steel (SA-167) Type 304</i>
Kapasitas maksimum	50 gpm
Diameter bowl	13 in
Speed	7500 rpm
Centrifugal force	10400 lbf/ft ²
Power motor	6 Hp
Jumlah	1 (<i>Automatic discharge cake</i>)

7. Perancangan Centrifuge-02

Fungsi : Memisahkan kristal H₃BO₃ dengan *mother liquor*

Dasar pemilihan : Sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi

Arus 11 masuk 40 °C didapatkan :

ρ campuran = 1,2944 kg/L = 80,8097 lb/cuft

Fv campuran = 2478,9158 L/jam = 61,9729 cuft/jam = 7,7265 gall/menit

Arus 13 keluar 40 °C didapatkan :

ρ campuran = 1,0509 kg/L = 65,6048 lb/cuft

Fv campuran = 1340,4904 L/jam = 33,5123 cuft/jam = 4,1781 gall/menit

Arus 12 keluar 40 °C didapatkan :



$$\rho \text{ campuran} = 1,4850 \text{ kg/L} = 92,7084 \text{ lb/cuft}$$

$$F_v \text{ campuran} = 1212,1639 \text{ L/jam} = 30,3041 \text{ cuft/jam} = 3,7782 \text{ gall/menit}$$

Perhitungan :

$$\text{Bahan masuk} = 3208,8245 \text{ kg/jam} = 7074,246576 \text{ lb/jam}$$

$$\rho \text{ campuran} = 80,8097 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{Volume bahan} = \text{bahan masuk (lb/jam)} / \rho \text{ campuran (lb/cuft)}$$

$$\text{Volume bahan} = 87,5421 \text{ cuft/jam} = 10,9143 \text{ gpm}$$

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

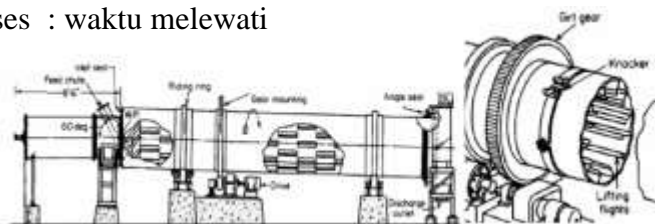
Resume	
Bahan	<i>Stainless steel (SA-167) Type 304</i>
Kapasitas maksimum	50 gpm
Diameter bowl	13 in
Speed	7500 rpm
Centrifugal force	10400 lbf/ft ²
Power motor	6 Hp
Jumlah	1 (<i>Automatic discharge cake</i>)

8. Perancangan Rotary dryer – 01

Fungsi : Meringkan kristal Na_2SO_4 dengan bantuan udarapanas

Dasar pemilihan : sesuai untuk pengeringan padatan

Waktu proses : waktu melewati



Bahan masuk dengan :

$$\rho \text{ campuran} = 2571,8929 \text{ kg/m}^3 = 72,8293 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{rate bahan masuk} = 1017,5969 \text{ kg/jam}$$

$$F_v = \text{rate bahan masuk} / \rho \text{ campuran}$$



$$= 30,8038 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,5134 \text{ ft}^3/\text{menit}$$

Perhitungan :

Dari neraca massa dan neraca panas :

$$\text{Feed masuk} = 1039,806437 \text{ kg/jam} = 2292,380641 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Total panas} = 25971,65659 \text{ kJ/jam} = 24616,37732 \text{ Btu/jam}$$

$$\text{Kebutuhan udara panas} = 1016,049208 \text{ kg/jam} = 2240,004922 \text{ lb/jam}$$

Mass velocity gas

Mass velocity gas yang diijinkan 200-1000 lb/jam.ft²

Maka ditetapkan $G_s = 200 \text{ lb/jam.ft}^2$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang (A)} &= \text{mass gas (lb/jam)} / \text{mass velocity} \\ &= 2240,004922 / 200 = 11,2 \text{ ft}^2 = 1,0405 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter (D)} &= \text{akar} (4 \times A / 3,14) \\ &= 3,7772 \text{ ft} = 1,1513 \text{ m} \end{aligned}$$

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

$$\text{Suhu bahan keluar} = 110^\circ\text{C} = 230 \text{ }^\circ\text{F}$$

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

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

LMTD =

$$dt_1 = 36^\circ\text{F} \text{ (dt udara)}$$

$$dt_2 = 18^\circ\text{F} \text{ (dt bahan)}$$

$$\text{LMTD} = (dt_2 - dt_1) / \ln(dt_2 / dt_1)$$

$$dt_2 - dt_1 = -18^\circ\text{F}$$

$$dt_2 / dt_1 = 0,5^\circ\text{F}$$

$$\ln dt_2 / dt_1 = -0,6931$$

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

$$\begin{aligned} \text{Panjang (L)} &= Q_t / (0,125 \times 3,14 \times G^{0,67} \times \text{LMTD}) \\ &= 24616,37732 / 1340,143988 \\ &= 18,3685 \text{ ft} = 5,5987 \text{ m} = 220,4215 \text{ in} \end{aligned}$$

Tebal dinding

$$\text{Untuk diameter} = 1,1513 \text{ m,}$$

$$\text{Tebal} = (1,1513 / 109,4891) \times 2$$



$$= 0,0210 \text{ in} = 0,0005 \text{ m}$$

Kecepatan putaran

Kecepatan linier batasnya = 0,25 – 0,5 m/detik

Diambil $v = 0,5$ m/detik

Putaran rotary dryer = $N = V / (\pi \times D)$

$$= 0,1383 \text{ rps} = 78,2985 \text{ rpm}$$

Diambil putaran = 10 rpm = 0,1667 rps

Flight

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

Tinggi flight = $1/12 - 1/8 D$

Panjang flight = 0,6 – 2 m

Jumlah flight 1 circle = $2,4 D - 3 D$

$D = 1,1513 \text{ m}$

$L = 5,5987 \text{ m}$

Pengambilan data

Tinggi flight : $1/8 D = 0,1538 \text{ m}$

Panjang flight : 2 m

Jumlah flight 1 circle: $3 D = 3,4539 \text{ m}$

Total circle = panjang drum / panjang flight

Total circle = 2,7994 buah

Total jumlah flight = total circle x jumlah flight tiap circle

$$= 10 \text{ buah}$$

Hold up

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

Diambil 10% volume dryer

$$\text{Hold up} = 0,1 * (\pi/4) * D^2 * L = 20,5727 \text{ ft}^3$$



Waktu rata-rata padatan dalam dryer

$$\theta = \frac{\text{hold up}}{\rho_{\text{rata-rata}}}$$

Feed rata-rata = 1039,806437 kg/jam = 30,8038 ft³/jam

$\theta = 0,6679$ jam = 40,0718 menit = 2404,3081 detik

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)

$D = 1,1513$ m = 3,7772 ft

$H = 0,16 D = 0,1842$ m = 0,6044 ft

P operasi = 14,7 psi

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

P dalam rotary = 16,17 psi

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

$Ts = 0,1585$ in

Dirancang $ts = 3/16$ in = 0,0048

Isolasi :

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

Diameter dalam rotary = 3,7772 ft

Diameter luar rotary = 3,7780 ft

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

Diameter terisolasi = 4,4447 ft

Perhitungan Power Rotary

$$\text{Perry}^{6ed}, \text{ persamaan 20-44} = \text{hp} = \frac{N \times (4,75dw + 0,1925DW + 0,33W)}{100000}$$

Dimana :



$N = \text{putaran rotary} = 10 \text{ rpm}$

$d = \text{diameter shell} = 3,7772 \text{ ft}$

$w = \text{berat bahan} = 2292,3806 \text{ lb}$

$D = d + 2 = 5,7772 \text{ ft}$

$W = \text{berat total (lb) dicari dulu}$

Berat shell dicari dengan

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

$D_o = \text{diameter luar shell} = 3,7780 \text{ ft}$

$D_i = \text{diameter dalam shell} = 3,7772 \text{ ft}$

$L = \text{panjang drum} = 18,3685 \text{ ft}$

Density steel = 482 lb/cuft

$W_e = 41,6796 \text{ lb}$

Berat isolasi dicari dengan

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

$D_o = \text{diameter luar isolasi} = 4,4447 \text{ ft}$

$D_i = \text{diameter dalam isolasi} = 3,7780 \text{ ft}$

$L = \text{panjang isolasi} = 18,3685 \text{ ft}$

Density isolasi = 19 lb/cuft

$W_e = 1501,8308 \text{ lb}$

Berat bahan dalam drum

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

Rate massa = 2292,3806 lb/jam

Berat bahan = 2636,2377 lb/jam

Berat total (W) = 4179,7481 lb/jam



Berat lain diasumsikan 15%, maka berat total = 4806,7103 lb/jam

Maka hp dihitung = 4,8061 HP

Dengan efisiensi motor 75% (Perry 6ed 20-37) maka P = 6,4082 HP diambil 7 HP

Resume			
Nama Alat	Rotary Dryer-01		
Kode	H-320		
Fungsi	Mengeringkan kristal Na ₂ SO ₄ dengan bantuan udara panas		
Type	Rotary Drum		
Spesifikasi :			
Kapasitas	1039,8064 kg/jam		
Isolasi	Batu isolasi		
Diameter	1,1513 m		
Panjang	5,9853 m		
Tebal isolasi	4 in	0,1016 m	
Tebal shell	3/16 in	0,1875 in	0,0048 m
Tinggi bahan (15% * D)	0,1727 m		
Sudut rotary	1°		
Time of passes	40,1 menit		
Jumlah flight	10 buah		
Power	6,5		
Jumlah	1		

9. Perancangan Rotary dryer – 02

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



Resume			
Nama Alat	Rotary Dryer-02		
Kode	H-430		
Fungsi	Mengeringkan kristal H_3BO_3 dengan bantuan udara panas		
Type	Rotary Drum		
Spesifikasi :			
Kapasitas	1800,1202 kg/jam		
Isolasi	Batu isolasi		
Diameter	0,6395 m		
Panjang	2,0249 m		
Tebal isolasi	4 in	0,1016 m	
Tebal shell	3/16 in	0,1875 in	0,0048 m
Tinggi bahan (15% * D)	0,0959 m		
Sudut rotary	1°		
Time of passes	1,4 menit		
Jumlah flight	2 buah		
Power	6,5		
Jumlah	1		

10. Perancangan *Crystallizer*

Type : Swenson Walker Cooling Crystallizer

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk kristalisasi pendinginan

Dari arus 10 didapatkan

$$\rho \text{ campuran} = 1,2898 \text{ kg/L} = 80,5237 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{Rate bahan masuk} = 3208,8245 \text{ kg/jam}$$

$$F_v \text{ campuran} = 87,8530 \text{ cuft/jam}$$



Waktu kristalisasi = 1 jam

Volume bahan = 87,8530 cuft/jam

Volume Overdesign 20% = 109,816 cuft/jam = 3,1096 m³

Perhitungan dimensi kristalizer

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

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

$(m \times D^3) / 2 = 61,5217 \text{ ft}$

$m \times D^3 = 123,0434 \text{ ft}$

$D^3 = 37,2859 \text{ ft}$

$D = 3,3408 \text{ ft} = 1,0183 \text{ m}$

$L = D \times 3,33 = 11,0246 \text{ ft} = 3,3603 \text{ m}$

Luas cooling area pada cristalizer

$S = V \times \frac{(2 + 4m)}{mD} = 151,4077 \text{ ft}^2 / \text{cuft}$

Power pengaduk pada Swenson walker cristalizer =

Power pengaduk yang digunakan adalah 16 hp tiap 1000 cuft bahan

(Hugot;694)

Volume bahan = 109,8162 cuft

Power kristalisasi = 2,0081 HP diambil 2,5 HP

Spesifikasi

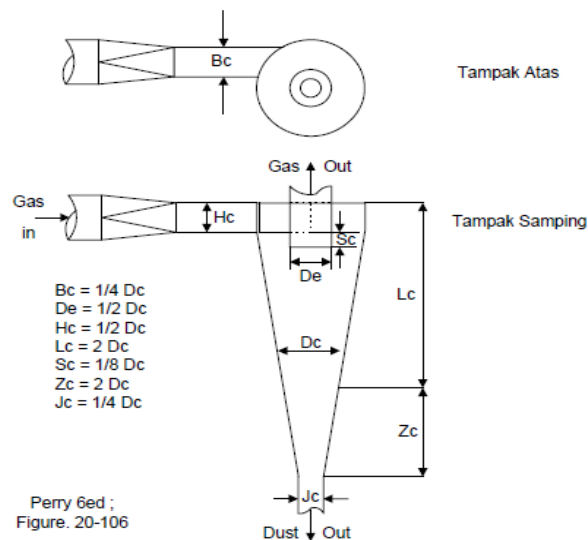
Resume			
Nama Alat	<i>Crystallizer</i>		
Kode	H-410		
Fungsi	Mengkristalkan larutan H ₃ BO ₃ menjadi kristal H ₃ BO ₃ dengan pendinginan		
Type	<i>Swenson-Walker Crystallizer</i>		
Spesifikasi :			
Kapasitas	109,8162 cuft	3,1096 m ³	821,5353 gall
Diameter	3,3408 ft	1,0183 m	
Panjang	11,0246 ft	3,3603 m	



Luas cooling area	151,4077 ft ² /cuft		
Power	2,5 Hp		

11. Perancangan Cyclone -01

- Fungsi : untuk memisahkan padatan Na₂SO₄ yang terikut di udara
 Type : Van Tongeren Cyclone
 Dasar pemilihan : Efektif dan sesuai dengan jenis bahan



Asumsi time pass = 2 detik

Rate udara = 1016,0492 kg/jam = 2240,0049 lb/jam

BM udara = 29 kg/kgmol

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

$\rho = 0,0591$ lb/cuft (Himmelblau hal 249)

rate volumetric udara = 10,5208 cuft/detik

Berat solid = 10,2614 kg/jam = 22,6225 lb/jam

Dari panas masuk arus 8 diketahui

F_v solid = 0,00004 cuft/detik

F_v air = 0,00011 cuft/detik

Total volumetric bahan = 10,5209 cuft/detik

Volume bahan = 21,0418 cuft = 0,5958 m³

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

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



$$24,0478 = 0,25 \times \pi \times D^2 \times H$$

$$D = 1,6470 \text{ ft} = 0,5020 \text{ m} = 19,7637 \text{ in}$$

$$H = 3,0120 \text{ m}$$

$$D_c = 19,7637 \text{ in}$$

$$B_c = \frac{1}{4} D_c = 4,9409 \text{ in}$$

$$D_e = \frac{1}{2} D_c = 9,8819 \text{ in}$$

$$H_c = 2 B_c = 9,8819 \text{ in}$$

$$L_c = 2 D_c = 39,5274 \text{ in}$$

$$S_c = \frac{1}{8} D_c = 2,4705 \text{ in}$$

$$Z_c = 2 D_c = 39,5274 \text{ in}$$

$$J_c = \frac{1}{4} D_c = 4,9409 \text{ in}$$

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

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

$$\rho \text{ solid} = 172,2975 \text{ lb/cuft}$$

$$\rho \text{ udara} = 63,8139 \text{ lb/cuft}$$

$$B_c = 4,9409 \text{ in} = 0,4117 \text{ ft}$$

$$\text{Area cyclone} = 2 \times B_c^2 = 0,3391 \text{ ft}^2 = 0,0315 \text{ m}^2$$

$$\text{Rate volumetric bahan} = 10,5209 \text{ cuft/dtik}$$

$$\text{Kecepatan bahan volumetric} = 31,0290 \text{ ft/detik}$$

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

$$D_{p_{\min}} = 0,000027 \text{ ft} = 0,000008 \text{ m}$$

Perancangan tebal shell dan tutup

Bahan dipilih Carbon stell

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

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

Tebal shell :

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

$$\text{Tebal shell rumusnya} =$$



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

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

$T_s = 0,1394$ in dirancang $3/16$ in = $0,0048$ m

Tebal tutup atas

Tebal tutup atas disamakan dengan tutup bawah

Tebal tutup bawah:

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

$\alpha = 15^\circ$

Tebal conical (tc) = $0,1399$ dirancang $3/16$ in = $0,0048$ m

Resume		
Nama Alat	<i>Cyclone-01</i>	
Kode	H-323	
Fungsi	Untuk memisahkan padatan Na_2SO_4 yang terikut udara	
Type	<i>Van Tongeren Cyclone</i>	
Spesifikasi :		
Kapasitas	21,0418 cuft/detik	
	dibuat 20% over design	
	25,2502 cuft/detik	
	2574,0178 m^3/jam	
	1515,0111 cuft/menit	
Diameter partikel	0,000027 ft	0,000008 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



Jumlah	1	
--------	---	--

12. Perancangan Cyclone -02

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

Resume		
Nama Alat	<i>Cyclone-02</i>	
Kode	H-433	
Fungsi	Untuk memisahkan padatan H_3BO_3 yang terikut udara	
Type	<i>Van Tongeren Cyclone</i>	
Spesifikasi :		
Kapasitas	32,4557 cuft/detik	
	dibuat 20% over design	
	38,9468 cuft/detik	
	3970,2597 m ³ /jam	
	2336,8088 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
Jumlah	1	

13. Perancangan Heater-01

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

Alat : *Heat Exchanger tipe Shell and Tube*

Letak : Setelah Mixer-01



Shell : Bahan

Tube : Steam

Kebutuhan pemanas adalah 567,8564 kg/jam

Perancangan alat heater -01

Fluida dingin :

Suhu masuk : $27,6015^{\circ}\text{C} = 81,6828^{\circ}\text{F}$

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

Massa masuk : $3530,9617 \text{ kg/jam} = 7784,3071 \text{ lb/jam}$

Fluida panas : kebutuhan pemanas = 567,8564 kg/jam

Beban pemanas = 298486,2457 kJ/jam

Suhu pemanas masuk: 150°C

Suhu pemanas keluar: 100°C

Menentukan spesifikasi alat

Fluida panas ($^{\circ}\text{F}$)		Fluida dingin	dT
302 (T1)	Higher temp	212 (t2)	90
212 (T2)	Lower temp	81,6828 (t1)	130,3172

dt1 = 130,3172 $^{\circ}\text{F}$

dt2 = 90 $^{\circ}\text{F}$

$$dt_2 - dt_1 = -40,3172^\circ\text{F}$$

Menghitung temperature caloric

$$R = (T_1 - T_2)/(t_2 - t_1) = 1,448$$

$$S = (t_2 - t_1)/(T_1 - t_1) = 0,4085$$

Dari Kern halaman 828

Fig 18 HE 1-2 didapatkan $F_t = 0,82$

$$dTLMTD = dT LMTD \times F_t = 89,413$$

$$dt_c/dt_h = dt_1/dt_2 = 0,6906$$

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2.3 \log \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} \times dTLMTD = 109,0402^\circ\text{F}$$

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

$$T_a = (T_1 + T_2)/2 = 146,8414^\circ\text{F}$$

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

$$K_c = 0,75 \text{ dan } F_c = 0,63$$

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

$$T_c = 129,9001^\circ\text{F}$$

$$t_c = t_1 + F_c(t_2 - t_1) = 245,3^\circ\text{F}$$

$$\text{densitas fluida di tube} = 952,48 \text{ kg/m}^3 = 59,4348 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{densitas fluida di shell} = 1649,7771 \text{ kg/L} = 102,9461 \text{ lb/cuft}$$

Menghitung viskositas fluida dingin 30°C



$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2$ suhu masuk fluida $63,8008^\circ\text{C} = 336,9508 \text{ K}$

Komponen	A	B	C	D	μ (cp)	
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$					0,4302	Yaws
CO_2	-19,4921	1594,8	0,0793	-0,0001	0,0199	Yaws
SO_4	-18,7045	3496,2	0,0331	1,7024E-05	7,6856	Yaws
Cl	-0,7681	154,1	-0,0008	4,075E-07	0,29909	Yaws
Fe					0,8977	Yaws
H_2O	-10,2158	1792,5	0,0177	1,263E-05	0,4406	Yaws
Total						

Menghitung viskositas steam masuk

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

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



Harga konduktivitas thermal : k (BTU/jam ft^oF)

Fluida dingin

Komponen	A	B	C	k (W/m K)	k (BTU/jam ft °F)	k . x (BTU/jam ft ^o F)
Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O				27,4000	0.261833902	12,7976
CO ₂	0,4320	-1,1929,E-03	-6,5352,E-17	0,0301	1.535008754	0,000003
SO ₄	0,1553	1,0699,E-03	-1,2858,E-06	0,3698	0.358980303	0,0001
Cl	0,2246	-6,4000,E-05	-7,8800,E-07	0,1136		0,000001
Fe	117,3180	-1,3759,E-01	5,4170,E-05	77,1072		0,0037
H ₂ O	-0,2758	4,6120,E-03	-5,5391,E-06	0,6493		0,0716
Total						12,8730

Fluida panas

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

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

Komp	A	B	C	k (W/m K)	k (BTU/jam ft °F)	x	k . x (BTU/jam ft ^o F)
H ₂ O	-0,2758	4,6120,E-03	-5,5391,E-06	0,6824	-0,2758	1	0,3936

Sumber = Yaws, 1991



Specific heats : c (BTU/lb°F) fluida dingin 63,8008°C

Komponen	c (BTU/lb °F)	Cp (J/mol K)	BM
Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	3,4398	5703,7127	381,37
CO ₂	7,9134	1514,2077	44,01
SO ₄	2,9171	1218,3441	96,06
Cl	2,0111	310,4061	35,5
Fe	4,1043	999,2985	56
H ₂ O	37,2738	2919,5587	18,01528
Total	57,6595		

Fluida panas 125°C

Komponen	c (BTU/lb °F)	Cp (J/mol K)	BM
H ₂ O	43,3318	3394,0643	18,0153

Specific gravity (s)

Fluida dingin

Komponen	S	X	s x
Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	1,7300	0,8084	1,3985
CO ₂	1,5280	0,0002	0,0003
SO ₄	1,8500	0,0004	0,0008
Cl	2,4860	0,00002	0,0001
Fe	7,8700	0,0001	0,0007
H ₂ O	1,0000	0,1909	0,1909
Total			1,5912

Fluida panas

Komponen	S	X	s x
H ₂ O	1	1	1



	Fluida Dingin	Fluida Panas
ρcampuran, (lb/ft ³)	102,9461	59,4348
μ.x (cp)	0,4351	0,2204
k (Btu/jam.ft.oF)	12,8730	0,3943
c (Btu/lb.oF)	57,6595	43,3318
s x	1,5912	1,0000

Untuk heater pemanas steam dan fluida dingin adalah bahan (aq) Kern hal840

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

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

$$A = Q / (Ud \times LMTD) = 314902,9892 / 17882,5944 = 17,6095 \text{ ft}^2$$

$$A = 17,6095 \text{ ft}^2$$

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

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

Jumlah tube :

$$N_t = 10,9817$$

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

Parameter design dari Tabel 9 Kern halaman 842

Pipa = 1,25 in OD tubes

Pitch = 1 9/16 square pitch

Shell side

ID = 10 in (Kern hal 842)

Buffel = 3

Pass (pasang) = 2

Tube side

Number and length = 12

OD = 1,25

BWG = 12

Pitch = 1 9/16 square pitch

Passes = 4



Tabel 10 kern halaman 843

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

Koreksi Ud

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

$$Ud = Q/(A \times LMTD) = 160,1501 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

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 = tube pitch = 1,5625 in

ID = 10 in

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

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

$w = 7784,3071 \text{ lb/jam}$

$a_s = 0,0965 \text{ ft}^2$ bisa dihitung $G_s = 80701,23976 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$

Menentukan bilangan Reynold

$G_s = 80701,2398 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$

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

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

$Re_s = \frac{G_s \cdot D}{\mu} = 7983,0296$

$jH = 55$ (fig 28 Kern 838)

Menentukan k dan c pada $t_a = 146,8414^\circ\text{F}$

$k = 12,873 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$

$c = 57,6595 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F}$

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

$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 21,5886 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$

Menentukan h_o

$h_o = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_s = 11398,7949 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$

Fluida dingin : Tube side

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

Dimana :

$N_t = 12$

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

$n = 4$

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

Fluks massa melalui tube (Gt)

$G_t = w / a_t$

$w = 1251,8879 \text{ lb/jam}$



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

$$Gt = 125450,1445 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

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

$$Gt = 125450,1445 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

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

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

$$Re_t = 15329,1853$$

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

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

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

$$c = 43,3318 \text{ BTU/lb }^\circ\text{F}$$

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

$$k \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 1,5315 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan h_i

$$h_i = jH \cdot \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_t = 1410,1181 \text{ BTU/jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan tube wall temperature

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

$$t_w = 142,6044 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_w = 334,5969 \text{ K}$$

$$t_w = 94,7483 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\mu \text{ suhu } 94,7483 \text{ }^\circ\text{C}$$

Fluida Dingin :

$$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = 0,4302 \text{ cp}$$

$$\text{CO}_2 = 0,0217 \text{ cp}$$

$$\text{SO}_4 = 8,0855 \text{ cp}$$

$$\text{Cl} = 0,2939 \text{ cp}$$

$$\text{Fe} = 0,8977 \text{ cp}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0,4568 \text{ cp}$$



Total = 0,1779 cp = 0,4306 lb/ft jam

Fluida Panas

H₂O = 0,4568 cp = 0,7026 lb/ft jam

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

$\phi_t = 1,1305$

Menentukan corrected coefficient

$$h_c = \frac{h_o}{\phi_s} \times \phi_s = 12886,6602 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\phi_s = \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} = 1,0219$$

Menentukan corrected coefesien

= 1441,0386 BTU/jam ft² °F

Clean Overall coefecient U_c

U_c = (h_{io} · h_o)/(h_{io} + h_o) = 1296,1031

Design overall coefecient U_d = 160,1501 BTU/jam ft² °F

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

$$R_D = \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D} = 0,0055 \text{ jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F/Btu}$$

Menghitung Pressure Drop

Fluida dingin : shell side

Res = 7983,0296

f (faktor friksi) = 0,0023ft²/in² (fig 29 Kern hal 839)

s = 1,5912

De = 0,8333 ft

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

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot D_e s \phi_s} = 0,0975 \text{ psi}$$

Tube side ;fluida panas

Ret = 15329,1853

f = 0,002 ft²/in² (fig 29 Kern hal 839)

s = 1

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5,22 \cdot 10^{10} D_t \cdot \phi_t} = 0,1268 \text{ psi}$$



Resume			
Kode	E-216		
Fungsi	Memanaskan larutan produk keluaran Mixer-01 dari suhu 30°C ke suhu 100°C		
Tipe	shell and tube heat exchanger		
Tube			
OD	1,25 in	0,03175 m	12 BWG
Panjang	2,1336 m		
<i>Pitch</i>	1 9/16 in square pitch		
Jumlah tube	12 buah		
passes	4		
Shell			
ID	10 in	0,254 m	
Passes	2		
HE area, A	17,6095 ft ²	1,6360 m ²	
Jumlah	1 buah		

14. Perancangan Heater-02

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

Alat : *Heat Exchanger tipe Shell and Tube*

Letak : Setelah Tangki H₂SO₄

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

Resume	
Kode	E-216
Fungsi	Memanaskan H ₂ SO ₄ dari suhu 30°C ke suhu 100°C
Tipe	shell and tube heat exchanger



Tube			
OD	1,25 in	0,03175 m	12 BWG
Panjang	2,1336 m		
<i>Pitch</i>	1 9/16 in square pitch		
Jumlah tube	12 buah		
passes	4		
Shell			
ID	10 in	0,254 m	
Passes	2		
HE area, A	4,7403 ft ²	0,4404 m ²	
Jumlah	1 buah		

15. Perancangan Cooler

Fungsi : Mendinginkan larutan H₃BO₃ darisuhu 100°C ke suhu 50 °C

Alat : *Heat Exchanger tipe Shell and Tube*

Letak : Sebelum masuk Crystallizer

Shell side : Bahan

Tube side : Pendingin (Air)

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

Resume			
Kode	E-412		
Fungsi	Mendinginkan larutan H ₃ BO ₃ darisuhu 100°C ke suhu 50 °C		
Tipe	shell and tube heat exchanger		
Tube			
OD	0,75 in	0,01905 m	12 BWG
Panjang	2,1336 m		



<i>Pitch</i>	1 in square pitch		
Jumlah tube	26 buah		
passes	2		
Shell			
ID	10 in	0,254 m	
Passes	1		
HE area, A	41,2234 ft ²	3,8298 m ²	
Jumlah	1 buah		

16. Perancangan Pompa-01

Fungsi : mengalirkan bahan baku asam sulfat dari truk ke tangkipenyimpanan

Tipe : Centrifugal pump

Langkah perencanaan :

a) Menentukan tipe pompa

Dalam perancangan ini dipilih pompa sentrifugal dengan pertimbangan :

- Dapat digunakan untuk kapasitas hingga 5000 gpm.
- Konstruksinya sederhana, harganya relative murah dan banyak tersedia di pasaran.
- Kecepatan putarannya stabil.
- Biaya perawatan paling murah dibandingkan dengan tipe pompa yang lain

b) Menentukan biaya konstruksi pompa

Bahan konstruksi yang dipilih adalah commercial steel karena :

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

Arus 4

$$\text{Massa total} = 718,4857 \text{ kg/jam} = 0,4400 \text{ lb/s}$$

$$\mu \text{ campuran} = 19,5460 \text{ cP} = 0,0131 \text{ lb/ft.s}$$

$$\rho \text{ campuran} = 1824,2149 \text{ kg/m}^3 = 113,8821 \text{ lb/ft}^3$$



rate volumetrik (Q) = $m / \rho = 0,0039 \text{ ft}^3/\text{s} = 1,7341 \text{ gpm}$

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

$$D_{i,opt} = 3,6q_f^{0,40} \mu_c^{0,20} \quad (\text{Peters, hal 365})$$

Dimana :

Di_{opt} = diameter dalam, in

Q = kecepatan volumetric

μ = viskositas fluida, cP

sehingga,

$$Di_{opt} = 0,1640 \text{ in}$$

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

$$OD = 0,405 \text{ in} = 0,0338 \text{ ft} = 0,0103 \text{ m}$$

$$ID = 0,269 \text{ in} = 0,0224 \text{ ft} = 0,0068 \text{ m}$$

$$A = 0,0004 \text{ ft}^2 = 0,0576 \text{ in}^2$$

Menghitung kecepatan linier

$$v = Q / A$$

dimana :

v = kecepatan linier aliran fluida, ft/s

Q = laju alir volumetric, ft^3/s

A = inside sectional area, ft^2

Sehingga, $v = 9,6590 \text{ ft/s} = 2,9441 \text{ m/s}$

Menghitung Reynold number (NRe)

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

Dimana :

ρ = densitas cairan (lb/ft^3)

ID = diameter dalam pipa (ft)

μ = viskositas ($\text{lb}/\text{ft}\cdot\text{s}$)

v = kecepatan linier (ft/s)

Sehingga : $NRe = 2145,4882$ ($NRe > 2100$, jadi aliran turbulen)

Head loses (Hf)

a) Sudden Contraction Losses



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

dimana :

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

$$k_c = 0,4995$$

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

$$h_c = 0,7243 \text{ lbf.ft/lbm}$$

b) Sudden Enlargement Losses

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

$$= 1$$

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

$$= 1,4499 \text{ lbf.ft/lbm}$$

c) Losses in fitting and valve

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

dari table 2.10-1 Geankoplis, hal 99 didapat :

	k _f
Elbow 90°	0,75
Gate valve (wide open)	0,17
Coupling	0,04
Asumsi panjang pipa	= 18 m = 59,0544 ft

Maka,

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

Sehingga :

$$h_f = k_f \times (V^2 / 2 \times g_c)$$

$$= 2,54 \times (121,8574 / 64.348)$$

$$= 3,6827 \text{ lbf.ft/lbm}$$

d) Losses in pipe straight

$$h_F = (4f \times v^2 \times \Sigma L_e) / (2 \times ID \times g_c)$$

dimana :

h_F = friction loss (ft.lbf/lbm)

f = faktor friksi

v = kecepatan linier fluida (ft/s)

ΣL_e = panjang equivalen pipa (ft)

g_c = 32,174 lbf.ft/lbf.s²

dari tabel 2.10-1 Geankoplis hal 99, didapat :

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

Maka :

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

Menghitung fanning friction factor (f)

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

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

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

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

$$\text{Sehingga : } h_F = 223,6390 \text{ lbf.ft/lbm}$$



Menghitung static head

$$Z1 = 0 \text{ ft}$$

$$Z2 = 10,6149 \text{ ft}$$

$$\Delta Z = Z2 - Z1 = 10,6149 \text{ ft}$$

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

$$\Delta Z (g/gc) = 10,6149 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Menghitung velocity head

V1 = kecepatan linier fluida dari tangki ke pipa

V2 = kecepatan linier fluida ke tangki

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

Sehingga velocity head $(v^2 / 2agc) = 1,4499$

Menghitung pressure head

$$P1 = 1 \text{ atm} = 2116 \text{ lb/ft}^2$$

$$\Delta P = P1 \times \text{velocity}$$

$$= 2116 \times 1,4499$$

$$= 3067,9520 \text{ lb/ft}^2$$

$$\Delta P/\rho = 26,9397$$

Menghitung energi mekanik pompa

$$-Wf = [\Delta V^2 / (2 \times \alpha \times gc) + (\Delta z \times (g / gc) + (\Delta P / \rho) + \sum F$$

$$-Wf = 268,5003 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Menghitung broke horse power (BHP)

$$\text{BHP} = (Qf \cdot \rho \cdot (-Wf) / 550 \cdot \eta)$$

Dari figure 10.62 coulson, untuk $Qf = 1,7341 \text{ gpm} = 0,3939 \text{ m}^3/\text{jam}$

Diperoleh η pompa = 35%

Sehingga :

$$\text{BHP} = 0,6137$$

Menghitung tenaga motor

Dari fig. 14-38, Peters hal 521, untuk $\text{BHP} = 0,6137$

$H_p = 0,4576$, diperoleh η motor = 0,8

Sehingga power motor yang diperlukan :

$$P \text{ motor} = \text{BHP} / \eta = 0,6137 / 0,8 = 0,7671 \text{ Hp}$$



Dipilih motor standar dengan power = 1 Hp

Resume		
Nama Alat	Pompa-01	
Kode	L-211	
Fungsi	Mengalirkan bahan baku Asam Sulfat dari truk ke tangki penyimpanan	
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Rate Volumetrik	0,0039 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	9,6590 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	1/8 in
	Sch. Number	40
	OD	0,405 in
	ID	0,269 in
	Flow Area	0,0576 in ²
Power Pompa	0,6137 Hp	
Power Motor	1 Hp	
Jumlah	2	

17. Perancangan Pompa-02

Fungsi : mengalirkan bahan baku asam sulfat dari tangkapenyimpanan ke reaktor

Tipe : Centrifugal pump

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

Resume	
Nama Alat	Pompa-02



Kode	L-213	
Fungsi	Mengalirkan bahan baku Asam Sulfat dari tangki penyimpanan ke reaktor	
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Rate Volumetrik	0,0039 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	9,6590 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	1/8 in
	Sch. Number	40
	OD	0,405 in
	ID	0,269 in
	Flow Area	0,0576 in ²
Power Pompa	0,5897 Hp	
Power Motor	1 ½ Hp	
Jumlah	2	

18. Perancangan Pompa-03

Fungsi : Mengalirkan larutan boraks dari tangki mixer ke reaktor

Tipe : Centrifugal pump

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

Resume	
Nama Alat	Pompa-03
Kode	L-215
Fungsi	Mengalirkan larutan boraks dari tangki mixer ke reaktor



Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Rate Volumetrik	0,0217 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	2,0889 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	1 1/4 in
	Sch. Number	40
	OD	1,66 in
	ID	1,38 in
	Flow Area	1,4976 in ²
Power Pompa	0,1328 Hp	
Power Motor	1 Hp	
Jumlah	2	

19. Perancangan Pompa-04

Fungsi : Mengalirkan produk keluaran reaktor menuju centrifuge 1

Tipe : Centrifugal pump

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

Resume	
Nama Alat	Pompa-04
Kode	L-311
Fungsi	Mengalirkan produk keluaran reaktor menuju centrifuge 1
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>
Rate Volumetrik	0,0264 ft ³ /s



Kecepatan Aliran	1,8687 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	1 1/2 in
	Sch. Number	40
	OD	1,9 in
	ID	1,61 in
	Flow Area	2,0362 in ²
Power Pompa	0,0641 Hp	
Power Motor	1 Hp	
Jumlah	2	

20. Perancangan Pompa-05

Fungsi : Mengalirkan larutan asam borat dari centrifuge 1 menuju crystallizer

Tipe : Centrifugal pump

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

Resume		
Nama Alat	Pompa-05	
Kode	L-411	
Fungsi	Mengalirkan larutan asam borat dari centrifuge 1 menuju crystallizer	
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Rate Volumetrik	0,0251 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	1,7725 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	1 1/2 in
	Sch. Number	40



	OD	1,9 in
	ID	1,61 in
	Flow Area	2,0362 in ²
Power Pompa	0,0555 Hp	
Power Motor	1 Hp	
Jumlah	2	

21. Perancangan Pompa-06

Fungsi : Mengalirkan *mother liquordari* centrifuge 2 menuju UPL

Tipe : Centrifugal pump

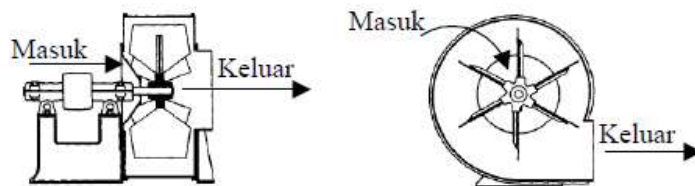
Perhitungan sama seperti perancangan pompa-01 dan didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

Resume		
Nama Alat	Pompa-06	
Kode	L-411	
Fungsi	Mengalirkan <i>mother liquordari</i> centrifuge 2 menuju UPL	
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Rate Volumetrik	0,0131 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	1,2638 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	1 1/4 in
	Sch. Number	40
	OD	1,66 in
	ID	1,638 in
	Flow Area	1,4976 in ²

Power Pompa	0,0240 Hp
Power Motor	1 Hp
Jumlah	2

22. Perancangan Blower-01

- Tugas : Menghembuskan udara ke dalam Rotary Dryer-01
 Fungsi : Memindahkan udara dari udara bebas ke Rotary Dryer
 Type : Centrifugal Blower
 Dasar pemilihan : Sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi



Perhitungan rate udara :

Perhitungan rate udara :

Massa udara = 1016,0492 kg/jam = 2240,0049 lb/jam

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

BM udara = 29 kg/kgmol

$\rho = 0,0728 \text{ lb/cuft}$ (Himmelblau;249)

Rate volumetric $2240,0049 \text{ lb/jam} / 0,0728 \text{ lb/cuft} = 871,3998 \text{ m}^3/\text{jam}$

Asumsi aliran turbulen :

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

OD : 12,75 in

ID : 12,09 in

A : 115 in²

Perhitungan Power

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

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

$$P_2 = P_1 + \text{delta}P \text{ pipa} + \text{delta}P \text{ heater} = 14,7 + 2 + 2 = 18,7 \text{ psi}$$



$$Hp = 0,0044 \times 512,8870 \times 14,7 \times \ln (18,7/14,7) = 7,9841 \text{ Hp}$$

Dengan asumsi efisiensi motor 80% maka : 9,9801 Hp

Adiabatic head = : 46861,1 cuft/menit

Adiabatic head : 995 ft lbf/lbm gas

Efisiensi motor : 80 995 ft lbf/lbm gas (Perry 6ed fig 6-35)

Resume	
Nama Alat	Blower-01
Kode	E-322
Fungsi	Memindahkan udara dari udara bebas ke rotary dryer-01
Type	<i>Centrifugal Blower</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>
Spesifikasi :	
Rate Volumetrik	512,8870 ft ³ /menit
Adiabatic Head	995 ft.lbf/lbm gas
Effisiensi motor	80%
Power	10 Hp
Jumlah	1

23. Perancangan Blower-02

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

Resume	
Nama Alat	Blower-02
Kode	E-432
Fungsi	Memindahkan udara dari udara bebas ke rotary dryer-02
Type	<i>Centrifugal Blower</i>

Bahan	<i>Commercial Steel</i>
Spesifikasi :	
Rate Volumetrik	791,0953 ft ³ /menit
Adiabatic Head	995 ft.lbf/lbm gas
Effisiensi motor	80%
Power	16 Hp
Jumlah	1

24. Perancangan Screw Conveyor-01

Fungsi : Memindahkan bahan dari centrifuge-01 ke RD-01

Tipe : *Plain spouts or chutes*

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk padatan dengan sistem tertutup

Kondisi operasi : T = 40 °C dan P = 1 atm

Dari neraca massa dan panas didapatkan laju alir dan densitas

Fv = 3208,8245 kg/jam = 7074,246576 lb/jam

ρ bahan = 1294,4467 kg/m³ = 80,8111 lb/cuft

Volumetrik bahan = 87,5405 cuft/jam = 1,4590 cuft/menit

ρ bahan : 80,8111 lb/cuft termasuk kelas D (Badger, Tabel 16-6)

dengan F = 3

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

C = kapasitas, cuft/menit

L = panjang, ft asumsi panjang screw 4 m = 50 ft

W = densitas bahan, lb/cuft

F = faktor bahan

Power motor = 0,5359 HP untuk power < 2 HP maka dikalikan 2 (Badger; 713)

Power = 1,0719 HP

Jika efisiensi motor 80% , maka power menjadi 1,3398 HP

Dari fig 16-20 Badger untuk kapasitas 87,5405 ft³/jam digunakan ukuran :

Diameter = 16 in

Kecepatan putaran = 13 rpm



Resume		
Nama Alat	Screw conveyor -01	
Kode	J-421	
Fungsi	Memindahkan bahan dari Kristaliser ke Centrifuge-02	
Type	<i>Plain spouts or chutes</i>	
Spesifikasi :		
Kapasitas	87,5405 ft ³ /jam	2,4789 m ³ /jam
Panjang	50,0000 ft	15,24 m
Diameter	16 in	0,4064 m
Kecepatan putaran	13 rpm	
Power	2,0000 Hp	
Jumlah	1	

25. Perancangan Bucket Elevator 1

Fungsi : Memindahkan bahan baku boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) dari truk ke silo penyimpanan boraks

Tipe : *Countinous Discharge Bucket Elevator*

Dasar pemilihan : Untuk memindahkan dengan bahan ketinggian tertentu

Perhitungan

Rate massa: 2856,7965 kg/jam = 2,8568 ton/ja

Tinggi bucket : tinggi silo + jarak dari dasar = 5,9513 + 1 = 6,9513 m = 22,8061 ft

Pemilihan power (Perry 7ed tabel 21-8)

Kapasitas maksimum : 14ton/jam

Power pada head shaft : 1 Hp

Power tambahan : 0,02 Hp tiap ft

Power tambahan : 0,4561Hp + 1,0 Hp

Power total = 1, 4561 Hp

Efisiensi motor 80%



Power total = 1,8202 HP

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

Spesifikasi :

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

Bucket spacing : 12 in = 0,3048 m

Pusat elevator : 25 ft = 7,62 m

Ukuran feed (maks) : 0,75 in = 0,0191 m

Bucket speed : (rate massa (ton/jam) x 225 ft/menit)/ kapasitas max (ton/jam)
: 45,9128 ft/menit = 0,2332 m/detik

Putaran head shaft : (rate massa (ton/jam) x 43 rpm)/ kapasitas max (ton/jam)
: 8,7744 rpm

Lebar belt : 7 in = 0,1778 m

Resume		
Nama Alat	Bucket Elevator – 01	
Kode	J-111	
Fungsi	Memindahkan bahan baku boraks (Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O) dari truk ke silo penyimpanan boraks	
Type	Continuous Discharge Bucket Elevator	
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	6,9513 m	22,8061 ft
Ukuran Feed (maximum)	¾ in	0,0191 m
Bucket Speed	45,9128 ft/menit	0,2332 m/s
Putaran Head Shaft	8,7744 rpm	



Lebar Belt	7 in	0,1778 m
Power total	2 Hp	
Alat pembantu	Hopper Chute (pengumpan)	
Jumlah	1	

26. Perancangan Bucket Elevator 2

Fungsi : Memindahkan bahan baku boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) dari silo ke hopper

Tipe : Countinous 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	Bucket Elevator – 02	
Kode	J-111	
Fungsi	Memindahkan bahan baku boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) dari silo ke hopper	
Type	Continuous Discharge Bucket Elevator	
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	14,3070 m	46,9391 ft
Ukuran Feed (maximum)	¾ in	0,0191 m
Bucket Speed	45,9128 ft/menit	0,2332 m/s
Putaran Head Shaft	8,7744 rpm	



Lebar Belt	7 in	0,1778 m
Power total	3 Hp	
Alat pembantu	Hopper Chute (pengumpan)	
Jumlah	1	

27. Perancangan Bucket Elevator 3

Fungsi : Memindahkan produk asam borat dari cooling conveyor ke silo penyimpanan produk asam borat

Tipe : Countinous 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	Bucket Elevator – 03	
Kode	J-111	
Fungsi	Memindahkan produk asam borat dari cooling conveyor ke silo penyimpanan produk asam borat	
Type	Continuous Discharge Bucket Elevator	
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	6,3571 m	20,8567 ft
Ukuran Feed (maximum)	¾ in	0,0191 m
Bucket Speed	28,7375 ft/menit	0,1460 m/s



Putaran Head Shaft	5,4921 rpm	
Lebar Belt	7 in	0,1778 m
Power total	2 Hp	
Alat pembantu	Hopper Chute (pengumpan)	
Jumlah	1	

28. Perancangan Bucket Elevator 4

Fungsi : Memindahkan produk samping natrium sulfat dari cooling conveyor ke silo penyimpanan produk samping

Tipe : Countinous 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	Bucket Elevator – 04	
Kode	J-111	
Fungsi	Memindahkan produk samping natrium sulfat dari cooling conveyor ke silo penyimpanan produk samping	
Type	Continuous Discharge Bucket Elevator	
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	4,6616 m	15,2939 ft
Ukuran Feed (maximum)	¾ in	0,0191 m



Bucket Speed	16,5175 ft/menit	0,0839 m/s
Putaran Head Shaft	8,7744 rpm	
Lebar Belt	7 in	0,1778 m
Power total	2 Hp	
Alat pembantu	Hopper Chute (pengumpan)	
Jumlah	1	

29. Perancangan Belt Conveyor 1

Fungsi : Mengangkut natrium sulfat dari RD-01 ke BE-02

Jenis : *Horizontal belt conveyor*

Laju alir massa = 1039,8064 kg/jam

Faktor kelonggaran (fh) = 20%

Kapasitas = $(1+fh) \times \text{laju alir massa} = 1247,7677 \text{ kg/jam} = 1,2478 \text{ ton/jam}$

Tabel 21-7 Perry 7th edition, hal 1923, spesifikasinya adalah sebagai berikut :

Untuk belt conveyor kapasitas = 1,2478 ton/jam

Kapasitas maksimal = 32 ton/jam

Dipakai :

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

b) Luas area = $0,11 \text{ ft}^2 = 0,0102 \text{ m}^2$

c) Kecepatan belt normal = 200 ft/min = 60,96 m/min = 1,0160 m/s

d) Kecepatan belt maksimum = 300 ft/min = 91,44 m/min = 1,524 m/s

e) Belt plies maksimum = 5

f) Belt plies minimum = 3

g) Kecepatan belt = 100 ft/min = 30,48 m/min = 0,5080 m/s

Untuk kapasitas = 1,2478 ton/jam

Maka kecepatan belt = $(\text{kapasitas} / \text{kapasitas maks}) \times \text{kecepatan belt} = 3,8993 \text{ ft/min}$

h) Power belt conveyor

Persamaan design Brown, hal 57



$$H_p = [F_x(L+L_o) \times (T+0,03WS) + T \Delta Z] / 990$$

Asumsi panjang belt = 5 m = 16,4042 ft

Dimana :

H_p : tenaga yang diperlukan

F : Faktor friksi, dipakai = 0,05

L : panjang belt conveyor = 16,4042 ft

L_o : 100 ft (untuk plain bearing)

S : kecepatan belt = 3,8993 ft/min

T : kapasitas = 1,2478 ton/jam

ΔZ : kenaikan elevasi material = 0

W : massa bagian yang bergerak per ft jarak, lb

Ditetapkan = 1 lb/in, lebar belt = 14 in

Jadi,

$$H_p = 0,0083 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 0,8$$

$$\text{Power motor} = H_p \text{ total} / \text{efisiensi} = 0,0083 / 0,8 = 0,0104 \text{ Hp} = 0,5 \text{ Hp}$$

Resume		
Nama Alat	Belt conveyor – 01	
Kode	J-321	
Fungsi	Mengangkut Natrium Sulfat dari RD-01 ke BE-01	
Jenis	<i>Horizontal Belt Conveyor</i>	
Bahan	Karet	
Spesifikasi :		
Kapasitas maksimal	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 Screw Conveyor- 02

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

Jenis : *Horizontal screw conveyor*

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

Resume		
Nama Alat	Screw conveyor – 02	
Kode	J-321	
Fungsi	asam borat dari Centrifuge-02 ke Rotary dryer-02	
Jenis	<i>Horizonzal screw 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 normal	1,0160 m/s	
Kecepatan 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	

31. Perancangan Belt Conveyor 2

Fungsi : Mengangkut asam borat dari RD-02 ke BE-03

Jenis : *Horizontal belt conveyor*

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

Resume		
Nama Alat	Belt conveyor – 03	
Kode	J-321	
Fungsi	Mengangkut asam borat dari RD-02 ke BE-03	
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	
-------------	--------	--

32. Perancangan Screw Conveyor 3

Fungsi : Mengangkut Asam borat dari centrifuge-02 ke RD-02

Jenis : *Horizontal screw conveyor*

Perhitungan sama seperti pada perancangan screw conveyor – 02, dan didapatkan spesifikasinya sebagai berikut :

Resume		
Nama Alat	Screw conveyor – 03	
Kode	J-321	
Fungsi	Mengangkut Asam borat dari centrifuge-02 ke RD-02	
Jenis	<i>Horizonzal Screw 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	



33. 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 = 2856,7965 kg/jam = 6298,1579 lb/jam

Menentukan kapasitas hopper

Menghitung banyaknya boraks yang disimpan selama 7 hari :

$m_f = 2856,7965 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 7 \text{ hari}$

$= 479941,8196 \text{ kg}$

Menghitung kapasitas hopper

Volume hopper = $m_f / \rho \text{ campuran} = 479941,8196 \text{ kg} / 1740,3327 \text{ kg/m}^3$

$= 275,7759 \text{ m}^3$

Overdesign 10%

Volume hopper = $303,3535 \text{ m}^3 = 10712,8376 \text{ ft}^3 = 80142,7381 \text{ gal}$

$H = 2D$

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

$D = 5,5652 \text{ m} = 219,1026 \text{ in}$

$H = 11,1304 \text{ m} = 438,205197 \text{ in}$

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

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

$$\text{Tebal dinding} = \boxed{T = \frac{P \cdot r}{f \times E - 0,6 \cdot P} + C} \quad (\text{Brownell, hal 254})$$

Dimana : $f = 18750$

$E = 0,85$

$C = 1/8$

$P = 1 \text{ atm}$

Tekanan perancangan



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

$$r = \frac{1}{2} \times D = 0,8481 \text{ ft} = 10,1776 \text{ in}$$

$$\text{Tebal dinding} = 0,1344 \text{ in} = 0,0034 \text{ m}$$

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

Resume		
Nama Alat	Hopper	
Kode	J-114	
Fungsi	Menampung sementara boraks sebelum masuk mixer	
Bahan	Stainless steel SA-167 tipe 304	
Spesifikasi :		
Jumlah	1	
Bentuk	Kerucut	
Volume hopper	303,3535 m ³	10712,9286 ft ³
Diameter	5,5652 m	
Tinggi silinder	11,1304 m	
Tinggi kerucut	4,1070 m	
Diameter lubang	0,6161 m	
Tebal dinding	$\frac{3}{16}$ in	0,0048 m

LAMPIRAN UTILITAS

Unit Penyediaan dan Pengolahan air

1. Air untuk keperluan umum jumlah total 1560 kg/jam
2. Air proses total 674,1651 kg/jam dan make up 80,8998 kg/jam
3. Air untuk boiler total 76,8695 kg/jam dan make up 9,2243 kg/jam
4. Air untuk cooling tower 3157,5932 kg/jam dan make up 378,9112 kg/jam

1. Udara Tekan

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

Tugas : Menekan udara lingkungan untuk keperluan instrumentasi

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

Kompresor udara

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

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

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

$P_1 =$ tekanan udara = 1 atm

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

$V_w = 57,8036 \text{ m}^3/\text{jam} = 2037,3029 \text{ cuft}/\text{jam} = 33,9550 \text{ cuft}/\text{min}$

Dari fig 1 Branen, didapat kompresor yang digunakan reciprocating

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

Compresor ratio = 1,3

Dipilih reciprocating compressor 1 stage horizontal

BM rata – rata = 28,14

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

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

$n = 1,4$

$T_1 = 303,15 \text{ K}$

$P_2/P_1 = 1,3$

$\text{BHP} = 892,6782 \text{ J/mol}$



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

Actual work required = BHP/efisiensi = 1373,3511 J/mol

Kecepatan udara masuk = $(P_1 \times V_w) / (R \times T_1) = 2,3236 \text{ kmol/jam}$

Power motor = $(1373,3511 / 3600) \times 2,3236 = 0,8864 \text{ kW} = 1,1878 \text{ HP}$

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

Suhu air keluar cooling : $27 \text{ }^\circ\text{C} = 80,6 \text{ }^\circ\text{F}$

Kecepatan pemasukan: $3789,1118 \text{ kg/jam} = 16,9874 \text{ gpm}$

Digunakan udara sebagai medium pendingin dengan 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 $30 \text{ }^\circ\text{C} = 0,0272 \text{ lb air/lb udara}$ 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

$W_c = 3789,1118 \text{ kg/jam}$

$W_e = 106,2846 \text{ kg/jam} = 234,3171 \text{ lb/jam}$

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

Udara yang dipindahkan $8627,2873 \text{ lb udara kering / jam}$

Kecepatan air 5 gpm

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

$\rho \text{ air} = 997 \text{ kg/m}^3 = 28,2356 \text{ kg/cuft}$

$\mu \text{ air} = 0,85 \text{ cp} = 2,057 \text{ lb/ft jam} = 3,0612 \text{ kg/ m jam}$

laju alir massa = $63,1519 \text{ kg/menit}$

$Q_t = 2,2366 \text{ cuft/menit} = 16,6665 \text{ gpm}$

Cooling tower area = debit air yang diinginkan / kecepatan air = $3,3333 \text{ ft}$

Over design 20%



$$\text{Luas cooling area} = 4 \text{ ft}^2 = 0,3716 \text{ m}^2$$

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

Maka tower rancangan berbentuk persegi

Kebutuhan make up air cooling tower

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

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

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

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

$$W_b = W_e / (s-1) = 58,5793 \text{ lb/jam}$$

$$W_d = 0,0469 \text{ lb/jam}$$

Jadi,

$$W_m = W_e + W_d + W_b = 3189,0477 \text{ kg/hari}$$

Daya penggerak fan cooling tower

Performance cooling tower 90%

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

Tenaga yang dibutuhkan (BHP) = luas tower x daya penggerak fan = 0,12 Hp

Efisiensi motor 80%

$$\text{Power motor} = \text{BHP}/80\% = 0,15 \text{ HP}$$

Digunakan 1 fan dengan motor 8 HP

2.2 Bak penampung sementara (BU-01)

Tugas : menampung air dan selanjutnya didistribusikan ke semua pengolahan air

$$\text{Kapasitas} = 6250,3533 \text{ kg/jam}$$

Dirancang oversized 20% dan waktu tinggal dalam tangki 1 jam

$$\text{Volume tangki} = 7,5332 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Dimensi : } L = 0,9802 \text{ m}$$

$$P = 1,9603 \text{ m}$$

$$\backslash \quad T = 3,9206 \text{ m}$$

Bahan digunakan adalah beton

2.3 Demineralizer

Tangki kation exchanger (TU-03)

Bahan :Stainless steel 304

Tugas : Menurunkan kesadahan air umpan boiler

Resin : Natural Greensand Zeolit

Kapasitas

Jumlah air diolah (W) : 92,2434 kg/jam

Densitas (p) : 995,647 kg/m³

Overdesign : 20%

Kapasitas : $1,2 \times W / p = 0,1112 \text{ m}^3/\text{jam}$

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 penampang kolom (A) = Q / kec air = 0,0152 m²

Diameter = $D = (4 A / \pi)^{0,5} = 0,1390 \text{ m}$

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= 1594,35475 grain



Volum bed zeolite $V = \text{kesadahan air yang dihilangkan} / \text{kapasitas zeolite} = 0,5315$
cuft = $0,0150 \text{ m}^3$

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 = 0,7972 lb/ waktu siklus

= 0,3616 kg/waktu siklus

Tangki anion exchanger (TU-04)

Tugas : Menghilangkan anion dari air keluaran kation exchanger

Resin : Synthetix resin anion exchanger

Kapasitas (W) = 92,2434 kg/jam

ρ : 995,6470 kg/m²

Overdesign: 20%

Kapasitas (Q) : $1,2 \times W / \rho = 1,0385 \text{ m}^3/\text{jam}$

Perancangan waktu siklus anion exchanger

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

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

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

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

Karakteristik synthetic resin anion exchanger

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

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

Kebutuhan regenerasi NaOH = 12 lb/cuft

Dirancang :

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

Luas penampang kolom (A) = $Q / \text{kec air} = 0,0091 \text{ m}^2$

Diameter = $(4 \times A / \pi)^{0,5} = 0,1076 \text{ m}$

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



Dipakai kapasitas resin = 10000 grain / cuft

Diperkirakan :

Total anion sebelum lewat AEU = 70 ppm

Total anion setelah lewat AEU = 0 ppm

Total anion yang dihilangkan selama waktu operasi = 0,1453 kg = 2242,0613 grain

Volume bed resin (V) = kesadahan air dihilangkan / kapasitas resin = 0,2242cuft

Volume bed resin (V) = 0,0063 m³

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 = 53,5222 lb/waktu siklus

= 24,2773 kg/waktu siklus

2.4 Tangki demineralisasi (TU-08)

Tugas : Menampung air demineralisasi

Bahan : Carbon steel

Kecepatan volumetric : 0,1112 m³/jam

Waktu tinggal : 1 jam (Perry 1997)

Overdesign 10%

Volume tangki : 0,8338 m³

Diambil H = D

$D = H = (4.V / \pi)^{1/3} = 0,8913\text{m}$

2.5 Deaerator (De)

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

Bahan : Stainless steel SA-167 type 304

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 : 92,2434 kg/jam = 5,1203 kmol/jam

Kecepatan steam: 1000 kg/jam = 55,5084 kmol/jam

Massa jenis air: 995,647 kg/m³

Massa jenis steam : 955,7704 kg/m³

Viskositas air : 1 cP = 0,001 Ns/m²

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

$FL_v = 0,09$

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

Didapat $K_4 = 0,5$

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

$V_w' = ((0,5 \times 955,7704 \times (995,647 - 955,7704) / (42,9 \times 160 \times (0,001/995,647)^{0,1})^{0,5}$

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

Luas penampang = $1000 / (3,324 \times 3600) = 0,0836 \text{ m}^2$

Diameter bed = $(4 \times 0,0836 / 3,14)^{0,5} = 0,3263 \text{ m}$

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

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

H_o (tinggi bed) = 0,5 m

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

H_2 (tinggi ruang dibawah bed = $H_o/2 = 0,25 \text{ m}$

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

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

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

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

Volume = $3,14 \times (0,33/2)^{0,5} \times 1,165$

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

Volume = 26,3122 gallon

2.6 Boiler (BL)

Tugas : menghasilkan steam yang digunakan di peralatan proses

Jenis : fire tube tube boiler

Jumlah steam : 92,2434 kg/jam = 203,4058 lb/jam

Dari steam table



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

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

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

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

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

Efisiensi boiler 85%

$$\text{Air umpan} = 92,2434 \text{ kg/jam} / 85\% = 108,5 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Suhu air umpan (T1)} = 80,6^{\circ}\text{F} = 27^{\circ}\text{C}$$

$$C_p \text{ air} = 1 \text{ kg/L}$$

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

$$\text{Beban boiler} = 233471 \text{ kJ/jam}$$

Digunakan bahan bakar fuel oil (solar) dengan spesifikasi

$$\text{Normal heating value (F)} = 45600 \text{ kJ/kg}$$

(<https://www.engineeringtoolbox.com>)

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

Efisiensi 80%

$$\text{Kebutuhan solar} = Q / (F \times \rho) = 7,56 \text{ L/jam}$$

$$\text{Kebutuhan solar} = 181,56 \text{ L/hari}$$

2.7 Tangki larutan N_2H_2

Tugas : membuat larutan N_2H_2 yang mencegah pembentukan kerak dalam proses

Bentuk tangki : silinder tegak

$$\text{Air yang diolah sebanyak} = 92,2434 \text{ kg/jam} = 0,0922 \text{ m}^3/\text{jam} = 24,3694 \text{ gallon/jam}$$

$$\text{Kebutuhan } \text{N}_2\text{H}_2 = 30 \text{ ppm} = 0,0028 \text{ kg/jam} = 0,1464 \text{ lb/hari}$$

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

$$\text{Volume } \text{N}_2\text{H}_2 = 0,0023 \text{ cuft/hari}$$

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

Overdesign 20%

Dibuat larutan N_2H_2 5 %

$$\text{Volume larutan} = 1,4079 \text{ cuft} = 0,0399 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki} = 0,0478 \text{ m}^3$$



Ukuran tangki = $H/D = 1$

$$H = D = (4V / \pi)^{1/3} = 0,3935 \text{ m}$$

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

Spesifikasi :

Diameter : 0,3935 m

Tinggi : 0,3935 m

Jenis pengaduk : marine propeller 3 blade

Bahan : fiber

2.8 Tangki karbon aktif (TU-01)

Fungsi : Membersihkan air dari bau dan rasa yang kurang sedap

Bahan : Carbon steel (SA-283)

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

Kebutuhan karbon aktif : 6 lb/ 100000 gallon

Kebutuhan karbon aktif = $6 \times 220648,1472 / 100000 = 13,2389 \text{ lb/bulan}$

ρ karbon aktif = 27 lb/cuft

Volume = $13,2389 / 27 \times 1 \text{ bulan} = 0,4903 \text{ cuft}$

Overdesign 20% maka

$$V = 0,5884 \text{ cuft} = 0,0167 \text{ m}^3$$

Bentuk tangki $H/D = 2$

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

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

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

$$H = 1,4420 \text{ m} = 0,4395 \text{ ft}$$

2.9 Tangki kaporit

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

Bahan : Fiber

Jumlah air yang diolah = 1160 kg/jam

Kebutuhan kaporit = 5 ppm

Kebutuhan kaporit = $(5/1000000) \times 1160 = 0,0058 \text{ kg/jam}$

Kebutuhan larutan kaporit 5% = $(100/5) \times 0,0058 = 0,1160 \text{ kg/jam}$

Densitas larutan dianggap 997 kg/m³

Keperluan 1 bulan :



$$\text{Volume cairan} = 30 \times 24 \times (0,1160/997) = 0,0838 \text{ m}^3$$

$$\text{Overdesign 20\% maka } V = 0,1005 \text{ m}^3$$

$$H/D = 2$$

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

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

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

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

2.10 Tangki air sanitasi

Fungsi : menampung air bersih untuk perkantoran sehari – hari

Bahan : carbon steel (SA-283)

Bentuk : silinder vertical

Air ditampung : 1160 kg/jam = 1,16 m³/jam = 27,84 m³/hari

Kapasitas 7 hari kedepan:

Overdesign 20%

$$\text{Volume : } 27,84 \times 7 \times 1,2 = 233,8560 \text{ m}^3$$

$$D/H = 2$$

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

$$H = 5,3009 \text{ m}$$

$$D = 10,6018 \text{ m}$$

2.11 Tangki larutan HCl

Tugas : Membuat larutan HCl yang akan digunakan regenerasi Kationexchanger

Bentuk tangki : silinder tegak

Bahan : Stainless steel 304 SA-167 type 304

Densitas : 62,2 lb/cuft

Dibuat larutan HCl: 5%

$$\text{Volume kation echanger : } 0,5315 \text{ cuft} = 0,0150 \text{ m}^3$$

$$\text{HCl dibutuhkan : } 23,9153 \text{ lb}$$

$$\text{Overdesign : } 20\%$$

$$\text{Volume tangki : } 0,3842 \text{ m}^3$$

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

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



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

$$D = 0,2553 \text{ m}$$

$$H = 0,2553 \text{ m}$$

Digunakan motor listrik 0,5 HP dengan putaran 20 rpm

Spesifikasi :

$$\text{Volume} \quad : 0,0131\text{m}^3 = 3,4494 \text{ gallon}$$

$$\text{Diameter} \quad : 0,2553 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} \quad : 0,2553 \text{ m}$$

Jenis pengaduk: Marine Propeler 3 blade

2.12 Tangki larutan NaOH

Tugas : Membuat larutan NaOH yang akan digunakan regenerasi anionexchanger

Bahan : Stainless steel 304 SA-167 type 304

Densitas : 62,2 lb/cuft

Dibuat larutan HCl : 5%

Volume kation exchanger: 0,2242 cuft = 0,0063 m³

NaOH dibutuhkan : 1605,6653 lb

Overdesign : 20%

Volume tangki : 0,8766 m³

Ukuran tangki : H/D = 1

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

$$D = 1,0375 \text{ m}$$

$$H = 1,0375 \text{ m}$$

Digunakan motor listrik 0,5 HP dengan putaran 20 rpm

Spesifikasi :

$$\text{Volume} \quad : 0,88 \text{ m}^3 = 231,5908 \text{ gallon}$$

$$\text{Diameter} \quad : 1,0375 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} \quad : 1,0375 \text{ m}$$

Jenis pengaduk: Marine Propeler 3 blade

2.13 Tangki air pendingin (TU-06)

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



Jenis : tangki silinder tegak
 Bahan : Carbon steel (SA-283)
 Jumlah air : 3739,1118 kg/jam = 3,7891 m³/jam
 Overdesign 10% waktu tinggal 1 jam
 V tangki : 4,1680 m³
 Dimensi tangki : $D = H = (4 \times V / \pi)^{(1/3)} = 1,7446\text{m}$

2.14 Tangki air pendingin 2 (TU-07)

Tugas : Menampung air yang keluar dari cooling tower
 Jenis : tangki silinder tegak
 Bahan : Carbon steel (SA-283)
 Jumlah air : 3789,1118 kg/jam = 3,7891 m³/jam
 Overdesign 10% waktu tinggal 1 jam
 V tangki : 4,1680 m³
 Dimensi tangki : $D = H = (4 \times V / \pi)^{(1/3)} = 1,7446\text{ m}$

2.15 Pompa utilitas – 01

Fungsi : mengalirkan air dari Bak penampung sementara ke tangki karbon aktif

Tipe : Centrifugal pump

Langkah perencanaan :

a) Menentukan tipe pompa

Dalam perancangan ini dipilih pompa sentrifugal dengan pertimbangan :

- Dapat digunakan untuk kapasitas hingga 5000 gpm.
- Konstruksinya sederhana, harganya relative murah dan banyak tersedia di pasaran.
- Kecepatan putarannya stabil.
- Biaya perawatan paling murah dibandingkan dengan tipe pompa yang lain

b) Menentukan biaya konstruksi pompa

Bahan konstruksi yang dipilih adalah commercial steel karena :

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

Massa total = 6250,3533kg/jam = 3,8277 lb/s

μ campuran = 0,8709 cP = 0,0006 lb/ft.s



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

$$\text{rate volumetrik (Q)} = m / \rho = 221,6938 \text{ ft}^3/\text{s} = 27,6397 \text{ gpm}$$

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

$$D_{i, \text{opt}} = 3.6 q_f^{0.40} \mu_c^{0.20}$$

(Peters, hal 365)

Dimana :

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

q_f = kecepatan volumetric

ρ = viskositas fluida, cP

sehingga,

$$D_i \text{ opt} = 0,1358 \text{ in}$$

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

$$OD = 2,375 \text{ in} = 0,1979 \text{ ft} = 0,0603 \text{ m}$$

$$ID = 2,067 \text{ in} = 0,1723 \text{ ft} = 0,0525 \text{ m}$$

$$A = 0,0233 \text{ ft}^2 = 3,3552 \text{ in}^2$$

Menghitung kecepatan linier

$$v = Q / A$$

dimana :

v = kecepatan linier aliran fluida, ft/s

Q = laju alir volumetric, ft^3/s

A = inside sectional area, ft^2

Sehingga, $v = 2,6430 \text{ ft/s} = 0,8056 \text{ m/s}$

Menghitung Reynold number (NRe)

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

Dimana :

ρ = densitas cairan (lb/ft^3)

ID = diameter dalam pipa (ft)

μ = viskositas (lb/ft.s)

v = kecepatan linier (ft/s)

Sehingga :



$NRe = 48353,00045$ ($NRe > 2100$, jadi aliran turbulen)

Head loses (Hf)

a) Sudden Contraction Losses

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

dimana :

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

$$k_c = 0,5$$

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

$$h_c = 0,0533 \text{ lbf.ft/lbm}$$

b) Sudden Enlargement Losses

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

$$= 0,9977$$

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

$$= 0,1083 \text{ lbf.ft/lbm}$$

c) Losses in fitting and valve

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

dari table 2.10-1 Geankoplis, hal 99 didapat :

	k_f
Elbow 90°	0,75
Gate valve (wide open)	0,17
Coupling	0,04

Asumsi panjang pipa = 36 m = 118,1088 ft

Maka,

	Jumlah	k_f	Total
Elbow 90°	3	0,75	2,25
Gate valve (wide open)	1	0,17	0,17
Coupling	4	0,04	0,16



Total			2,58
-------	--	--	------

Sehingga :

$$hf = kf \times (V^2 / 2 \times gc)$$

$$= 2,5337 \text{ lbf.ft/lbm}$$

d) Losses in pipe straight

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

dimana :

hF = friction loss (ft.lbf/lbm)

f = faktor friksi

v = kecepatan linier fluida (ft/s)

ΣLe = panjang equivalen pipa (ft)

gc = 32,174 lbm.ft/lbf.s²

dari tabel 2.10-1 Geankoplis hal 99, didapat :

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

Maka :

	Jumlah	L/D	ID x L/D
Elbow 90°	3	35	2,3538
Gate value (wide open)	1	9	0,2018
Coupling	4	2	0,1793
Total			2,7348

Menghitung fanning friction factor (f)

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

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



sehingga $\varepsilon/D = 0,0009$

$N_{re} = 4,8353,00045 \rightarrow$ nilai $f = 0,006$

Sehingga :

$h_F = 102,2639 \text{ lbf.ft/lbm}$

Menghitung energi yang hilang karena gesekan (ΣF)

$\Sigma F = H_F = h_c + h_{ex} + h_f + h_F = 2240,2877 \text{ lbf.ft/lbm}$

Menghitung static head

$Z_1 = 0 \text{ ft}$

$Z_2 = 12,8630 \text{ ft}$

$\Delta Z = Z_2 - Z_1 = 12,8630 \text{ ft}$

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

$\Delta Z (g/g_c) = 12,8630 \text{ ft.lbf/lbm}$

Menghitung velocity head

$V_1 =$ kecepatan linier fluida dari BU-01 ke pipa

$V_2 =$ kecepatan linier fluida ke TU-01

Karena pada 2 titik reference dianggap sama, maka $V_1 = V_2$

Sehingga velocity head $(v^2 / 2g_c) = 0,1086$

Menghitung pressure head

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

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

$= 2116 \times 0,1086$

$= 229,7052 \text{ lb/ft}^2$

$\Delta P/\rho = 3,6956$

Menghitung energi mekanik pompa

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

$-W_f = 121,6263 \text{ ft.lbf/lbm}$

Menghitung broke horse power (BHP)

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

Dari figure 10.62 coulson, untuk $Q_f = 27,6397 \text{ gpm} = 6,2776 \text{ m}^3/\text{jam}$

Diperoleh η pompa = 40%

Sehingga :

$BHP = 1,4107$



Menghitung tenaga motor

Dari fig. 14-38, Peters hal 521, untuk BHP = 1,4107

$H_p = 1,0520$, diperoleh η motor = 0,85

Sehingga power motor yang diperlukan :

P motor = BHP / η = 1,6597 Hp

Dipilih motor standar dengan power = 2 Hp

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	221,6938 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	2,6430 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	1/8 in
	Sch. Number	40
	OD	2,375 in
	ID	2,067 in
	Flow Area	3,3552 in ²
Power Motor	2 Hp	
Jumlah	1	

2.16 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	

2.17 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	5 in
	Sch. Number	40
	OD	0,4053 in
	ID	0,269 in
	Flow Area	0,0576 in ²
Power Motor	11 Hp	
Jumlah	1	

2.18 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	134,3960 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	2,6402 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	2 in
	Sch. Number	40
	OD	1,9 in
	ID	1,61 in



	Flow Area	2,0362 in ²
Power Motor	0,5 Hp	
Jumlah	1	

2.19 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	3,2718 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	2,2721 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	2 in
	Sch. Number	40
	OD	0,405 in
	ID	0,268 in
	Flow Area	0,0576 in ²
Power Motor	0,5 Hp	
Jumlah	1	

2.20 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	3,2718 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	2,2721 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	

2.21 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	3,2718 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	2,2721 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	

2.22 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	3,2718 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	2,2721 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	

2.23 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	3,2718 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	2,2721 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	

2.24 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	3,2718 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	2,2721 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	1/2 in
	Sch. Number	40
	OD	0,405 in
	ID	0,269 in
	Flow Area	0,05768 in ²
Power Motor	0,5 Hp	
Jumlah	1	

2.25 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	23,9120 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	9,2253 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	5 in
	Sch. Number	40
	OD	0,54in
	ID	0,364 in
	Flow Area	0,1037 in ²
Power Motor	1 Hp	
Jumlah	1	

2.26 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	134,3960 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	2,6402 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	5 in
	Sch. Number	40
	OD	1,9 in
	ID	1,61



	Flow Area	2,0362 in ²
Power Motor	3 Hp	
Jumlah	1	

2.27 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	134,3960 ft ³ /s	
Kecepatan Aliran	2,6402 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	1/8 in
	Sch. Number	40
	OD	1,9 in
	ID	1,61 in
	Flow Area	2,0362 in ²
Power Motor	3 Hp	
Jumlah	1	

3. Perancangan kebutuhan listrik

- 1) Listrik untuk keperluan proses



Nama dan alat proses	Power, Hp	Jumlah	Σ power, Hp
Mixer - 01	4,6	1	4,6
Reaktor	11,0	3	33,0
Centrifuge - 01	6,0	1	6,0
Centrifuge - 02	6,0	1	6,0
Rotary dryer - 01	11,0	1	11,0
Rotary dryer - 02	4,0	1	4,0
Blower - 01	9,0	1	9,0
Blower - 02	13,0	1	13,0
Screw conveyor - 02	0,5	1	0,5
Screw conveyor - 03	0,5	1	0,5
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	1/2	1	1/2
Bucket elevator - 01	2,0	1	2,0
Bucket elevator - 02	2,5	1	2,5
Bucket elevator - 03	2,0	1	2,0
Bucket elevator - 04	2,0	1	2,0
Belt conveyor	0,50	1	0,50
Screw conveyor - 01	0,50	1	0,50
Screw conveyor-02	1,00	1	1,00



Crystallizer	2,50	2	5,00
Total =	108,6		

Diketahui 1 HP = 0,7457 kW

Power yang dibutuhkan 80,9830 kW

2) Listrik untuk keperluan 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	0,5	1	0,5
Pompa-05	0,5	1	0,5
Pompa-06	1/2	1	0,5
Pompa-07	1/2	1	0,5
Pompa-08	1/2	1	0,5
Pompa-09	1/2	1	0,5
Pompa-10	1/2	1	0,5
Pompa-11	1	1	1
Pompa-12	3	1	3
Pompa-13	3	1	3
Pompa-14	11	1	11
Tangki N ₂ H ₂	0,5	1	0,5
Tangki NaOH	0,5	1	0,5
Tangki HCl	0,5	1	0,5



Total	55
-------	----

Diketahui 1 HP = 0,7457 kW

Power yang dibutuhkan 41,0135 kW

3) Listrik untuk penerangan dan AC

Listrik untuk AC diperkirakan sebesar 5000W = 5 kW

Listrik untuk penerangan diperkirakan sebesar = 100 kW

4) Listrik untuk laboratorium dan bengkel

Listrik untuk laboratorium dan bengkel diperkirakan sebesar = 40kW

5) Listrik untuk Instrumentasi

Listrik yang digunakan diperkirakan sebesar = 5kW

Listrik untuk kebutuhan pengeringan rotary dryer = 17,9699 kW

Total kebutuhan listrik = 289,9664 kW

Emergency generator yang digunakan mempunyai efisiensi 80%

Maka input generator = 362,4580 kW

Digunakan input generator 500 kW

Untuk keperluan lainnya = 110,0336 kW

Spesifikasi generator

Tipe = AC Generator

Kapasitas = 220/360 volt

Efisiensi = 80%

Frekuensi = 50 Hz

Bahan bakar = Solar

Kebutuhan bahan bakar untuk generator set

Jenis bahan bakar = Solar

Heating value = 18315 (<http://engineeringtoolbox.com>)

Efisiensi bahan bakar = 80%

p solar = 53 lb/cuft (<http://engineeringtoolbox.com>)

Kapasitas input generator = 500 x 3412,4 = 1706206 BTU/jam

Kebutuhan solar = 2,1971 cuft/jam

Tangki bahan bakar untuk generator

Fungsi : menampung bahan bakar solar untuk generator



Jenis : Tangki silinder horizontal

Kebutuhan solar: $0,0622\text{m}^3/\text{jam} = 1,4923 \text{ m}^3/\text{hari}$

Kebutuhan solar boiler : $0,0076 \text{ m}^3/\text{jam}$

Kebutuhan solar total : $0,0697 \text{ m}^3/\text{jam} = 50,2158 \text{ m}^3/\text{th}$

Waktu tinggal : 3 hari

Tangki dirancang 20%

V tangki : $6,0259 \text{ m}^3$

$V = \pi/4 \times D \times D \times H$ dan $D = H$ maka

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

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

$D = 1,9727 \text{ m}$

$H = 1,9727\text{m}$

Bahan Carbon Steel

Rencananya digunakan PLN 3400 MVA dan jika gangguan dipakai genset



LAMPIRAN

EVALUASI EKONOMI

Dalam prarancangan pabrik diperlukan analisis 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

Dasarperhitungan:

Kapasitas produksi : 14.000 ton / tahun

Pabrik beroperasi : 330 hari kerja

Umur alat : 10 tahun

Nilai kurs 1 USD : 14040 per tanggal 02 Maret 2019 (kursdollar.net)

Tahun evaluasi : 2019

Harga alat pada tahun : 2014

Pabrik didirikan pada tahun 2023

Tabel Cost Index Chemical Plant

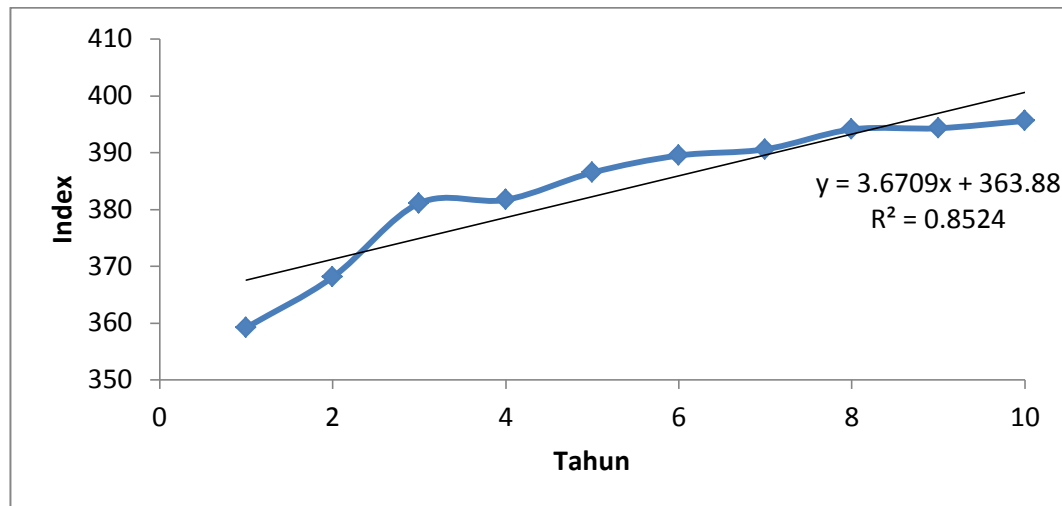
Tahun ke	Tahun	Indeks
1	1993	359,2
2	1994	268,1
3	1995	381,1
4	1996	381,7
5	1997	386,5
6	1998	389,5
7	1999	390,6
8	2000	394,1



9	2001	394,3
10	2002	395,6

(Peters and Timmerhaus, 2003)

Dibuat grafik index vs tahun



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 2014 = 444,6398

Tahun 2023 = 477,6779

Tahun 2019 = 462,9943

Tahun 2012 = 451,9816

Present cost = original cost x (index value at time/ index value at time original cost)

Harga upah buruh di Gresik Rp 3.867.874,40 = 18595,55 /jam

Harga alat dilihat dari

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



No.	Nama alat	Variabel penentu	Jumlah	Harga 2014 (\$)	Harga 2023 (\$)	Harga Total (\$)	Harga Total (Rp)
1.	Mixer	Volume	1	377.500,00	405549,4071	405549,4071	5.693.913.675
2.	Reaktor	Volume	3	106.600,00	114520,7067	343562,1202	4.823.612.168
3.	Centrifuge-01	Diameter	1	12.800,00	13751,0792	13751,07923	193.065.152
4.	Centrifuge-02	Diameter	1	12.800,00	13751,0792	13751,07923	193.065.152
5.	Rotary dryer-01	Luas permukaan	1	101.200,00	108719,4702	108719,4702	1.526.421.361
6.	Rotary dryer-02	Luas permukaan	1	96.700,00	103885,1064	103885,1064	1.458.546.894
7.	Blower-01	Kapasitas blower	1	2.100,00	2256,0364	2256,036437	31.674.752
8.	Blower-02	Kapasitas blower	1	2.800,00	3008,0486	3008,048582	42.233.002
9.	Cyclone-01	Aliran udara per menit	1	3.200,00	3437,7698	3437,769808	48.266.288
10.	Cyclone-02	Aliran udara per menit	1	5.300,00	5693,8062	5693,806245	79.941.040
11.	Crystallizer	Volume	2	57.800,00	62094,7172	124189,4343	1.743.619.658
12.	Heater-01	Luas	1	2.400,00	2578,3274	2578,327356	36.199.716
13.	Heater-02	Luas	1	500,00	537,1515	537,1515325	7.541.608
14.	Heater udara-01	Luas	1	8.200,00	8809,2851	8809,285134	123.682.363



15.	Heater udara-02	Luas	1	10.400,00	11172,7519	11172,75188	156.865.436
16.	Cooler	Luas	1	6.200,00	6660,6790	6660,679004	93.515.933
17.	Belt conveyor-03	Lebar, Panjang	1	16.900,00	18155,7218	18155,7218	254.906.334
18.	Belt conveyor-04	Lebar, Panjang	1	16.900,00	18155,7218	18155,7218	254.906.334
19.	Tangki H ₂ SO ₄	Volume	2	41.000,00	44046,4257	88092,85134	1.236.823.633
20.	Silo Boraks	Volume	2	20.900,00	22452,9341	44905,86812	630.478.388
21.	Silo Produk	Volume	2	16.800,00	18048,2915	36096,58299	506.796.025
22.	Silo Produk samping	Volume	2	7.800,00	8379,5639	16759,12782	235.298.155
23.	Bucket elevator-01	Tinggi	1	10.000,00	10743,0307	10743,03065	150.832.150
24.	Bucket elevator-02	Tinggi	1	13.900,00	14932,8126	14932,8126	209.656.689
25.	Bucket elevator-03	Tinggi	1	9.600,00	10313,3094	10313,30942	144.798.864
26.	Bucket elevator-04	Tinggi	1	8.600,00	9239,0064	9239,00636	129.715.649
27.	Hopper	Volume	1	36.500,00	39212,0619	39212,06188	550.537.349
28.	Belt conveyor-01	Lebar, Panjang	1	6.000,00	6445,8184	6445,818391	90.499.290
29.	Belt conveyor-02	Lebar, Panjang	1	6.000,00	6445,8184	6445,818391	90.499.290



30.	Pompa-01	Diameter pipa	2	4.300,00	4619,5032	9239,00636	129.715.649	
31.	Pompa-02	Diameter pipa	2	4.300,00	4619,5032	9239,00636	129.715.649	
32.	Pompa-03	Diameter pipa	2	4.300,00	4619,5032	9239,00636	129.715.649	
33.	Pompa-04	Diameter pipa	2	4.300,00	4619,5032	9239,00636	129.715.649	
34.	Pompa-05	Diameter pipa	2	4.300,00	4619,5032	9239,00636	129.715.649	
35.	Pompa-06	Diameter pipa	2	4.300,00	4619,5032	9239,00636	129.715.649	
36.	Screw conveyor	Diameter, panjang	1	5.300,00	5693,8062	5693,806245	79.941.040	
	TOTAL						1848768,145	25.956.704.752

Physical Plant Cost (PPC)

$$\text{PEC} = \text{USD } \$ 1.538.187,13 = \text{Rp } 21.596.147.285,44$$

1. Delivered equipment cost (DEC)

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

$$\text{DEC} = 10\% \times \text{Rp } 21.596.147.285,44 = \text{Rp } 2.159.614.728,54$$

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

$$\text{Material } 11\% \text{ PEC} = 11\% \times \text{Rp } 21.596.147.285,44 = \text{Rp } 2.375.576.201,40$$

$$\text{Buruh } 32\% \text{ PEC (Buruh lokal } 100\%) = 32\% \times \text{Rp } 21.596.147.285,44 = \text{Rp } 6.910.767.131,34$$

$$\text{Jumlah manhour} = \text{Rp } 6.910.767.131,34 / (\text{Rp } 18.595,55/\text{manhour}) = \text{Rp } 371.635,53 \text{ manhour}$$

$$\text{Total cost} = \text{Rp } 9.286.343.332,74$$

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

$$\text{Material } 43\% \text{ PEC} = 43\% \times \text{Rp } 21.596.147.285,44 = \text{Rp } 9.286.343.332,74$$

$$\text{Buruh } 37\% \text{ PEC (Buruh lokal } 100\%) = 37\% \times \text{Rp } 21.596.147.285,44 = \text{Rp } 7.990.574.495,61$$

$$\text{Jumlah manhour} = \text{Rp } 7.990.574.495,61 / (\text{Rp } 18.595,55/\text{manhour}) = \text{Rp } 429.703,58 \text{ manhour}$$

$$\text{Total cost} = \text{Rp } 17.276.917.828,35$$

4. Instrumentasi (biaya pemasangan alat alat control) 8 – 50% (Peters,2003)

$$\text{Material } 20\% \text{ PEC} = 20\% \times \text{Rp } 21.596.147.285,44 = \text{Rp } 4.319.229.457,09$$

$$\text{Buruh } 10\% \text{ PEC (Buruh lokal } 100\%) = 10\% \times \text{Rp } 21.596.147.285,44 = \text{Rp } 2.159.614.728,54$$

$$\text{Jumlah manhour} = \text{Rp } 2.159.614.728,54 / (\text{Rp } 18.595,55/\text{manhour}) = \text{Rp } 116.136,10 \text{ manhour}$$

$$\text{Total cost} = \text{Rp } 6.478.844.185,63$$

5. Listrik 12-30% PEC (Peters,2003)

$$\text{Material } 15\% \text{ PEC} = 15\% \times \text{Rp } 21.596.147.285,44 = \text{Rp } 3.239.422.092,82$$

$$\text{Buruh } 5\% \text{ PEC (Buruh lokal } 100\%) = 5\% \times \text{Rp } 21.596.147.285,44 = \text{Rp } 1.079.807.364,27$$

$$\text{Jumlah manhour} = \text{Rp } 1.079.807.364,27 / (\text{Rp } 18.595,55/\text{manhour}) = \text{Rp } 58.068,05 \text{ manhour}$$



Total cost = Rp 4.319.229.457,09

Isolasi (Biaya pemasangan isolasi pada sistem 8-9% PEC (Peters, 2003)

Material 5% PEC = 5% x Rp 21.596.147.285,44 = Rp 1.079.807.364,27

Buruh 4% PEC (Buruh lokal 100%) = 4% x Rp 21.596.147.285,44 = Rp 863.845.891,42

Jumlah manhour = Rp 1863.845.891,42 / (Rp 18.595,55/manhour) = Rp 46.454,44 manhour

Total cost = Rp 1.943.653.255,69

Bangunan

No.	Nama Bangunan	P (m)	L (m)	Jumlah	Luas (m ²)
1.	Pos Keamanan	5	4	4	80
2.	Ruang Kontrol	30	8	1	240
3.	Gudang Bahan baku	20	10	1	200
4.	Gudang Produk	20	10	1	200
5.	Kantor	25	10	1	250
6.	Masjid	15	15	1	225
7.	Kantin	10	10	1	100
8.	Poliklinik	15	10	1	150
9.	Gedung Pertemuan	30	10	1	300
10.	Laboratorium	25	15	1	375
11.	Bengkel	20	15	1	300
12.	Perpustakaan	15	10	1	150
13.	Daerah Proses	50	20	1	1000
14.	Daerah Utilitas	50	15	1	750
15.	K3 dan Fire Hidran	15	10	1	150
16.	Unit Pengolahan Limbah	20	15	1	300
17.	Tempat Parkir	12	10	3	360
18.	Tempat Parkir Truk	15	10	1	150
19.	Taman	15	8	3	360
20.	Jalan raya	150	14	1	2100
21.	Area pengembangan				5000
	TOTAL				12740

Jual di KIG 250 USD atau Rp 3.510.000,00 / m² Tahun 2014

Tahun 2019 = indeks 2018/indeks 2014 x Harga tahun 2014 = Rp 3.654.890,98 / m²

Biaya bangunan = $12740 \times \text{Rp } 3.654.890,98 = \text{Rp } 17.433.829.959,91$

6. Pengembangan lahan (Yard Improvement) = 10%-20% PEC

Biaya ini meliputi biaya untuk pagar, jalan raya, jalan alternatif, taman, dll.

Harga = $\text{Rp } 1.500.000,00/\text{m}^2$ untuk biaya taman, pagar, dan area parkir

Biaya = $\text{Rp } 8.805.000.000,00$

Luas jalan = 2100 m^2

Harga jalan aspal = $\text{Rp } 150.000/\text{m}^2$ (www.pengaspalan hotmix.com)

Biaya jalan = $\text{Rp } 315.000.000$

Biaya pengembangan = $\text{Rp } 9.120.000.000,00$

7. Tanah

Luas tanah = 12740 m^2

Harga tanah = $\text{Rp } 2.000.000/\text{m}^2$ (Tahun 2016)

= $\text{Rp } 2.048.730,74/\text{m}^2$ (Tahun 2019)

Biaya tanah = $\text{Rp } 26.100.829.688,64$



8. Peralatan utilitas (PEC-UT)

No.	Nama alat		Jumlah	Harga 2014 (\$)	Harga 2023 (\$)	Harga Total (\$)	Harga Total (Rp)
1.	Demineralizer	Carbon steel	1	15800	16973,98843	16973,98843	238314797,5
2.	Dearator	Stainless 304	1	14900	16007,11567	16007,11567	224739904
3.	Boiler		1	273200	293499,5974	293499,5974	4120734347
4.	Tangki larutan N2H4	Stainless 304	1	32600	35022,27992	35022,27992	491712810,1
5.	Tangki karbon aktif	Carbon steel	1	2200	2363,466743	2363,466743	33183073,07
7.	Pompa Utilitas (P-01)		2	2400	2578,327356	5156,654712	72399432,16
8.	Pompa Utilitas (P-02)		2	2400	2578,327356	5156,654712	72399432,16
9.	Pompa Utilitas (P-03)		2	7300	7842,412375	15684,82475	220214939,5
10.	Pompa Utilitas (P-04)		2	3900	4189,781954	8379,563908	117649077,3
11.	Pompa Utilitas (P-05)		2	3900	4189,781954	8379,563908	117649077,3
12.	Pompa Utilitas (P-06)		2	3900	4189,781954	8379,563908	117649077,3
13.	Pompa Utilitas (P-07)		2	3900	4189,781954	8379,563908	117649077,3
14.	Pompa Utilitas (P-08)		2	3900	4189,781954	8379,563908	117649077,3



15.	Pompa Utilitas (P-09)		2	3900	4189,781954	8379,563908	117649077,3
16.	Pompa Utilitas (P-10)		2	2400	2578,327356	5156,654712	72399432,16
17.	Pompa Utilitas (P-11)		2	7300	7842,412375	15684,82475	220214939,5
18.	Pompa Utilitas (P-12)		2	7300	7842,412375	15684,82475	220214939,5
19.	Pompa Utilitas (P-13)		2	2400	2578,327356	5156,654712	72399432,16
20.	Tangki HCl	Stainless 304	1	20500	22023,21283	22023,21283	309205908,2
21.	Tangki NaOH	Stainless 304	1	8600	9239,00636	9239,00636	129715649,3
22.	Tangki kaporit	Fiber	1	8800	9453,866973	9453,866973	132732292,3
23.	Tangki anion exchanger	Stainless 304	2	15900	17081,41873	34162,83747	479646238,1
24.	Tangki kation exchanger	Stainless 304	2	21500	23097,5159	46195,0318	648578246,5
25.	Tangki pendingin 1	Carbon steel	1	46800	50277,38345	50277,38345	705894463,6
26.	Tangki pendingin 2	Carbon steel	1	46800	50277,38345	50277,38345	705894463,6
27.	Tangki air sanitasi	Carbon steel	1	74300	79820,71774	79820,71774	1120682877
28.	Tangki air umpan boiler	Carbon steel	1	33500	35989,15268	35989,15268	505287703,6
29.	Cooling tower	Carbon steel	1	101900	109471,4823	109471,4823	1536979612



	TOTAL					\$ 928.735,00	Rp 13.039.439.396,75
--	-------	--	--	--	--	---------------	----------------------

Harga alat lokal = Rp 800.000,00 / m³

No.	Nama alat	Jumlah	Volume (m ³)	Harga total (Rp)
1.	Bak penampung	1	7,5332	Rp 6.026.573

Physical Plant Cost (PPC)

PEC = Rp 13.045.465.969,62 (Biaya selama pengangkutan, cara pengangkutan, berat, ukuran)

1. Delivered equipment cost (DEC)

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

$$\text{DEC} = 10\% \times \text{Rp } 13.045.465.969,62 = \text{Rp } 1.304.546.596,96$$

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

$$\text{Material } 11\% \text{ PEC} = 11\% \times \text{Rp } 13.045.465.969,62 = \text{Rp } 1.435.001.256,66$$

$$\text{Buruh } 32\% \text{ PEC (Buruh lokal } 100\%) = 32\% \times \text{Rp } 13.045.465.969,62 = \text{Rp } 4.174.549.110,28$$

$$\text{Jumlah manhour} = 4.174.549.110,28 / (\text{Rp } 18.595,55/\text{manhour}) = \text{Rp } 224.491,83 \text{ manhour}$$

$$\text{Total cost} = \text{Rp } 5.609.550.366,94$$

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

$$\text{Material } 43\% \text{ PEC} = 43\% \times \text{Rp } 13.045.465.969,62 = \text{Rp } 5.609.550.366,94$$

$$\text{Buruh } 37\% \text{ PEC (Buruh lokal } 100\%) = 37\% \times \text{Rp } 13.045.465.969,62 = \text{Rp } 4.826.822.408,76$$

$$\text{Jumlah manhour} = 4.826.822.408,76 / (\text{Rp } 18.595,55/\text{manhour}) = \text{Rp } 259.568,68 \text{ manhour}$$

$$\text{Total cost} = \text{Rp } 10.436.372.775,69$$

Instrumentasi (biaya pemasangan alat alat control) 8 – 50% (Peters,2003)

$$\text{Material } 20\% \text{ PEC} = 20\% \times \text{Rp } 13.045.465.969,62 = \text{Rp } 2.609.093.193,92$$

$$\text{Buruh } 10\% \text{ PEC (Buruh lokal } 100\%) = 10\% \times \text{Rp } 13.045.465.969,62 = \text{Rp } 1.304.546.596,96$$

$$\text{Jumlah manhour} = \text{Rp } 1.304.546.596,96 / (\text{Rp } 18.595,55/\text{manhour}) = \text{Rp } 70.153,70 \text{ manhour}$$

$$\text{Total cost} = \text{Rp } 3.913.639.790,89$$

2. Listrik 12-30% PEC (Peters,2003)

$$\text{Material } 15\% \text{ PEC} = 15\% \times \text{Rp } 13.045.465.969,62 = \text{Rp } 1.956.819.895,44$$

$$\text{Buruh } 5\% \text{ PEC (Buruh lokal } 100\%) = 5\% \times \text{Rp } 13.045.465.969,62 = \text{Rp } 652.273.298,48$$



Jumlah manhour = Rp 652.273.298,48/ (Rp 18.595,55/manhour) = Rp 35.076,85 manhour

Total cost = Rp 2.609.093.193,92

3. Isolasi (Biaya pemasangan isolasi pada sistem 8-9% PEC (Peters, 2003))

Material 5% PEC = 5% x Rp 13.045.465.969,62 = Rp 652.273.298,48

Buruh 4% PEC (Buruh lokal 100%) = 4% x Rp 13.045.465.969,62 = Rp 521.818.638,78

Jumlah manhour = Rp 527.573.777,61/ (Rp 18.595,55/manhour) = Rp 28.061,48 manhour

Total cost = Rp 1.174.091.937,27

PPC Utilitas = Rp 25.047.294.661,67

FIXED CAPITAL INVESMENT	Rp	
PEC	34.641.613.225,06	
Instalasi	14.895.893.699,68	
Pemipaan	27.713.290.604,05	
Instrument	10.392.483.976,52	
Listrik	6.928.322.651,01	
Isolasi	3.117.745.192,96	
Tanah	26.100.829.688,64	
Bangunan	17.433.829.959,91	
Pengembangan	9.120.000.000,00	
Jumlah PPC	163.160.302.731,01	
Engineering & Contruction, 15%	30.068.308.805,56	(5% sd 30% FCI, hal 273 Peters)
Jumlah DPC	187.572.248.140,66	
Contractor's fee, 15%	27.061.921.625,01	(10% sd 20% FCI, hal 273 Peters)
Contingency, 10%	17.061.921.625,01	(5% sd 15% FCI, hal 273)



		Peters)
Jumlah FCI	234.465.310.175,82	

Manufacturing cost (Biaya produksi)

Direct manufacturing cost

1) Bahan baku

Harga Bahan	Kebutuhan (kg/jam)	Rp/kg	Harga (Rp)
Boraks 99,5%	2854,314367	6318	142.825.780.721,02
Asam sulfat 98%	715,7153796	2808	15.917.051.983,68
TOTAL			158.742.832.704,70

2) Gaji karyawan / tahun = Rp 15.277.200.000,00

3) Supervisi (15% karyawan) (Peter, hal 266)

= Rp 2.291.580.000,00

4) Maintenance (5% FCI) = Rp 11.726.832.704,17

(2-10% FCI Peter 268)

5) Plant supplies (15% maintenance) = Rp 1.759.024.905,63

(15% maintenance Peter, 268)

6) Harga produk

Harga produk	USD/kg	kg	Harga USD
H ₃ BO ₃	1,5	1785,3535	21.210.000,00
Na ₂ SO ₄	1	1026,0353	8.126.199,88
		TOTAL	29.336.199,88
			Rp 411.880.246.358,92

7) Royalty and patent (1% sales) = Rp 12.356.407.390,77

(0-6% total produk Peter, 269)



8) Kebutuhan bahan utilitas

Bahan baku

Bahan	Kebutuhan (kg/jam)	kg/tahun	Harga (Rp/kg)	Harga total (Rp/tahun)
Natural Greensand Zeolit	0,194	1.539,66	25000,00	38.491.446,35
Resin anion exchanger	0,648	5.132,19	30000,00	153.965.785,38
N ₂ H ₄ (Hidrazin)	0,026	204,72	20000,00	438.340,47
Karbon aktif	0,007	55,44	11000,00	609.840,00
Kaporit	0,006	45,94	3000,00	137.808,00
HCl	119,926	949.813,37	1500,00	152.528.151,15
NaOH	166,583	1.319.336,67	4700,00	57.920.595.964,60
Solar (L/jam)	70,662	559.645,30	5150,00	308.560.661,06
TOTAL				Rp 10.705.074.955,36



Bahan	Kebutuhan (m ³ /jam)	m ³ /tahun	Harga (Rp/m ³)	Harga total (Rp/tahun)
Air	155,4714	6,2504	13000	81254,59332
Air make up	16,951	16.069,96	13000	208.909.477,91
TOTAL				Rp 1.747.310.104,15

Kebutuhan biaya utilitas = Rp 58.784.318.729,50

Total Direct Manufacturing Cost (DMC) = Rp 260.938.196.434,76



9) Indirect Manufacturing Cost

Payroll Overhead	15% kary	Rp 3.055.440.000,00	(10-20% dari labor cost, hal 273 peter)
Laboratorium	15% kary	Rp 3.055.440.000,00	(10-20% dari labor cost, hal 273 peter)
Pack dan Shipping	15% FCI	Rp23.453.665.408,34	(10-20% FCI, hal 274 peter)
Plant Overhead	60% kary	Rp10.694.040.000,00	(50-70% dari labor cost, hal 274 peter)

Total Indirect Manufacturing Cost (IMC) = Rp 40.258.585.408,34

10) Fixed Manufacturing Cost

Depresiasi	10% FCI	Rp 23.453.665.408,34	(10 % FCI, Hal 273 peter)
Property tax	2% FCI	Rp 4.690.733.081,67	(1-4% FCI hal 273 peter)
Asuransi	1% FCI	Rp 2.345.366.540,83	(0,4-1% FCI hal 273 peter)

Total Fixed Manufacturing Cost (FMC) = Rp 30.489.765.030,84

Total Manufacturing Cost = Rp 331.686.546.873,95

Rangkuman

Manufacturing Cost	Rp
Bahan Baku	158.742.832.704,70
Buruh(Labor)	15.277.200.000,00
Supervisi	2.291.580.000,00
Perawatan	11.726.832.704,17
Plant Suplies	1.759.024.905,63
Royalty	12.356.407.390,77
Utilitas	58.575.327.997,00
Direct Manufacturing Cost	227.723.938.440,93



Payroll	3.055.440.000,00
Laboratorium	3.055.440.000,00
Plant Overhead	10.694.040.000,00
Packed	46.893.062.053,16
Indirect Manufacturing Cost	63.697.982.035,16
Depresiasi	23.453.665.408,34
Pajak	4.690.733.081,67
Asuransi	2.345.366.540,83
Fixed Manufacturing Cost	30.489.765.030,84
Manufacturing Cost	331.477.556.141,44

11) Working Capital (Modal kerja)

Persediaan bahan baku	1/12 x bahan baku	Rp 13.228.569.392,06
Bahan baku dalam proses	0.5/330 x manufacturing	Rp 502.238.721,43
Biaya sebelum terjual	1/12 x manufakturing	Rp 27.623.129.678,45
Persediaan uang	1/12 x manufakturing	Rp 27.623.129.678,45
Jumlah	WC	Rp 68.977.067.470,39

12) General Expense

General Expense (Rp)		
Administrasi	5% MC	16.095.120.539,95
Distribution and marketing cost	10 % MC	32.190.241.079,89
Finace	1% MC	3.219.024.170,99
Research and development cost	5% MC	16.573.877.807,07
Total General Expanse =		67.599.506.276,78

13) Total biaya produksi = MC + General expense = Rp 399.077.062.509,22

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

$Prb = Pb / If$ dan $Pra = Pa / If$

Dengan :

Prb = ROI sebelum pajak

Pra = ROI sesudah pajak

Pb = keuntungan sebelum pajak

Pa = keuntungan sesudah pajak

If = fixed capital investment

ROI sebelum pajak = 24,3932 %

ROI sesudah pajak = 17,0752 %

POT (Pay out time) adalah jangka waktu pengembalian modal yang ditanam berdasarkan keuntungan yang dicapai

POT sebelum pajak = $If / (Pb + 0,1 If) = 2,9076$ tahun

POT sesudah pajak = $If / (Pa + 0,1 If) = 3,6934$ tahun

BEP (Break even point) merupakan titik batas suatu pabrik dapat dikatakan tidak untung tidak rugi.

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

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

$C = \text{Annual cost} = \text{profit after tax} + \text{depreciation} + \text{finance}$

$SV = \text{salvage value } 0,1FCI$

$WC = \text{Working capital}$

$FC = \text{Fixed capital}$

i dicari dengan trial

Fixed Cost (Fa)	Rp
Depreciation	16.683.753.596,94
Pajak	3.336.750.719,39
Insurance	1.668.375.359,69
	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

Dengan rumus diatas, diperoleh



BEP = 46,9570 %

SDP = 24,7424%

C = Rp 84.203.333.916,26

FC = Rp 234.465.310.175,82

WC = Rp 69.256.479.744,77

SV = 0,1 x FC = Rp 23.446.531.017,58

Bunga trial 7,4285%

Rerata bunga bank per 2019 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 = 0,0743%

Ruas kiri 4,5668E+11

Ruas kanan 4,4983E+11

Menggambar grafik BEP dan SDP

Dibuat titik koordinat :

1. $y = Fa$
2. $y = (Sa/100)*x$
3. $y = Fa + ((Va+Ra)/100)*x$

$y = Fa + 0,3 Ra + (((0,7 Ra + Va)/100)*x)$

Didapatkan grafik

