

---

---

**BAB IX****KESIMPULAN**

Pabrik Asam borat secara kontinyu dengan kapasitas 16.000 ton/tahun setelah dilakukan perancangan awal, baik dari segi teknik maupun segi ekonomi, dapat disimpulkan layak untuk didirikan, karena memiliki indikator perekonomian yang relatif baik, yaitu :

**Tabel 9.1 Analisis kelayakan ekonomi**

No	Analisis kelayakan	Kriteria	Hasil Perhitungan
1.	Laba sebelum pajak		Rp. 54.793.471.953,72
	Laba sesudah pajak		Rp. 38.355.430.367,60
2.	ROI sebelum pajak	Minimum 11%	23,554 %
	ROI sesudah pajak		16,488 %
3.	POT sebelum pajak	Maksimum 5 tahun	2,9802 tahun
	POT sesudah pajak		3,775 tahun
4.	BEP	40%-60%	43,347 %
5.	SDP		22,940 %

---

---

## DAFTAR PUSTAKA

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

- 
- Levenspiel, O. 1972. *Chemical Reaction Engineering*. 2<sup>nd</sup> edition. New York: John Wiley and Son's Inc.
- Ludwig, E. E. 1965. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical*. Vol 1. Gulf Publishing Co. Houston
- Mc. Ketta, J. J. And Cunningham, W. A. 1992. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*. Volume 5. New York: Marcel Decker Inc.
- O'Brien, P. J., *et al.* 1951. "Process for the Manufacture of Boric Acid from Sodium Borate", US Patent No. 2.545.746.
- Othmer, D. F. and Kirk, R. E. 1997. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Volume 4. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Othmer, D. F. and Kirk, R. E. 1997. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Volume 5. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Perry, R. H., Don. W. G., and James, O. M. 1997. *Perry's Chemical Engineers Handbook*. Edisi 7. London: Mc Graw Hill Book Company.
- Perry, R. H., Don. W. G., and James, O. M. 2008. *Perry's Chemical Engineers Handbook*. Edisi 8. London: Mc Graw Hill Book Company.
- Peters, M., and Timmerhausm, K. 2003. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering 5<sup>th</sup> edition*. New York: Mc Graw Hill International Book Company Inc. Rase, H.F., and Holmes, J.R. 1977. *Chemical Reactor Design for process Plant*. Vol 1. Principles and Techniques. New York: John Wiley and Son's Inc.
- Smith, J. M. and Van Ness, H. H. 1975. *Introduction to Engineering Thermodynamic*. 3<sup>th</sup> edition. Tokyo: Mc Graw Hill International Book co.
- Treyball, R. E. 1981. *Mass Transfer Operation*. 3<sup>rd</sup> Edition. Mc Graw Hill Book Company Inc. Singapore
- Ullman, 1998. *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Volume 6. New York: Interscience Encyclopedia, Inc.
- Ulrich, G. D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley and Sons. Inc. New York.
- Undata. *A World of Information*. 2018. [www.data.un.org](http://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](http://www.engineeringtoolbox.com)

[www.kursdollar.net](http://www.kursdollar.net)

[www.matche.com](http://www.matche.com)

[www.pengaspalanhotmix.com](http://www.pengaspalanhotmix.com)

[www.surabaya.tribunnews.com](http://www.surabaya.tribunnews.com)

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

## LAMPIRAN

### 1. Perancangan Mixer

Fungsi : Melarutkan boraks dengan penambahan air proses.

Type : Silinder vertikal dengan *head* dan *bottom*  
berbentuk *torispherical*

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

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

Menghitung viskositas

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

KOMPONEN	A	B	C	D	$\mu$ (cP)
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .10H <sub>2</sub> O					0,4221
CO <sub>2</sub>	-19,4921	1,5948E+03	7,9274E-02	-1,2025E-04	0,0562
SO <sub>4</sub>	-18,7045	3,4962E+03	3,3080E-02	-1,7018E-05	19,6179
Cl	-0,7681	1,5410E+02	-8,0650E-04	4,0750E-07	0,3413
Fe					0,8977
H <sub>2</sub> O	-10,2158	1,7925E+03	1,7730E-02	-1,2631E-05	0,8150

(Yaws, 1999)

Arus 1 :

$\rho$  campuran : 1,7403 kg/L

Cp campuran : 734,4997 J/mol.K = 6,7564 J/kg.K

Fv campuran : 1876,0266 L/jam

Arus 2 :

$\rho$  campuran : 0,9956 kg/L

Cp campuran : 377,4864 J/mol.K = 20,9537 J/kg.K

Fv campuran : 773,8430 L/jam

Arus 3 :

$\rho$  campuran : 1,5944 kg/L

Cp campuran : 346,7117 J/mol.K = 4,6173 J/kg.K

Fv campuran : 2530,9824 L/jam

Total rate volumetrik : 2530,9824 L/jam

a) Perencanaan Dimensi Mixer

Total rate volumetrik : 2530,9824 L/jam

$\rho$  campuran : 1,5944 kg/L = 1594,3947 kg/m<sup>3</sup>

waktu tinggal : 1 jam (ditentukan)

direncanakan digunakan 1 tangki, sehingga volume tangki 2530,9824 L/jam

*Over design 20%*

Volume tangki = 1,2 x V tangki

Volume tangki = 3037,1789 L/jam = 3,0372 m<sup>3</sup>/jam

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

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

b) Perhitungan Dimensi Mixer

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 = 3037,1789 L/jam

D = H = 1,5699 m = 61,8062 in

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

V dish = 0,000049 D<sup>3</sup> (brownell halaman 88)

Sf = 2 (straight flangel)

D = 61,8062 in,  $\pi = 3,14$ , sf = 2 dihitung

$$V \text{ head} = 0,0616 \text{ ft}^3 = 0,0017 \text{ m}^3$$

$$V \text{ mixer} = V \text{ shell} + V \text{ head} = 3037,1789 + 0,0017 = 3,0389 \text{ m}^3$$

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

$$\text{Volume bottom} = 0,0009 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume cairan dalam shell} = \text{volume shell} - \text{volume bottom} = 3,0363 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi cairan dalam shell} = h = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} =$$

$$= (4 \times 3,0363) / (3,14 \times 1,5699^2) = 1,5694 \text{ m}$$

$$= 5,1491 \text{ ft}$$

Dengan spesifikasi sebagai berikut :

Diameter shell : 1,5699 m

Tinggi shell : 1,5699 m

Volume shell : 3,0372 m

Volume head : 0,0017 m

Volume mixer : 3,0389 m

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 61,8062 = 30,9031 in

$E$  = efisiensi pengelasan = 0,85

$C$  = faktor korosi 0,125

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

$P$  operasi = 14,7 psi

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

$P$  dalam mixer = 16,17 psi

$T_s$  = 0,1564 in

Tebal standard Brownell haman 350 dipakai 3/16 in atau 0,0048 m

d) Menentukan Tebal Head (th) dan Tebal Bottom

Jenis head yang dipilih adalah : Torispherical dengan alasan cocok untuk tangki silinder vertikal/horizontal dan tekanan 15-200 psi (Brownell, hal 88)

$$P = P \text{ desain} - P \text{ udara luar} = 1,47 \text{ psi}$$

$$OD = ID + 2 \text{ ts} = 61,8062 + 2 \times 0,1564$$

dari tabel 5-7 Brownell hal 90

$$OD = 66 \text{ in dan } icr = 4 \text{ in dan } r = 66 \text{ in}$$

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

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

dengan

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

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

$$w = 0,8115$$

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

$$E = 0,85$$

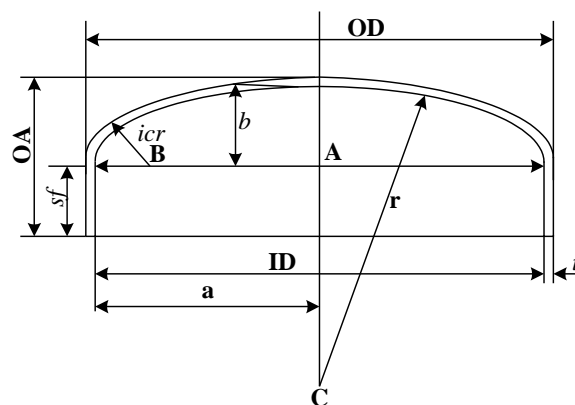
$$C = 0,125$$

$$th = 0,1522 \text{ in dipakai tebal standar Brownell hal 350 adalah } 3/16 \text{ in} = 0,0048 \text{ m}$$

e) Menentukan Tinggi Mixer Total

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

Diambil  $sf = 2$





Keterangan

ID = diameter dalam head

OD = diameter luar head

th = tebal head

r = jari – jari head

icr = jari jari dalam sudut dish

b = tinggi head

sf = straight flange

ID =  $OD - (2 \times ts) = 66 - (2 \times 3/16) = 65,6250$  in

a = 32,8125 (jari – jari dalam shell)

AB =  $a - icr = 32,8125 - 4 = 28,8125$  in

BC =  $r - icr = 66 - 4 = 62$  in

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

b =  $r - AC = 72 - 59,8616 = 12,1384$  in

Tinggi total head total (OA) =  $sf + b + th = 13,289$  in

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

Tinggi mixer total =  $2,2450$  m = 88,3845 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 sangar deras dikeseluruhan tangki

(Ludwig,1991 Volume I, hal 183)

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, hal 185))

Perbandingan ukuran secara umum

$$D_i/D_R = 1/3$$

$$E/D_i = 1$$

$$W = D_i/5$$

$$L = D_i/4$$

$$B = D_R/10$$

Diameter mixer ( $D_R$ ): 1,5699 m

Diameter pengaduk ( $D_i$ ) :  $1/3 \times 1,5699 = 0,5233$  m

Pengaduk dari dasar ( $E$ ) : 0,5233 m

Tinggi pengaduk ( $W$ ):  $0,5233 / 5 = 0,1047$  m

Lebar pengaduk ( $L$ ) :  $0,5233 / 4 = 0,1308$

Lebar Baffle ( $B$ ) :  $1,5699/10 = 0,157$

Menghitung jumlah impeller (pengaduk)

WELH adalah Water Equivalen Liquid High

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

$$= 1,5694 \text{ m} \times (1594,3947/995,68) = 2,5131 \text{ m}$$

Jumlah impeller =  $WELH / D = 2,5131/1,5699 = 1,6009 = 2$

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

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

Dimana

$$\pi = 3,14$$

$$D_i = 0,5233 \text{ m}$$

$$WELH = 2,5131 \text{ m}$$

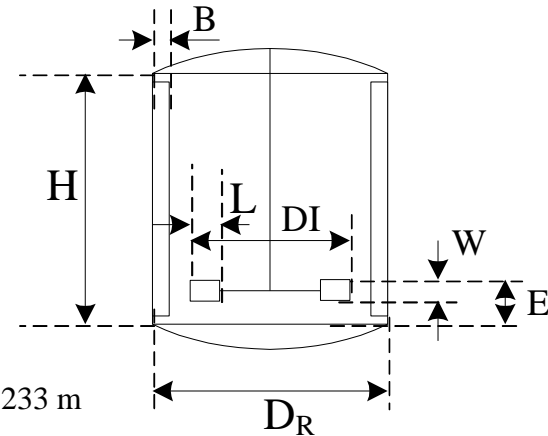
Dihitung  $N = 172,4695 \text{ rpm} = 2,8745 \text{ rps}$

$$\rho = 1594,3947 \text{ kg/m}^3 = 99,5366 \text{ lbm/cuft}$$

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

$$\mu = 0,5050 \text{ cp} = 0,0003 \text{ lb/ft s}$$

$$D_i = 0,5233 \text{ m} = 1,7168 \text{ ft} = 20,6021 \text{ in}$$



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

$N_{re} = 2485435$  Dari grafik 8.8 Rase HF menghasilkan  $N_p = P_o = 5$

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

$P = 3,3776 \text{ hp}$  (Efisiensi motor = 83% (Fig 14.38 Peters hal 521))

$$\text{Daya motor} = \frac{P}{\eta} =$$

$$= 4,0694 \text{ Hp}$$

Over design 10% = 4,4763 HP

Dipilih power standard 5 HP

Resume			
Nama Alat	Mixer		
Kode	M-110		
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		
<b>Kriteria</b>	<b>Ukuran</b>		
Diameter shell	1,5699 m	61,8064 in	
Tinggi shell	1,5699 m	61,8064 in	
Volume shell	3,0372 m <sup>3</sup>		
Volume head	0,0017 m <sup>3</sup>		
Volume mixer	3,0389 m <sup>3</sup>	107,3187 ft <sup>3</sup>	802,8509 gal
Tinggi mixer total	2,2450 m	88,3845 in	
Jenis pengaduk	turbin dengan 6 blade disk standar		
Jumlah pengaduk	2		
Putaran pengaduk	172,4695 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  $30^\circ\text{C}$
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 :

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

$$F_v \text{ campuran} = 1,8760 \text{ m}^3/\text{jam} = 66,2513 \text{ cuft/jam}$$

### Menentukan kapasitas tangki

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 2 tangki

$$\text{Volume tangki Over Design 20\%} = F_v \times 7 \times 24 : 2 = 6678,1325 \text{ cuft} = 189,1035 \text{ m}^3$$

$< 71354 \text{ cuft}$  termasuk *small tank*

Menghitung dimensi tangki

1. Menghitung tinggi dan diameter

Untuk *small tank*  $H=D$

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

$$\text{Volume} = 6678,1325 \text{ cuft}$$

$$D = H = 20,4140 \text{ ft} = 244,9682 \text{ in} = 6,2222 \text{ m}$$

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 cairan = 181,1736 psi

Efisiensi pengelasan = 0,85

Faktor korosi = 0,125

Tegangan diijinkan = 35000 psi

Menentukan tekanan duliu pada design tangki

**Penentuan tekanan design pada tangki :**

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

dimana ;  $P_B$  = tekanan vertikal dasar bejana

$\rho_B$  = bulk densitas bahan, lb/cuft

$\mu$  = 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

$$Z_T = H \times 80\% = 16,3312 \text{ ft}$$

$$\mu = 0,45$$

$$k = 0,334$$

$$P_B = 1569 \text{ lb/ft}^2 = 10,9009 \text{ psi}$$

Tekanan lateral = PL = k.PB

$$PL = 3,6409 \text{ psi}$$

$$P \text{ operasi} = P_B + PL = 14,5418 \text{ psi}$$

$$P \text{ desain } 10\% = 1,1 \times P = 15,9960 \text{ psi}$$

Bisa menghitung  $t_s$ , sehingga  $t_s = 0,1909 \text{ in}$  dirancang  $0,25 \text{ in} = 0,00635$

m

3. Menghitung tutup bawah conis

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

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

P = 15,9960 psi

D = 244,9682 in

$2 \cos \alpha = 0,3085$

f = 35000 psi

Tebal conis = 0,5521 in

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

4. Menghitung tinggi conis

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

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

$\alpha = 15^\circ$

$\tan \alpha = 0,268$

D = 20,4140 ft

m = 1 ft

h = 2,6015 ft = 0,7929 m

Resume			
Nama Alat	Silo penyimpanan boraks		
Kode	F-112		
Fungsi	Menampung boraks selama 7 hari		
Type	Silinder tegak dengan tutup atas datar dan bawah conis		
Spesifikasi :			
Volume	6678,1325 cuft	189,1035 m <sup>3</sup>	
Diameter	20,4140 ft	6,2222 m	

Tinggi	20,4140 ft	6,2222 m	
Tekanan	1 atm		
Suhu	30 °C	303,15 K	
Tebal shell	0,1909 in	¼ in	0,0064 m
Tebal tutup atas	0,5521 in	¾ in	0,0191 m
Tebal tutup bawah	0,5521 in	¾ in	
Tinggi conical	2,6015 ft	0,7929 m	
Bahan konstruksi	<i>Stainlees steel (SA-167) Type 304</i>		
Jumlah	2		

### 3. Perancangan Silo $\text{Na}_2\text{SO}_4$

Fungsi : Menyimpan produk natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )

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

Resume			
Nama Alat	Silo penyimpanan natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )		
Kode	F-330		
Fungsi	Menampung produk natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )		
Type	Silinder tegak dengan tutup atas datar dan bawah conis		
Spesifikasi :			
Volume	1555,32 cuft	44,0417 m <sup>3</sup>	
Diameter	12,5598 ft	3,8282 m	
Tinggi	12,5598 ft	3,8282 m	
Tekanan	1 atm		
Suhu	30 °C	303,15 K	

Tebal shell	0,1625 in	¼ in	0,0064 m
Tebal tutup atas	0,3678 in	¾ in	0,0191 m
Tebal tutup bawah	0,3678 in	¾ in	
Tinggi conical	1,5490 ft	0,4721 m	
Bahan konstruksi	<i>Stainless steel (SA-167) Type 304</i>		
Jumlah	2		

#### 4. Perancangan Silo $H_3BO_3$

Fungsi : Menyimpan produk asam borat ( $H_3BO_3$ )

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

Resume			
Nama Alat	Silo penyimpanan asam borat ( $H_3BO_3$ )		
Kode	F-440		
Fungsi	Menampung produk asam borat ( $H_3BO_3$ )		
Type	Silinder tegak dengan tutup atas datar dan bawah conis		
Spesifikasi :			
Volume	4870,9362 cuft	137,9294 m <sup>3</sup>	
Diameter	18,3759 ft	5,6010 m	
Tinggi	18,3759 ft	5,6010 m	
Tekanan	1 atm		
Suhu	30 °C	303,15 K	
Tebal shell	0,1695 in	¼ in	0,0064 m
Tebal tutup atas	0,4137 in	¾ in	0,0191 m
Tebal tutup bawah	0,4137 in	¾ in	



Tinggi conical	2,3284 ft	0,7929 m	
Bahan konstruksi	<i>Stainless steel (SA-167) Type 304</i>		
Jumlah	2		

## 5. Perancangan Tangki H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Fungsi : Menyimpan bahan baku asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Tujuan perancangan :

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

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

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

Memilih bahan konstruksi :

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

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

(Brownell)

Kondisi operasi : suhu 30 °C dan tekanan 1 atm

- 1) Menghitung kapasitas tangki

Dari arus 4 diketahui :

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

$$F_v \text{ campuran} = 0,4501 \text{ m}^3/\text{jam} = 15,8961 \text{ cuft/jam}$$

Penyimpanan 7 hari dengan jumlah 2 tangki

Volume tangki Over Design 20% =  $F_v \times 7 \times 24 : 2 = 1602,3233 \text{ cuft} = 45,3727 \text{ m}^3$

< 71354 cuft termasuk *small tank*

2) Menghitung dimensi tangki

Untuk *small tank*  $H=D$

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

Volume = 1602,3233 cuft

$D = H = 12,6851 \text{ ft} = 152,2211 \text{ in} = 3,8664 \text{ m}$

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.

$$\begin{aligned} H \text{ larutan} &= V \text{ larutan dalam tangki} / \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 7,5599 \text{ ft} \end{aligned}$$

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

$E$  = efesiensi 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 in

Distandarisasi  $t_s$  = 3/16 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* =  $n \times$  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 in

Distandarisasi  $t_s$  = 3/16 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.

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{ID} + 2 \text{ ts} \\ &= 152,2211 + 2 \times 3/16 \\ &= 152,5961 \text{ in} = 12,7163 \text{ ft} = 3,8759 \text{ m} \end{aligned}$$

Standarisasi OD = 15 ft = 180 in (Brownell, hal 346)

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

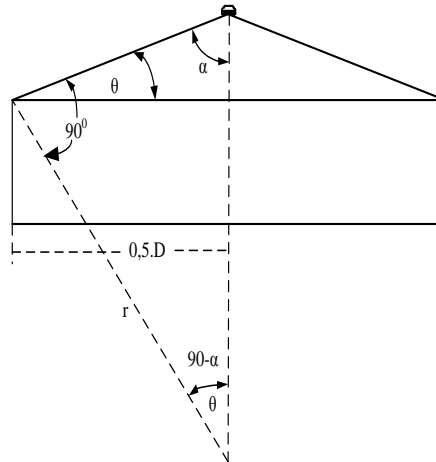
$$\text{Hs} = \text{ID} = 179,625 \text{ in} = 14,9688 \text{ ft} = 4,5625 \text{ m}$$

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 :

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

(Brownell, hal 118)

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

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

$$= 5,9849 \text{ psi}$$

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

$$= 24,8219 \text{ psi}$$

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

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

### Tinggi Conis

Tinggi *conical head* dapat dihitung menggunakan rumus aturan tangensial

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

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

#### 7) Menghitung tinggi tangki

$$\begin{aligned} \text{Jadi, tinggi total tangki} &= H \text{ tutup} + H \text{ tangki} \\ &= 1,0569 + 12,6851 \\ &= 13,7419 \text{ ft} = 4,1885 \text{ m} \end{aligned}$$

Resume		
Nama Alat	Tangki Penyimpanan Asam Sulfat	
Kode		
Fungsi	Menyimpan Asam Sulfat untuk keperluan bahan baku	
Tipe	Tangki berbentuk silinder vertikal, tutup atas berupa conical ( <i>cone roof</i> ) dan tutup bawah berupa plate	
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel type 304</i>	
<b>Spesifikasi</b>		
Suhu Penyimpanan	30 °C	
Tekanan penyimpanan	1 atm	
Waktu Penyimpanan	7 hari	
Volume Tangki	45,3727 m <sup>3</sup>	11986,98063 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	13,7419 ft	4,1885 m
Jumlah Tangki	2	

#### 4. Perancangan *Centrifuge-01*

Fungsi : Memisahkan kristal  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dengan larutan  $\text{H}_3\text{BO}_3$

Dasar pemilihan : Sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi

Arus 6 masuk 100 °C didapatkan :

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

Fv campuran = 3078,4753 L/jam = 76,9619 cuft/jam = 9.5952 gall/menit

Arus 7 keluar 100 °C didapatkan :

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

Fv campuran = 462,5661 L/jam = 11,5642 cuft/jam = 1,4418 gall/menit

Arus 10 keluar 100 °C didapatkan :

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

Fv campuran = 2920,0284 L/jam = 73,0007 cuft/jam = 9,1014 gall/menit

Perhitungan :

Bahan masuk = 4855,5782 kg/jam = 10704,7168 lb/jam

$\rho$  campuran = 98,4656 lb/cuft

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

Volume bahan = 108,7153 cuft/jam = 13,5541 gpm

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

Resume	
Nama alat	<i>Centrifuge-01</i>
Kode	H-310
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 <sup>2</sup>
Power motor	6 Hp
Jumlah	1 (Automatic discharge cake)

### 5. Perancangan Centrifuge-02

Fungsi : Memisahkan kristal H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> dengan *mother liquor*

Dasar pemilihan : Sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi

Arus 11 masuk 40 °C didapatkan :

$\rho$  campuran = 1,2944 kg/L = 80,8097 lb/cuft

Fv campuran = 2833,0467 L/jam = 70,8262 cuft/jam = 8,8303 gall/menit

Arus 13 keluar 40 °C didapatkan :

$\rho$  campuran = 1,0509 kg/L = 65,6048 lb/cuft

Fv campuran = 1531,9890 L/jam = 38,2997 cuft/jam = 4,7750 gall/menit

Arus 12 keluar 40 °C didapatkan :

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

Fv campuran = 1385,3301 L/jam = 34,6333 cuft/jam = 4,3179 gall/menit

Perhitungan :

Bahan masuk = 3667,2280 kg/jam = 8084,8532 lb/jam

$\rho$  campuran = 80,8097 lb/cuft

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

Volume bahan = 100,0481 cuft/jam = 12,4735 gpm

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



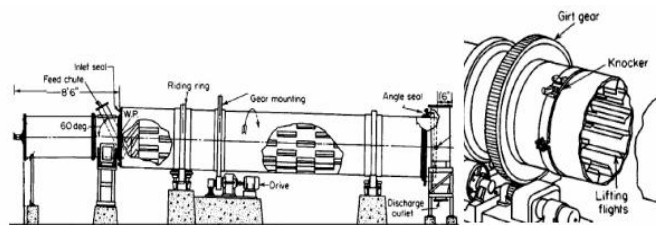
Resume	
Nama alat	<i>Centrifuge-02</i>
Kode	H-420
Bahan	<i>Stainless steel (SA-167) Type 304</i>
Kapasitas maksimum	50 gpm
Diameter bowl	13 in
Speed	7500 rpm
Centrifugal force	10400 lbf/ft <sup>2</sup>
Power motor	6 Hp
Jumlah	1 ( <i>Automatic discharge cake</i> )

## 6. Perancangan *Rotary dryer* – 01

Fungsi : Mengeringkan kristal Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan bantuan udara panas

Dasar pemilihan : sesuai untuk pengeringan padatan

Waktu proses : waktu melewati



Bahan masuk dengan :

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

$$\text{rate bahan masuk} = 1162,9679 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} F_v &= \text{rate bahan masuk} / \rho \text{ campuran} \\ &= 35,2043 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,5867 \text{ ft}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

Perhitungan :

Dari neraca massa dan neraca panas :

$$\text{Feed masuk} = 1188,3502 \text{ kg/jam} = 2619,8636 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Total panas} = 29681,8932 \text{ kJ/jam} = 28133,0026 \text{ Btu/jam}$$

$$\text{Kebutuhan udara panas} = 1161,1990 \text{ kg/jam} = 2560,0056 \text{ lb/jam}$$

### **Mass velocity gas**

Mass velocity gas yang diijinkan 200-1000 lb/jam.ft<sup>2</sup>

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

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang (A)} &= \text{mass gas (lb/jam)} / \text{mass velocity} \\ &= 2560,0056 / 200 = 12,8 \text{ ft}^2 = 1,1892 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter (D)} &= \text{akar} (4 \times A / 3,14) \\ &= 4,0380 \text{ ft} = 1,2308 \text{ m} \end{aligned}$$

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

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

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

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

LMTD =

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \text{Panjang (L)} &= Q_t / (0,125 \times 3,14 \times G^{0,67} \times \text{LMTD}) \\ &= 28133,0026 / 1432,6742 \\ &= 19,6367 \text{ ft} = 5,953 \text{ m} = 235,6405 \text{ in} \end{aligned}$$

### **Tebal dinding**

$$\text{Untuk diameter} = 1,2308 \text{ m,}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal} &= (1,2308 / 109,4891) \times 2 \\ &= 0,0225 \text{ in} = 0,0006 \text{ m} \end{aligned}$$

### **Kecepatan putaran**

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

Diambil  $v = 0,5$  m/detik

$$\begin{aligned} \text{Putaran rotary dryer} = N &= V / (\pi \times D) \\ &= 0,1294 \text{ rps} = 7,7626 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Diambil putaran = 10 rpm = 0,1667 rps

### Flight

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

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

Panjang flight =  $0,6 - 2$  m

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

$D = 1,2308$  m

$L = 5,9853$  m

Pengambilan data

Tinggi flight :  $1/8 D = 0,1538$  m

Panjang flight : 2 m

Jumlah flight 1 circle:  $3 D = 3,3924$

Total circle = panjang drum / panjang flight

Total circle = 2,9926 buah

Total jumlah flight = total circle x jumlah flight tiap circle  
= 11 buah

### Hold up

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

Diambil 10% volume dryer

$$\text{Hold up} = 0,1 * (\pi/4) * D^2 * L = 25,1350 \text{ ft}^3$$

Waktu rata-rata padatan dalam dryer

$$\text{Feed rata-rata} = 1188,3502 \text{ kg/jam} = 35,2043 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

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

$$\theta = 0,7140 \text{ jam} = 42,8386 \text{ menit} = 2570,3134 \text{ detik}$$

### 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)

$$D = 1,2308 \text{ m} = 4,0380 \text{ ft}$$

$$H = 0,16 D = 0,1969 \text{ m} = 0,6461 \text{ ft}$$

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

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

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

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

$$Ts = 0,1608 \text{ in}$$

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

Isolasi :

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

$$\text{Diameter dalam rotary} = 4,0380 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter luar rotary} = 4,0388 \text{ ft}$$

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

$$\text{Diameter terisolasi} = 4,7055 \text{ ft}$$

Perhitungan Power Rotary

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

Dimana :

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

$$d = \text{diameter shell} = 4,0380 \text{ ft}$$

$$w = \text{berat bahan} = 2619,8636 \text{ lb}$$

$$D = d + 2 = 6,0380 \text{ ft}$$

W = berat total (lb) dicari dulu

---

Berat shell dicari dengan

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

$D_o$  = diameter luar shell = 4,0388 ft

$D_i$  = diameter dalam shell = 4,0380 ft

$L$  = panjang drum = 19,6367 ft

Density steel = 482 lb/cuft

$W_e$  = 47,6335 lb

Berat isolasi dicari dengan

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

$D_o$  = diameter luar isolasi = 4,7055 ft

$D_i$  = diameter dalam isolasi = 4,0388 ft

$L$  = panjang isolasi = 19,6367 ft

Density isolasi = 19 lb/cuft

$W_e$  = 1707,3691 lb

Berat bahan dalam drum

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

Rate massa = 2619,8636 lb/jam

Berat bahan = 3012,8431 lb/jam

Berat total ( $W$ ) = 4767,8457 lb/jam

Berat lain diasumsikan 15%, maka berat total = 5483,0225 lb/jam

Maka hp dihitung = 5,8433 HP

Dengan efisiensi motor 75% (Perry 6ed 20-37) maka  $P$  = 7,7911 HP diambil  
8 HP

Kebutuhan listrik *Rotary dryer*-01

Dari perhitungan neraca panas, didapat beban pemanas untuk *rotary dryer-01* sebesar = 29681,8932 kJ/jam = 28138,4348 BTU/jam = 8246,5592 W = 8,2466 kW

Resume			
Nama Alat	<i>Rotary Dryer-01</i>		
Kode	B-320		
Fungsi	Mengeringkan kristal Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dengan bantuan udara panas		
Type	<i>Rotary Drum</i>		
<b>Spesifikasi :</b>			
Kapasitas	1188,3502 kg/jam		
Isolasi	Batu isolasi		
Diameter	1,2308 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)	0,1846 m		
Sudut rotary	1°		
Time of passes	42,8 menit		
Jumlah flight	11 buah		
Power	8		
Jumlah	1		

## **7. Perancangan *Rotary dryer* – 02**

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

Resume			
Nama Alat	<i>Rotary Dryer-02</i>		
Kode	B-430		
Fungsi	Meringkan kristal $H_3BO_3$ dengan bantuan udara panas		
Type	<i>Rotary Drum</i>		
<b>Spesifikasi :</b>			
Kapasitas	2057,2802 kg/jam		
Isolasi	Batu isolasi		
Diameter	0,6836 m		
Panjang	2,1648 m		
Tebal isolasi	4 in	0,1016 m	
Tebal shell	3/16 in	0,1875 in	0,0048 m
Tinggi bahan (15% * D)	0,1025 m		
Sudut rotary	1°		
Time of passes	1,5 menit		
Jumlah flight	3 buah		
Power	8		
Jumlah	1		

## 8. Perancangan *Crystallizer*

Type : *Swenson Walker Cooling Crystallizer*

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk kristalisasi pendinginan

Dari arus 10 didapatkan

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

Rate bahan masuk = 3667,2280 kg/jam

$F_v$  campuran = 100,4034 cuft/jam

Waktu kristalisasi = 1 jam

Volume bahan = 128,58 cuft/jam

Volume Overdesign 20% = 125,5043 cuft/jam = 3,5539 m<sup>3</sup>

Perhitungan dimensi kristalizer

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

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

$(m \times D^3) / 2 = 70,3105 \text{ ft}$

$m \times D^3 = 140,6210 \text{ ft}$

$D^3 = 42,6124 \text{ ft}$

$D = 3,4928 \text{ ft} = 1,0646 \text{ m}$

$L = D \times 3,33 = 11,5264 \text{ ft} = 3,5132 \text{ m}$

Luas cooling area pada cristalizer

$S = V \times \frac{(2 + 4m)}{mD} = 165,5043 \text{ ft}^2 / \text{cuft}$

Power pengaduk pada Swenson walker cristalizer =

Power pengaduk yang digunakan adalah 16 hp tiap 1000 cuft bahan

(Hugot;694)

Volume bahan = 125,5043 cuft

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

Spesifikasi

Resume			
Nama Alat	<i>Crystallizer</i>		
Kode	H-410		
Fungsi	Mengkristalkan larutan H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> menjadi kristal H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> dengan pendinginan		
Type	<i>Swenson-Walker Crystallizer</i>		
<b>Spesifikasi :</b>			
Kapasitas	125,5043 cuft	3,5539 m <sup>3</sup>	938,8974 gall
Diameter	3,4928 ft	1,0646 m	



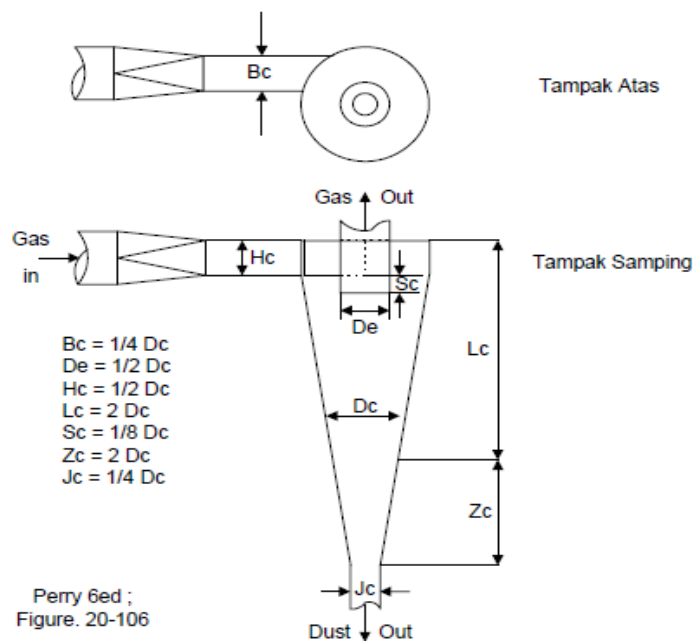
Panjang	11,5264 ft	3,5132 m	
Luas cooling area	165,5043 ft <sup>2</sup> /cuft		
Power	2,5 Hp		

## 9. Perancangan Cyclone -01

Fungsi : untuk memisahkan padatan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang terikut di udara

Type : Van Tongeren Cyclone

Dasar pemilihan : Efektif dan sesuai dengan jenis bahan



Asumsi time pass = 2 detik

Rate udara = 1161,1991 kg/jam = 2560,0056 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 = 12,0237 cuft/detik

Berat solid = 11,7273 kg/jam = 25,8542 lb/jam

Dari panas masuk arus 8 diketahui

Fv solid = 0,00004 cuft/detik

Fv air = 0,00013 cuft/detik

Total volumetric bahan = 12,0239 cuft/detik

Volume bahan = 24,0478 cuft = 0,6810 m<sup>3</sup>

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

Volume shell = 0,25 x  $\pi$  x D<sup>2</sup> x H

24,0478 = 0,25 x  $\pi$  x D<sup>2</sup> x H

D = 1,7219 ft = 0,5248 m = 20,6633 in

H = 3,1491 m

Dc = 20,6633 in

Bc = ¼ Dc = 5,1658 in

De = ½ Dc = 10,3316 in

Hc = 2 Bc = 10,3316 in

Lc = 2 Dc = 41,3266 in

Sc = 1/8 Dc = 2,5829 in

Zc = 2 Dc = 41,3266 in

Jc = ¼ Dc = 5,1658 in

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

$\mu$  udara = 0,00002 lb/cuft

$\rho$  solid = 172,2975 lb/cuft

$\rho$  udara = 63,8139 lb/cuft

Bc = 5,1658 in = 0,4305 ft

Area cyclone = 2 x Bc<sup>2</sup> = 0,3706 ft<sup>2</sup> = 0,0344 m<sup>2</sup>

Rate volumetric bahan = 12,0239 cuft/detik

Kecepatan bahan volumetric = 32,4414 ft/detik

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

Dp min = 0,000027 ft = 0,000008 m

Perancangan tebal shell dan tutup

Bahan dipilih Carbon stell

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

Faktor korosi  $C = 0,125$

**Tebal shell :**

Tekanan = 1 atm = 14,7 psi

Tebal shell rumusnya =

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

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

$T_s = 0,1400$  in dirancang  $3/16$  in = 0,0048 m

**Tebal tutup atas**

Tebal tutup atas disamakan dengan tutup bawah

Tebal tutup bawah:

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

$\alpha = 15^\circ$

Tebal conical ( $t_c$ ) = 0,1405 dirancang  $3/16$  in = 0,0048 m

Resume		
Nama Alat	<i>Cyclone-01</i>	
Kode	H-322	
Fungsi	Untuk memisahkan padatan $\text{Na}_2\text{SO}_4$ yang terikut udara	
Type	<i>Van Tongeren Cyclone</i>	
<b>Spesifikasi :</b>		
Kapasitas	24,0478 cuft/detik	
	dibuat 20% over design	
	28,8574 cuft/detik	
	2941,7347 $\text{m}^3/\text{jam}$	
	1731,4413 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	

### 10. Perancangan Cyclone -02

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

Resume		
Nama Alat	<i>Cyclone-02</i>	
Kode	H-432	
Fungsi	Untuk memisahkan padatan $H_3BO_3$ yang terikut udara	
Type	<i>Van Tongeren Cyclone</i>	
<b>Spesifikasi :</b>		
Kapasitas	37,0922 cuft/detik	
	dibuat 20% over design	
	44,5106 cuft/detik	
	4537,4396 m <sup>3</sup> /jam	
	2670,6386 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	
--------	---	--

### 11. 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 648,9787 kg/jam

Perancangan alat heater - 01

Fluida dingin :

Suhu masuk : 27,6015°C = 81,6828°F

Suhu keluar : 100°C = 212 °F

Massa masuk : 4035,3848 kg/jam = 8896,3510 lb/jam

Fluida panas : kebutuhan pemanas = 648,9787 kg/jam

Beban pemanas = 341127,1379 kJ/jam

Suhu pemanas masuk: 150°C

Suhu pemanas keluar: 100°C

#### Menentukan spesifikasi alat

Fluida panas (°F)		Fluida dingin	dT
302 (T1)	Higher temp	212 (t2)	90
212 (T2)	Lower temp	81,6828 (t1)	130,3172

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

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

$$dt2 - dt1 = - 40,3172 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Menghitung temperature caloric

$$R = (T1-T2)/(t2-t1) = 1,448$$

$$S = (t2-t1)/(T1-t1) = 0,4085$$

Dari Kern halaman 828

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

$dT_{LMTD} = dT_{LMTD} \times F_t = 89,413$

$dT_c/dT_h = dt_1/dt_2 = 0,6906$

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

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

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

dengan menggunakan fig 17 (Kern hal 827) diperoleh bilangan API gravity untuk slurry biasanya 30 – 35 dan perbedaan suhu shell adalah  $90^\circ\text{F}$  diperoleh

$K_c = 0,75$  dan  $F_c = 0,63$

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

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

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

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

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°C = 336,9508 K

Komponen	A	B	C	D	$\mu$ (cp)	
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .10H <sub>2</sub> O					0,4302	Yaws
CO <sub>2</sub>	-19,4921	1594,8	0,0793	-0,0001	0,0199	Yaws
SO <sub>4</sub>	-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 <sub>2</sub> O	-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°C = 398,15 K

Komponen	A	B	C	D	$\mu$ (cp)	
Air	-10,2158	1729,5	0,01773	-0,00001	0,587	Yaws

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

Fluida dingin

Komponen	A	B	C	k (W/m K)	k (BTU/jam ft °F)	k . x (BTU/jam ft°F)
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .10H <sub>2</sub> O				27,4000	0.261833902	12,7976
CO <sub>2</sub>	0,4320	-1,1929,E-03	-6,5352,E-17	0,0301	1.535008754	0,000003
SO <sub>4</sub>	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 <sub>2</sub> 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°F)
H <sub>2</sub> O	-0,2758	4,6120,E-03	-5,5391,E-	0,6824	-0,2758	1	0,3936



---



---

			06				
--	--	--	----	--	--	--	--

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 <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .10H <sub>2</sub> O	3,4398	5703,7127	381,37
CO <sub>2</sub>	7,9134	1514,2077	44,01
SO <sub>4</sub>	2,9171	1218,3441	96,06
Cl	2,0111	310,4061	35,5
Fe	4,1043	999,2985	56
H <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> O	43,3318	3394,0643	18,0153

Specific gravity (s)

Fluida dingin

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

Fluida panas

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



	<b>Fluida Dingin</b>	<b>Fluida Panas</b>
$\rho$ campuran, ( lb/ft <sup>3</sup> )	102,9461	59,4348
$\mu$ .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 hal 840

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

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

$$A = Q / (Ud \times LMTD) = 359889,1305 / 17882,5944 = 20,1251 \text{ ft}^2$$

$$A = 20,1251 \text{ ft}^2$$

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

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

Jumlah tube :

$$N_t = 10,9817$$

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

Parameter design dari Tabel 9 Kern halaman 842

$$\text{Pipa} = 1,25 \text{ in OD tubes}$$

$$\text{Pitch} = 1 \frac{9}{16} \text{ square pitch}$$

Shell side

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

$$\text{Buffel} = 3$$

$$\text{Pass (pasang)} = 2$$

Tube side

$$\text{Number and length} = 12$$

$$OD = 1,25$$

$$\text{BWG} = 12$$

$$\text{Pitch} = 1 \frac{9}{16} \text{ square pitch}$$

$$\text{Passes} = 4$$

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 <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup> /ft	m <sup>2</sup>
Surface per lin ft, a"t =		0,2618	0,0243
Flow area per tube, a't =	0,479	0,0033	0,0003

Koreksi Ud

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

$$U_d = Q / (A \times \text{LMTD}) = 183,0287 \text{ BTU/jam ft}^2\text{°F}$$

Fluida panas : Shell side

$$\text{Flow area (a}_s\text{)} =$$

dimana

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

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

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

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

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

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

$$w = 8896,351 \text{ lb/jam}$$

$$a_s = 0,0965 \text{ ft}^2 \text{ bisa dihitung } G_s = 92229,9883 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

Menentukan bilangan Reynold

$$G_s = 92229,9883 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

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

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

$$\text{Re}_s = \frac{G_s \cdot D}{\mu} = 9123,4624$$

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

Menentukan k dan c pada  $t_a = 96,17 \text{ }^\circ\text{F}$

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

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

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

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

Menentukan  $h_o$

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

Fluida dingin : Tube side

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

Dimana :

$$N_t = 12$$

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

$$n = 4$$

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

Fluks massa melalui tube (Gt)

$$G_t = w / a_t$$

$$w = 1430,729 \text{ lb/jam}$$

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

$$G_t = 143371,5938 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

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

$$G_t = 143371,5938 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

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

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

$$\text{Ret} = 17519,0689$$

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

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

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

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

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

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

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

Fluida Dingin :

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

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

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

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

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

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

$$\text{Total} = 0,1779 \text{ cp} = 0,4306 \text{ lb/ft jam}$$

Fluida Panas

$$\text{H}_2\text{O} = 0,4568 \text{ cp} = 0,7026 \text{ lb/ft jam}$$

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

$$\phi_t = 1,1305$$

Menentukan corrected coefficient

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

$$\phi_s = \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} = 1,0219$$

Menentukan corrected coefesient

$$h_{io} = \frac{h_{io}}{\phi} \times \phi = 1441,0386 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Clean Overall coefecient (Uc)

$$U_c = (h_{io} \cdot h_o) / (h_{io} + h_o) = 1296,1031$$

$$\text{Design overall coefecient } U_d = 183,0287 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

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

$$R_D = \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D} = 0,0047 \text{ jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F/Btu}$$

Menghitung Pressure Drop

Fluida dingin : shell side

$$Re_s = 9123,4624$$

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

$$s = 1,5912$$

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

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

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

Tube side ;fluida panas

$$Re_t = 17519,0689$$

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

$$s = 1$$

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5.22 \cdot 10^{10} D_i \cdot \phi_t} = 0,1656 \text{ psi}$$

Resume	
Nama alat	Heater-01



Kode	E-216		
Fungsi	Memanaskan larutan produk keluaran Mixer-01 dari suhu 30°C ke suhu 100°C		
Tipe	<i>shell and tube heat exchanger</i>		
<b>Tube</b>			
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		
<b>Shell</b>			
ID	10 in	0,254 m	
Passes	2		
HE area, A	20,1251 ft <sup>2</sup>	1,8697 m <sup>2</sup>	
Jumlah	1 buah		

## 12. Perancangan *Heater-02*

Fungsi : Memanaskan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dari suhu 30°C ke suhu 100°C

Alat : *Heat Exchanger tipe Shell and Tube*

Letak : Setelah Tangki H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

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

Resume	
Nama alat	<i>Heater-02</i>
Kode	E-214
Fungsi	Memanaskan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dari suhu 30°C ke suhu 100°C

Tipe	<i>shell and tube heat exchanger</i>		
<b>Tube</b>			
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		
<b>Shell</b>			
ID	10 in	0,254 m	
Passes	2		
HE area, A	5,4175 ft <sup>2</sup>	0,5033 m <sup>2</sup>	
Jumlah	1 buah		

### 13. Perancangan Cooler

Fungsi : Mendinginkan larutan H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> dari suhu 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 <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> dari suhu 100°C ke suhu 50 °C		
Tipe	<i>shell and tube heat exchanger</i>		
<b>Tube</b>			
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		
<b>Shell</b>			
ID	10 in	0,254 m	
Passes	1		
HE area, A	47,1125 ft <sup>2</sup>	4,3769 m <sup>2</sup>	
Jumlah	1 buah		

#### 14. Perancangan Pompa-01

Fungsi : mengalirkan bahan baku asam sulfat dari truk ke tangki penyimpanan

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

Massa total = 821,1265 kg/jam = 0,5029 lb/s

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

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

$$\text{rate volumetrik (Q)} = m / \rho = 0,0044 \text{ ft}^3/\text{s} = 1,9818 \text{ gpm}$$

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

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

Dimana :

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

$Q$  = kecepatan volumetric

$\mu$  = viskositas fluida, cP

sehingga,

$$Di_{\text{opt}} = 0,1730 \text{ in}$$

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,  $\text{ft}^3/\text{s}$

$A$  = inside sectional area,  $\text{ft}^2$

$$\text{Sehingga, } v = 11,0389 \text{ ft/s} = 3,3647 \text{ m/s}$$

### **Menghitung Reynold number (NRe)**

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

Dimana :

$\rho$  = densitas cairan ( $\text{lb/ft}^3$ )

$ID$  = diameter dalam pipa (ft)

$\mu$  = viskositas ( $\text{lb/ft.s}$ )

$v$  = kecepatan linier (ft/s)

Sehingga :

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

**Head losses (Hf)**

a) Sudden Contraction Losses

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

dimana :

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

$$k_c = 0,4995$$

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

$$h_c = 0,9460 \text{ lbf.ft/lbm}$$

b) Sudden Enlargement Losses

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

$$= 1$$

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

$$= 1,8937 \text{ lbf.ft/lbm}$$

c) Losses in fitting and valve

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

dari table 2.10-1 Geankoplis, hal 99 didapat :

	kf
Elbow 90°	0,75
Gate value (wide open)	0,17
Coupling	0,04

Asumsi panjang pipa = 18 m = 59,0544 ft

Maka,

	Jumlah	kf	Total
Elbow 90°	3	0,75	2,25
Gate value (wide open)	1	0,17	0,17

Coupling	3	0,04	0,12
Total			2,54

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 h_f &= k_f \times (V^2 / 2 \times g_c) \\
 &= 2,54 \times (121,8574 / 64.348) \\
 &= 4,8101 \text{ lbf.ft/lbm}
 \end{aligned}$$

d) Losses in pipe straight

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

dimana :

$$h_F = \text{friction loss (ft.lbf/lbm)}$$

$$f = \text{faktor friksi}$$

$$v = \text{kecepatan linier fluida (ft/s)}$$

$$\Sigma L_e = \text{panjang equivalen pipa (ft)}$$

$$g_c = 32,174 \text{ lbm.ft/lbf.s}^2$$

dari tabel 2.10-1 Geankoplis hal 99, didapat :

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

Maka :

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

Total			2,69
-------	--	--	------

### Menghitung fanning friction factor (f)

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

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

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

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

Sehingga :

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

### Menghitung static head

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

$$Z_2 = 11,5599 \text{ ft}$$

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 = 11,5599 \text{ ft}$$

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

$$\Delta Z (g/g_c) = 11,5599 \text{ ft.lbf/lbm}$$

### Menghitung velocity head

V1 = kecepatan linier fluida dari tangki ke pipa

V2 = kecepatan linier fluida ke tangki

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

$$\text{Sehingga velocity head } (v^2 / 2ag_c) = 1,8937$$

### Menghitung pressure head

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

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

$$= 2116 \times 1,8937$$

$$= 4007,1210 \text{ lb/ft}^2$$

$$\Delta P/\rho = 35,1866$$

### Menghitung energi mekanik pompa

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

$$-W_f = 348,3898 \text{ ft.lbf/lbm}$$

### Menghitung broke horse power (BHP)

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

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

Diperoleh  $\eta$  pompa = 35%

Sehingga :

$$\text{BHP} = 0,9101$$

### Menghitung tenaga motor

Dari fig. 14-38, Peters hal 521, untuk  $\text{BHP} = 0,9101$

$H_p = 0,6786$ , diperoleh  $\eta$  motor = 0,8

Sehingga power motor yang diperlukan :

$$P \text{ motor} = \text{BHP} / \eta = 0,9101 / 0,8 = 1,1376 \text{ Hp}$$

Dipilih motor standar dengan power = 1,5 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	0,0044 ft <sup>3</sup> /s	
Kecepatan Aliran	11,0389 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	1/8 in
	Sch. Number	40



	OD	0,405 in
	ID	0,269 in
	Flow Area	0,0576 in <sup>2</sup>
Power Pompa	0,9101 Hp	
Power Motor	1 ½ Hp	
Jumlah	2	

### 15. Perancangan Pompa-02

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

Tipe : Centrifugal pump

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

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

	Flow Area	0,0576 in <sup>2</sup>
Power Pompa	0,8801 Hp	
Power Motor	1 ½ Hp	
Jumlah	2	

### 16. Perancangan Pompa-03

Fungsi : Mengalirkan larutan boraks dari tangki mixer ke reaktor

Tipe : Centrifugal pump

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

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

Jumlah	2
--------	---

### 17. Perancangan Pompa-04

Fungsi : Mengalirkan produk keluaran reaktor menuju centrifuge 1

Tipe : Centrifugal pump

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

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

### 18. Perancangan Pompa-05

Fungsi : Mengalirkan larutan asam borat dari centrifuge 1 menuju  
crystallizer

Tipe : Centrifugal pump

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

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

### **19. Perancangan Pompa-06**

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

Tipe : Centrifugal pump

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

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

## 20. Perancangan *Screw Conveyor*

Fungsi : Memindahkan bahan dari kristalizer ke centrifuge-02

Tipe : *Plain spouts or chutes*

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk padatan dengan sistem tertutup

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

Dari neraca massa dan panas didapatkan laju alir dan densitas

Fv = 3667,2280 kg/jam = 8084,8532 lb/jam

$\rho$  bahan = 1294,4467 kg/m<sup>3</sup> = 80,8111 lb/cuft

Volumetrik bahan = 100,0463 cuft/jam = 1,6674 cuft/menit

$\rho$  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 = 0,6125 HP untuk power < 2HP maka dikalikan 2 (Badger;713)

Power = 1,2250 HP

Jika efisiensi motor 80% ,maka power menjadi 1,5312 HP

Dari fig 16-20 Badger untuk kapasitas 100,0463 ft<sup>3</sup>/jam digunakan ukuran :

Diameter = 16 in

Kecepatan putaran= 13 rpm

Resume		
Nama Alat	<i>Screw conveyor</i>	
Kode	J-421	
Fungsi	Memindahkan bahan dari Kristaliser ke Centrifuge-02	
Type	<i>Plain spouts or chutes</i>	
<b>Spesifikasi :</b>		
Kapasitas	100,0463 ft <sup>3</sup> /jam	2,8330 m <sup>3</sup> /jam
Panjang	50,0000 ft	15,24 m
Diameter	16 in	0,4064 m
Kecepatan putaran	13 rpm	
Power	2,0000 Hp	
Jumlah	1	

## 21. Perancangan *Bucket elevator* – 01

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

Tipe : *Continous Discharge Bucket Elevator*

Dasar pemilihan : Untuk memindahkan dengan bahan ketinggian tertentu

Perhitungan

Rate massa : 3264,9103 kg/jam = 3,2649 ton/jam

Tinggi bucket : tinggi silo + jarak dari dasar = 6,2222 + 1 = 7,2222 m  
= 23,6949 m

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 : 0,4739 Hp + 1,0 Hp

Power total = 1,4739 Hp

Efisiensi motor 80%

Power total = 1,8424 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)

: 52,4718 ft/menit = 0,2666 m/detik

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

: 10,0279 rpm

Lebar belt : 7 in = 0,1778 m

Resume		
Nama Alat	<i>Bucket Elevator – 01</i>	
Kode	J-111	
Fungsi	Memindahkan bahan baku boraks (Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O) dari truk ke silo penyimpanan boraks	
Type	<i>Continous Discharge Bucket Elevator</i>	
<b>Spesifikasi :</b>		
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	7,2222 m	23,6949 ft
Ukuran Feed (maximum)	¾ in	0,0191 m
Bucket Speed	52,4718 ft/menit	0,2666 m/s
Putaran Head Shaft	10,0279 rpm	
Lebar Belt	7 in	0,1778 m
Power total	2 Hp	
Alat pembantu	<i>Hopper Chute</i> (pengumpan)	
Jumlah	1	

## 22. Perancangan *Bucket elevator – 02*

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

Type : *Continous Discharge Bucket Elevator*

Dasar pemilihan : Untuk memindahkan dengan bahan ketinggian tertentu



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

Resume		
Nama Alat	<i>Bucket Elevator – 02</i>	
Kode	J-113	
Fungsi	Memindahkan bahan baku boraks dari silo penyimpanan boraks ke hopper	
Type	<i>Continous Discharge Bucket Elevator</i>	
<b>Spesifikasi :</b>		
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	14,8820 m	28,8254 ft
Ukuran Feed (maximum)	¾ in	0,0191 m
Bucket Speed	52,4718 ft/menit	0,2666 m/s
Putaran Head Shaft	10,0279 rpm	
Lebar Belt	7 in	0,1778 m
Power total	3 Hp	
Alat pembantu	<i>Hopper Chute</i> (pengumpan)	
Jumlah	1	

### **23. Perancangan *Bucket elevator – 03***

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

Tipe : *Continous Discharge Bucket Elevator*

Dasar pemilihan : Untuk memindahkan dengan bahan ketinggian tertentu  
Perhitungan sama dengan perancangan pada *bucket elevator – 01*, dan  
didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

Resume		
Nama Alat	<i>Bucket Elevator – 03</i>	
Kode	J-332	
Fungsi	Memindahkan produk natrium sulfat dari <i>belt conveyor-03</i> ke silo penyimpanan produk natrium sulfat	
Type	<i>Continuous Discharge Bucket Elevator</i>	
<b>Spesifikasi :</b>		
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	6,6010 m	21,6567 ft
Ukuran Feed (maximum)	¾ in	0,0191 m
Bucket Speed	32,8429 ft/menit	0,1668 m/s
Putaran Head Shaft	6,2766 rpm	
Lebar Belt	7 in	0,1778 m
Power total	2 Hp	
Alat pembantu	Hopper Chute (pengumpan)	
Jumlah	1	

#### 24. Perancangan *Bucket elevator – 04*

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

Tipe : *Continous Discharge Bucket Elevator*

Dasar pemilihan : Untuk memindahkan dengan bahan ketinggian tertentu

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

Resume		
Nama Alat	<i>Bucket Elevator – 04</i>	
Kode	J-442	
Fungsi	Memindahkan produk asam borat dari <i>belt conveyor-04</i> ke silo penyimpanan produk asam borat	
Type	<i>Continous Discharge Bucket Elevator</i>	
<b>Spesifikasi :</b>		
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	4,8282 m	15,8407 ft
Ukuran Feed (maximum)	¾ in	0,0191 m
Bucket Speed	18,8771 ft/menit	0,0959 m/s
Putaran Head Shaft	6,2766 rpm	
Lebar Belt	7 in	0,1778 m
Power total	2 Hp	
Alat pembantu	<i>Hopper Chute</i> (pengumpan)	
Jumlah	1	

## 25. Perancangan *Hopper*

Fungsi : Menampung sementara boraks sebelum masuk mixer

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

Kondisi operasi : Suhu = 30 °C

Tekanan = 1 atm

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

$\rho$  campuran = 1740,3327 kg/m<sup>3</sup> = 108,6473 lb/ft<sup>3</sup>

rate bahan masuk = 3264,9103 kg/jam = 7197,8947 lb/jam

### **Menentukan kapasitas hopper**

Menghitung banyaknya boraks yang disimpan selama 7 hari :

mf = 3264,9103 kg/jam x 24 jam/hari x 7 hari hari

= 548504,9367 kg

### **Menghitung kapasitas hopper**

Volume hopper = mf /  $\rho$  campuran = 548504,9367 kg / 1740,3327 kg/m<sup>3</sup>

= 315,1725 m<sup>3</sup>

Overdesign 10%

Volume hopper = 346,6897 m<sup>3</sup> = 12243,2430 ft<sup>3</sup> = 91591,7007 gal

H = 2D

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

D = 5,8185 m = 229,0753 in

H = 11,6370 m = 458,1505 in

Tinggi kerucut = 1,2518 ft = 4,1070 m = 161,691 in

Diameter lubang = 0,1878 ft = 0,6161 m = 24,2575 in

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

Dimana : f = 18750

E = 0,85

C = 1/8

P = 1 atm

Tekanan perancangan

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

$$r = \frac{1}{2} \times D = 0,8867 \text{ ft} = 10,6409 \text{ in}$$

$$\text{Tebal dinding} = 0,1348 \text{ in} = 0,0034 \text{ m}$$

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

Resume		
Nama Alat	<i>Hopper</i>	
Kode	J-114	
Fungsi	Menampung sementara boraks sebelum masuk mixer	
Bahan	<i>Stainless steel SA-167 tipe 304</i>	
<b>Spesifikasi :</b>		
Jumlah	1	
Bentuk	Kerucut	
Volume hopper	346,6897 m <sup>3</sup>	12243,3470 ft <sup>3</sup>
Diameter	5,8185 m	
Tinggi silinder	11,6370 m	
Tinggi kerucut	4,1070 m	
Diameter lubang	0,6161 m	
Tebal dinding	$\frac{3}{16}$ in	0,0048 m

## 26. Perancangan *Belt Conveyor* - 01

Fungsi : Mengangkut natrium sulfat dari *Centrifuge-01* ke *Rotary dryer-01*

Jenis : *Horizontal belt conveyor*

Laju alir massa = 1188,3502 kg/jam

Faktor kelonggaran (fh) = 20%

Kapasitas =  $(1+fh) \times \text{laju alir massa} = 1426,0203 \text{ kg/jam} = 1,4260 \text{ ton/jam}$

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

Untuk belt conveyor kapasitas = 1,4260 ton/jam

Kapasitas maksimal = 32 ton/jam

Dipakai :

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

b) Luas area = 0,11 ft<sup>2</sup> = 0,0102 m<sup>2</sup>

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 = 1,4260 ton/jam

Maka kecepatan belt = (kapasitas / kapasitas maks) x kecepatan belt =

4,4563 ft/min

h) Power belt conveyor

Persamaan design Brown, hal 57

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

Asumsi panjang belt = 5 m = 16,4042 ft

Dimana :

H<sub>p</sub> : tenaga yang diperlukan

F : Faktor friksi, dipakai = 0,05

L : panjang belt conveyor = 16,4042 ft

L<sub>o</sub> : 100 ft (untuk plain bearing)

S : kecepatan belt = 4,4563 ft/min

T : kapasitas = 1,4260 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,

$$H_p = 0,0095 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor = 0,8

Power motor = Hp total / efisiensi =  $0,0095/0,8 = 0,0119$  Hp  
= 0,5 Hp

Resume		
Nama Alat	<i>Belt conveyor – 01</i>	
Kode	J-321	
Fungsi	Mengangkut Natrium Sulfat dari Centrifuge-01 ke RD-01	
Jenis	<i>Horizonzal Belt Conveyor</i>	
Bahan	Karet	
<b>Spesifikasi :</b>		
Kapasitas maksimal	32,0000 kg/jam	
Lebar belt	0,3556 m	14,0000 in
Luas area	0,0102 m <sup>2</sup>	
Kecepatan belt normal	1,0160 m/s	
Kecepatan belt maks	1,5240 m/s	
Belt piles maks	5	
Belt piles min	3	
Kecepatan belt	0,5080 m/s	
Panjang belt	5 m	16,4042 ft
Power motor	0,5 Hp	

### **27. Perancangan *Belt Conveyor – 02***

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

Jenis : *Horizontal belt conveyor*

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

Resume		
Nama Alat	<i>Belt conveyor – 02</i>	
Kode	J-431	
Fungsi	Mengangkut asam borat dari <i>Centrifuge-02</i> ke <i>Rotary dryer-02</i>	
Jenis	<i>Horizonzal Belt Conveyor</i>	
Bahan	Karet	
<b>Spesifikasi :</b>		
Kapasitas makasimal	32,0000 kg/jam	
Lebar belt	0,3556 m	14,0000 in
Luas area	0,0102 m <sup>2</sup>	
Kecepatan belt normal	1,0160 m/s	
Kecepatan belt maks	1,5240 m/s	
Belt piles maks	5	
Belt piles min	3	
Kecepatan belt	0,5080 m/s	
Panjang belt	5 m	16,4042 ft
Power motor	0,5 Hp	

### **28. Perancangan *Belt Conveyor – 03***

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

Jenis : *Horizontal belt conveyor*

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



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

### **29. Perancangan *Belt Conveyor – 04***

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

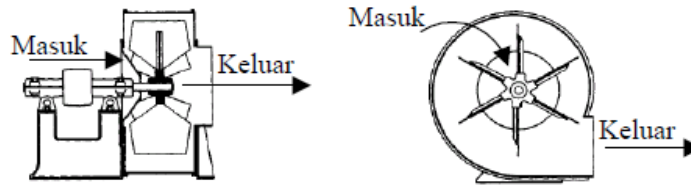
Jenis : *Horizontal belt conveyor*

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

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

### 30. Perancangan Blower-01

- Tugas : Menghembuskan udara ke dalam Rotary Dryer-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 = 1161,1991 kg/jam = 2560,0056 lb/jam

$\rho$  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 =  $2560,0056 \text{ lb/jam} / 0,0728 \text{ lb/cuft} = 995,8855 \text{ m}^3/\text{jam}$

Asumsi aliran turbulen :

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

OD : 12,75 in

ID : 12,09 in

A : 115 in<sup>2</sup>

Perhitungan Power :

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

dengan :  $Q$  = volumetrik gas ; cuft/mnt

$P_1$  = operating suction pressure ; psi

$P_2$  = operating discharge pressure ; psi

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

$\text{Hp} = 0,0044 \times 995,8855 \times 14,7 \times \ln (18,7/14,7) = 9,1247 \text{ Hp}$

Dengan asumsi efisiensi motor 80% maka : 11,4058 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>
<b>Spesifikasi :</b>	
Rate Volumetrik	586,1566 ft <sup>3</sup> /menit
Adiabatic Head	995 ft.lbf/lbm gas
Effisiensi motor	80%
Power	12 Hp
Jumlah	1

### 31. 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>
<b>Spesifikasi :</b>	
Rate Volumetrik	904,1089 ft <sup>3</sup> /menit
Adiabatic Head	995 ft.lbf/lbm gas
Effisiensi motor	80%
Power	18 Hp
Jumlah	1

## LAMPIRAN UTILITAS

Unit Penyediaan dan Pengolahan air

1. Air untuk keperluan umum jumlah total 1560 kg/jam
2. Air proses total 924,5693 kg/jam dan make up 92,4569 kg/jam
3. Air untuk boiler total 984,7061 kg/jam dan make up 98,4706 kg/jam
4. Air untuk cooling tower 173989,4233 kg/jam dan make up 17398,9423 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 Branam, didapat kompresor yang digunakan reciprocating

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

Compressor ratio = 1,3

Dipilih reciprocating compressor 1 stage horizontal

BM rata – rata = 28,14

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

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

$n = 1,4$

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

$$P2/P1 = 1,3$$

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

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

$$\text{Actual work required} = BHP/\text{efisiensi} = 1373,3511 \text{ J/mol}$$

$$\text{Kecepatan udara masuk} = (P1 \times Vw) / (R \times T1) = 2,3236 \text{ kmol/jam}$$

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

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

## 2. Alat yang digunakan

### 1.1. Cooling tower

Fungsi : Tempat mendinginkan air pendingin dan mensirkulasikan kembali

Suhu air masuk cooling :  $60^\circ\text{C} = 140^\circ\text{F}$

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

Kecepatan pemasukan :  $174769,5099 \text{ kg/jam} = 783,5277 \text{ gpm}$

Digunakan udara sebagai medium pendingin dengan RH = 80%

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

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

Tabel 17.2 Kern hal 585 diperoleh humidity udara  $30^\circ\text{C} = 0,0272 \text{ lb air/lb udara kering}$

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

Kehilangan air akibat penguapan ( $W_e$ )

$$W_e = 0,00085 W_c (T_2 - T_1) \quad (\text{Perry, 1999})$$

dimana  $W_c$  adalah jumlah air yang diinginkan

$$W_c = 174769,5099 \text{ kg/jam}$$

$$W_e = 4902,2848 \text{ kg/jam} = 10807,6750 \text{ lb/jam}$$

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

$$\text{Udara yang dipindahkan} = 10807,6750 / 0,0272 = 397926,1787 \text{ lb udara kering / jam}$$

Kecepatan air  $5 \text{ gpm}$

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

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

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

$$\text{laju alir massa} = 174769,5099 / 60 = 2912,8252 \text{ kg/menit}$$

$$Q_t = 2912,8252 / 28,2356 = 103,1613 \text{ cuft/menit} = 768,7287 \text{ gpm}$$

$$\text{Cooling tower area} = \text{debit air yang diinginkan} / \text{kecepatan air} = 768,7287 / 5 = 153,7457 \text{ ft}$$

Over design 20%

$$\text{Luas cooling area} = 184,4949 \text{ ft}^2 = 17,1401 \text{ m}^2$$

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

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

$$W_b = W_e / (s-1) = 2701,9188 \text{ lb/jam}$$

$$W_d = 2,1615 \text{ lb/jam}$$

Jadi,

$$W_m = W_e + W_d + W_b = 147092,0736 \text{ kg/hari}$$

Daya penggerak fan cooling tower

Performance cooling tower 90%

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

$$\text{Tenaga yang dibutuhkan (BHP)} = \text{luas tower} \times \text{daya penggerak fan} = 5,5348$$

$H_p$

Efisiensi motor 80%

$$\text{Power motor} = \text{BHP}/80\% = 6,9186 \text{ HP}$$

---

Digunakan 1 fan dengan motor 8 HP

### 1.2. Bak penampung sementara (BU-01)

Tugas : menampung air dan selanjutnya didistribusikan ke semua pengolahan air

Kapasitas = 177458,6987 kg/jam

Dirancang overdesign 20% dan waktu tinggal dalam tangki 1 jam

Volume tangki = 213,8815 m<sup>3</sup>/jam

Dimensi : L = 2,9902 m

P = 5,9803 m

T = 11,9606 m

Bahan digunakan adalah beton

### 1.3. 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) : 2699,2434 kg/jam

Densitas (p) : 995,647 kg/m<sup>3</sup>

Overdesign : 20%

Kapasitas :  $1,2 \times W / p = 1,2 \times 2699,2434 / 995,647$   
= 3,2533 m<sup>3</sup>/jam

Perancangan waktu siklus kation exchanger

Waktu operasi :  $t_o = 16$  jam

Waktu pencucian :  $t_w = 4$  jam

Waktu regenerasi :  $t_r = 4$  jam

---

Waktu siklus :  $t_c = 24$  jam

Kisaran laju air melalui bed zeolite 3 – 8 gpm / ft<sup>2</sup> (Powl 1954)

Dirancang :



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

Luas penampang kolom (A) =  $Q / \text{kec air} = 3,2533 / 7,3334 = 0,4436 \text{ m}^2$

Diameter =  $D = (4 A / \pi)^{0,5} = 0,7517 \text{ m}$

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

Kapasitas Natural Green Sand Zeolit = 3000 grain hardness/ cuft

(Nalco, 1978)

tiap 1 cuft zeolite dapat menghilangkan 2000 – 12000 grain hardness dalam 1 galon air rata terdapat 10 grain hardness (Powl, 1954)

Diperkirakan :

Kesadahan air sebelum lewat KEU = 70 ppm

Kesadahan air setelah lewat KEU = 0 ppm

Kesadahan yang dihilangkan selama waktu operasi

=  $(70 \text{ ppm} / 1000000) \times 2699,2434 \text{ kg/jam} \times 16 \text{ jam} = 3,0232 \text{ kg} = 46654,3191 \text{ grain}$

Volum bed zeolite  $V = \text{kesadahan air yang dihilangkan} / \text{kapasitas zeolite} = 46654,3191 \text{ grain} / 3000 \text{ grain/cuft} = 15,5514 \text{ cuft} = 0,4404 \text{ m}^3$

Tinggi bed zeolite :  $0,4404 / 0,4436 = 0,9927 \text{ m}$

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 :  $(0,5 / 1000) \times 46654,3191 = 23,3272 \text{ lb} / \text{waktu siklus}$

: 10,5810 kg / waktu siklus

#### **Tangki anion exchanger (TU-04)**

Tugas : Menghilangkan anion dari air keluaran kation exchanger

Resin : Synthetix resin anion exchanger

Kapasitas (W) = 2699,2434 kg/jam

$\rho$  : 995,6470 kg/m<sup>2</sup>

Overdesign: 20%

Kapasitas (Q) :  $1,2 \times W / \rho = 3,2533 \text{ m}^3/\text{jam}$

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 / ft<sup>2</sup>

Kebutuhan regenerasi NaOH = 12 lb/cuft

Dirancang :

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

Luas penampang kolom (A) =  $Q / \text{kec air} = 0,2662 \text{ m}^2$

Diameter =  $(4 \times A / \pi)^{0,5} = 0,5823 \text{ m}$

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 =

$(70/1000000) \times 2699,2434 \times 22,5 = 4,2513 \text{ kg} = 65607,6363 \text{ grain}$

Volume bed resin (V) = kesadahan air dihilangkan / kapasitas resin = 6,5608 cuft

Volume bed resin (V) =  $0,1858 \text{ m}^3$

Tinggi bed zeolite =  $0,1858 / 0,2662 = 0,6980 \text{ m}$

Tinggi cairan diatas bed = 0,25 m

Tinggi cairan dibawah bed = 0,25

Tinggi kolom =  $1,1980 \text{ m}$

Kebutuhan NaOH untuk regenerasi

Efisiensi regenerasi = 12 lb/cuft  
 Jumlah NaOH = 1,8291 lb/waktu siklus  
 = 0,8296 kg/waktu siklus

#### 1.4. Tangki demineralisasi (TU-08)

Tugas : Menampung air demineralisasi  
 Bahan : Carbon steel  
 Kecepatan volumetric : 2,6992 m<sup>3</sup>/jam  
 Waktu tinggal : 1 jam (Perry 1997)  
 Overdesign 10%  
 Volume tangki : 1,1 x 2,6992 = 2,9692 m<sup>3</sup>  
 Diambil H = D  
 $D = H = (4.V / \pi)^{1/3} = 1,5581 \text{ m}$

#### 1.5. Deaerator (De)

Tugas : Melepaskan gas – gas yang terlarut dalam air seperti O<sub>2</sub>  
 dan CO<sub>2</sub>  
 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 : 2699,2434 kg/jam = 149,8308 kmol/jam  
 Kecepatan steam: 1000 kg/jam = 55,5084 kmol/jam  
 Massa jenis air : 995,647 kg/m<sup>3</sup>  
 Massa jenis steam : 955,7704 kg/m<sup>3</sup>  
 Viskositas air : 1 cP = 0,001 Ns/m<sup>2</sup>  
 $FLv = L / v (MJ v / MJ 1)^{0,5}$   
 $FLv = 2,64$   
 Dari fig 11.44 Coulson dengan dP/m diambil 10 mm air/m  
 Didapat K4 = 0,5

$$Vw' = ((K4 \times MJv \times (MJ1 - MJv) / (42,9 \times Fp \times (vis1 / MJ1)^{0,1}))^{0,5}$$

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

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

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

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

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

Untuk diameter packing 1 in tinggi bed diperkirakan 0,4 – 0,5 m

(Coulson,1983)

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

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

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

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

Digunakan elliptical dished head dengan a/b = 2

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

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

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

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

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

#### 1.6. Boiler (BL)

Tugas : menghasilkan steam yang digunakan di peralatan proses

Jenis : fire tube tube boiler

Jumlah steam : 2699,2434 kg/jam = 5952,1016 lb/jam

Dari steam table

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

T = 314,6 °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%

Air umpan = 2699,2434 kg/jam / 85% = 3175,6 kg/jam

Suhu air umpan (T1) = 80,6 °F = 27 °C

Cp air = 1 kg/L

Beban boiler = m cp dt air + m air (Hg - Hf)

Beban boiler = 6831880 kJ/jam

Digunakan bahan bakar fuel oil (solar) dengan spesifikasi

Normal heating value (F) = 45600 kJ/kg

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

Densitas 0,846 kg/L

Efisiensi 80%

Kebutuhan solar = Q / (F x ρ) = 6831880 / 30862,08 = 221,37 L/jam

Kebutuhan solar = 5312,83 L/hari

#### 1.7. Tangki larutan N<sub>2</sub>H<sub>2</sub>

Tugas : membuat larutan N<sub>2</sub>H<sub>2</sub> yang mencegah pembentukan kerak dalam proses

Bentuk tangki : silinder tegak

Air yang diolah sebanyak 2699,2434 kg/ jam = 2,6992 m<sup>3</sup>/jam = 713,1023 gallon/jam

Kebutuhan N<sub>2</sub>H<sub>2</sub> = 30 ppm = ((30/1000000) x 2699,2434) = 0,0810 kg/jam = 4,2846 lb/hari

ρ N<sub>2</sub>H<sub>2</sub> = 62,40 lb/cuft

Volume N<sub>2</sub>H<sub>2</sub> = 4,2846 / 62,4 = 0,0687 cuft/hari

Waktu tinggal = 30 hari = 720 jam

Overdesign 20%

Dibuat larutan N<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 5 %

Volume larutan = (100/5) x 0,0687 x 30 ) = 41,1980 cuft = 1,1666 m<sup>3</sup>

Volume tangki = 1,3999 m<sup>3</sup>

Ukuran tangki = H/D = 1

H = D = (4V / π )<sup>1/3</sup> = 1,2127 m

---

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

Spesifikasi :

Diameter : 1,2127 m

Tinggi : 1,2127 m

Jenis pengaduk : marine propeller 3 blade

Bahan : fiber

#### 1.8. 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 =  $6 \times 220648,1472 / 100000 = 13,2389$  lb/bulan

$\rho$  karbon aktif = 27 lb/cuft

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

Overdesign 20% maka

$V = 0,5884$  cuft =  $0,0167$  m<sup>3</sup>

Bentuk tangki  $H/D = 2$

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

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

$D = 0,7210$  ft =  $0,2198$  m

$H = 1,4420$  m =  $0,4395$  ft

#### 1.9. 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 =  $(5/1000000) \times 1160 = 0,0058$  kg/jam

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

---

Densitas larutan dianggap  $997 \text{ kg/m}^3$

Keperluan 1 bulan :

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

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

$$H/D = 2$$

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

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

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

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

#### 1.10. Tangki air sanitasi

Fungsi : menampung air bersih untuk perkantoran sehari – hari

Bahan : carbon steel (SA-283)

Bentuk : silinder vertical

Air ditampung :  $1160 \text{ kg/jam} = 1,16 \text{ m}^3/\text{jam} = 27,84 \text{ m}^3/\text{hari}$

Kapasitas 7 hari kedepan:

Overdesign 20%

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

$$D/H = 2$$

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

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

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

#### 1.11. Tangki larutan HCl

Tugas : Membuat larutan HCl yang akan digunakan  
regenerasi Kation exchanger

Bentuk tangki : silinder tegak

Bahan : Stainless steel 304 SA-167 type 304

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

Dibuat larutan HCl : 5%

Volume kation exchanger :  $15,5514 \text{ cuft} = 0,4404 \text{ m}^3$

HCl dibutuhkan : 699,8148 lb

Overdesign : 20%

Volume tangki : 0,3821 m<sup>3</sup>

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

D = 0,7866 m

H = 0,7866 m

Digunakan motor listrik 0,5 HP dengan putaran 20 rpm

Spesifikasi :

Volume : 0,3821 m<sup>3</sup> = 100,9381 gallon

Diameter : 0,7866 m

Tinggi : 0,7866 m

Jenis pengaduk: Marine Propeler 3 blade

#### 1.12. Tangki larutan NaOH

Tugas : Membuat larutan NaOH yang akan digunakan regenerasi anion exchanger

Bentuk tangki : silinder tegak

Bahan : Stainless steel 304 SA-167 type 304

Densitas : 62,2 lb/cuft

Dibuat larutan HCl : 5%

Volume kation echanger : 6,5608 cuft = 0,1858 m<sup>3</sup>

NaOH dibutuhkan : 54,8717 lb

Overdesign : 20%

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

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

D = 0,3367 m

H = 0,3367 m

Digunakan motor listrik 0,5 HP dengan putaran 20 rpm

Spesifikasi :



---

Volume :  $0,03 \text{ m}^3 = 7,9143 \text{ gallon}$   
Diameter :  $0,3367 \text{ m}$   
Tinggi :  $0,3367 \text{ m}$   
Jenis pengaduk: Marine Propeler 3 blade

#### 1.13. 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 :  $174769,5099 \text{ kg/jam} = 174,7695 \text{ m}^3/\text{jam}$   
Overdesign 10% waktu tinggal 1 jam  
V tangki :  $192,2465 \text{ m}^3$   
Dimensi tangki :  $D = H = (4 \times V / \pi)^{(1/3)} = 6,2565 \text{ m}$

#### 1.14. 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 :  $174769,5099 \text{ kg/jam} = 174,7695 \text{ m}^3/\text{jam}$   
Overdesign 10% waktu tinggal 1 jam  
V tangki :  $192,2465 \text{ m}^3$   
Dimensi tangki :  $D = H = (4 \times V / \pi)^{(1/3)} = 6,2565 \text{ m}$

#### 1.15. Pompa utilitas - 01

Fungsi : mengalirkan air dari Bak penampung sementara ke tangki karbon aktif  
Tipe : Centrifugal pump  
Langakah perencanaan :  
e) 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

f) 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 = 1160,0000 kg/jam = 0,7104 lb/s

$\mu$  campuran = 0,8709 cP = 0,0006 lb/ft.s

$\rho$  campuran = 995,6470 kg/m<sup>3</sup> = 62,1563 lb/ft<sup>3</sup>

rate volumetrik (Q) = m /  $\rho$  = 0,7104 ft<sup>3</sup>/s = 5,1296 gpm

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

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

Dimana :

Di opt = diameter dalam, in

qf = kecepatan volumetric

$\rho$  = viskositas fluida, cP

sehingga,

Di opt = 0,1358 in

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

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

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

A = 0,0004 ft<sup>2</sup> = 0,00576 in<sup>2</sup>

**Menghitung kecepatan linier**

$v = Q / A$

dimana :

$v$  = kecepatan linier aliran fluida, ft/s

$Q$  = laju alir volumetric, ft<sup>3</sup>/s

$A$  = inside sectional area, ft<sup>2</sup>

Sehingga,  $v = 28,5722$  ft/s = 8,7088 m/s

### Menghitung Reynold number (NRe)

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

Dimana :

$\rho$  = densitas cairan (lb/ft<sup>3</sup>)

ID = diameter dalam pipa (ft)

$\mu$  = viskositas (lb/ft.s)

$v$  = kecepatan linier (ft/s)

Sehingga :

$$NRe = 68027,5112 \text{ (} NRe > 2100, \text{ jadi aliran turbulen)}$$

### Head losses (Hf)

#### a) Sudden Contraction Losses

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

dimana :

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

$$k_c = 0,5$$

$\alpha = 1$  (untuk aliran turbulen)

$$h_c = 6,3434 \text{ lbf.ft/lbm}$$

#### b) Sudden Enlargement Losses

$$k_{ex} = 1 - (A_1/A_2)^2 \\ = 0,9980$$

$$h_{ex} = k_{ex} \times (V^2 / 2 \times g_c \times \alpha) \quad (\text{Pers. 2.10-15, Geankoplis, hal 98}) \\ = 12,6620 \text{ lbf.ft/lbm}$$

#### c) Losses in fitting and valve

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

dari table 2.10-1 Geankoplis, hal 99 didapat :

	kf
Elbow 90°	0,75
Gate value (wide open)	0,17
Coupling	0,04

Asumsi panjang pipa = 36 m = 118,1088 ft

Maka,

	Jumlah	kf	Total
Elbow 90°	3	0,75	2,25
Gate value (wide open)	1	0,17	0,17
Coupling	4	0,04	0,16
Total			2,58

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 hf &= kf \times (V^2 / 2 \times gc) \\
 &= 2,58 \times (816,3734 / 64.348) \\
 &= 32,7321 \text{ lbf.ft/lbm}
 \end{aligned}$$

d) Losses in pipe straight

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

dimana :

$$hF = \text{friction loss (ft.lbf/lbm)}$$

$$f = \text{faktor friksi}$$

$$v = \text{kecepatan linier fluida (ft/s)}$$

$$\Sigma Le = \text{panjang equivalen pipa (ft)}$$

$$gc = 32,174 \text{ lbf.ft/lbm.s}^2$$

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 :

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

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

$$N_{re} = 68027,5111 \rightarrow \text{nilai } f = 0,008$$

Sehingga :

$$h_F = 2188,5503 \text{ lbf.ft/lbm}$$

### Menghitung energi yang hilang karena gesekan ( $\Sigma F$ )

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

### **Menghitung static head**

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

$$Z2 = 0,4395 \text{ ft}$$

$$\Delta Z = Z2 - Z1 = 0,4395 \text{ ft}$$

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

$$\Delta Z (g/gc) = 0,4395 \text{ ft.lbf/lbm}$$

### **Menghitung velocity head**

V1 = kecepatan linier fluida dari BU-01 ke pipa

V2 = kecepatan linier fluida ke TU-01

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

Sehingga velocity head ( $v^2 / 2agc$ ) = 12,6868

### **Menghitung pressure head**

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

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

$$= 2116 \times 12,6868$$

$$= 26845,3746 \text{ lb/ft}^2$$

$$\Delta P/\rho = 431,9014$$

### **Menghitung energi mekanik pompa**

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

$$-Wf = 2686,3155 \text{ ft.lbf/lbm}$$

### **Menghitung broke horse power (BHP)**

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

Dari figure 10.62 coulson, untuk Qf = 5,1296 gpm = 1,1651 m<sup>3</sup>/jam

Diperoleh  $\eta$  pompa = 40%

Sehingga :

$$\text{BHP} = 8,6709$$

### Menghitung tenaga motor

Dari fig. 14-38, Peters hal 521, untuk BHP = 8,6709

$H_p = 6,4659$ , diperoleh  $\eta$  motor = 0,85

Sehingga power motor yang diperlukan :

$P \text{ motor} = \text{BHP} / \eta = 8,6709 / 0,85 = 10,2010 \text{ Hp}$

Dipilih motor standar dengan power = 11 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	0,0114 ft <sup>3</sup> /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 <sup>2</sup>
Power Motor	11 Hp	
Jumlah	1	

#### 1.16.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 <sup>3</sup> /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 <sup>2</sup>
Power Motor	11 Hp	
Jumlah	1	

#### 1.17.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	6198,8996 ft <sup>3</sup> /s	
Kecepatan Aliran	12,3879 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	5 in
	Sch. Number	40
	OD	5,563 in
	ID	5,047 in
	Flow Area	20,0160 in <sup>2</sup>
Power Motor	3 Hp	
Jumlah	1	

#### 1.18.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	95,7395 ft <sup>3</sup> /s	
Kecepatan Aliran	1,1414 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	2 in
	Sch. Number	40
	OD	2,375 in
	ID	2,067 in

	Flow Area	3,3552 in <sup>2</sup>
Power Motor	0,5 Hp	
Jumlah	1	

#### 1.19.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	95,7395 ft <sup>3</sup> /s	
Kecepatan Aliran	1,1414 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	2 in
	Sch. Number	40
	OD	2,375 in
	ID	2,067 in
	Flow Area	3,3552 in <sup>2</sup>
Power Motor	0,5 Hp	
Jumlah	1	

### 1.20. 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	95,7395 ft <sup>3</sup> /s	
Kecepatan Aliran	1,1414 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	2 in
	Sch. Number	40
	OD	2,375 in
	ID	2,067 in
	Flow Area	3,3552 in <sup>2</sup>
Power Motor	0,5 Hp	
Jumlah	1	

### 1.21. 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	95,7395 ft <sup>3</sup> /s	
Kecepatan Aliran	1,1414 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	2 in
	Sch. Number	40
	OD	2,375 in
	ID	2,067 in
	Flow Area	3,3552 in <sup>2</sup>
Power Motor	0,5 Hp	
Jumlah	1	

#### 1.22.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	95,7395 ft <sup>3</sup> /s	
Kecepatan Aliran	1,1414 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	2 in

	Sch. Number	40
	OD	2,375 in
	ID	2,067 in
	Flow Area	3,3552 in <sup>2</sup>
Power Motor	0,5 Hp	
Jumlah	1	

### 1.23.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	95,7395 ft <sup>3</sup> /s	
Kecepatan Aliran	1,1414 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	2 in
	Sch. Number	40
	OD	2,375 in
	ID	2,067 in
	Flow Area	3,3552 in <sup>2</sup>
Power Motor	0,5 Hp	
Jumlah	1	

#### 1.24. 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	27,3280 ft <sup>3</sup> /s	
Kecepatan Aliran	3,5977 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	1/2 in
	Sch. Number	40
	OD	0,84 in
	ID	0,622 in
	Flow Area	0,3038 in <sup>2</sup>
Power Motor	0,5 Hp	
Jumlah	1	

#### 1.25. 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	6198,8996 ft <sup>3</sup> /s	
Kecepatan Aliran	12,3879 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	5 in
	Sch. Number	40
	OD	5,563 in
	ID	5,047 in
	Flow Area	20,0160 in <sup>2</sup>
Power Motor	3 Hp	
Jumlah	1	

#### 1.26.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	6198,8996 ft <sup>3</sup> /s	
Kecepatan Aliran	12,3879 ft/s	
Ukuran Pipa	NPS	5 in

	Sch. Number	40
	OD	5,563 in
	ID	5,047 in
	Flow Area	20,0160 in <sup>2</sup>
Power Motor	3 Hp	
Jumlah	1	

### 1.27.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	0,0114 ft <sup>3</sup> /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 <sup>2</sup>
Power Motor	11 Hp	
Jumlah	1	



### 3. Perancangan kebutuhan listrik

#### 1) Listrik untuk keperluan proses

<b>Nama dan alat proses</b>	<b>Power, Hp</b>	<b>Jumlah</b>	<b><math>\Sigma</math> power, Hp</b>
Mixer - 01	5,0	1	5,0
Reaktor	13,5	3	40,5
Centrifuge - 01	6,0	1	6,0
Centrifuge - 02	6,0	1	6,0
Rotary dryer - 01	8,0	1	8,0
Rotary dryer - 02	7,5	1	7,5
Blower - 01	12	1	12
Blower - 02	18	1	18
Belt conveyer - 03	0,5	1	0,5
Belt conveyer - 04	0,5	1	0,5
Pompa - 01	1 1/2	1	1 1/2
Pompa - 02	1 1/2	1	1 1/2
Pompa - 03	1	1	1
Pompa - 04	1	1	1
Pompa - 05	1	1	1
Pompa - 06	1	1	1
Bucket elevator - 01	2	1	2
Bucket elevator - 02	3	1	3
Bucket elevator - 03	2	1	2
Bucket elevator - 04	2	1	2
Belt conveyer - 01	0,5	1	0,5

Belt conveyer - 02	0,5	1	0,5
Screw conveyer	2	1	2
Crystallizer	2,50	2	5,00
Total =	128		

Diketahui 1 HP = 0,7457 kW

Power yang dibutuhkan 95,4425 kW

2) Listrik untuk keperluan utilitas

<b>Nama dan alat proses</b>	<b>Power, Hp</b>	<b>Jumlah</b>	<b><math>\Sigma</math> power, Hp</b>
Cooling Tower	8	1	8
Pompa-01	11	1	11
Pompa-02	11	1	11
Pompa-03	3	1	3
Pompa-04	0,5	1	0,5
Pompa-05	1/2	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	3	1	3
Pompa-12	3	1	3
Pompa-13	11	1	11
Tangki N <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	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 = 40 kW

5) Listrik untuk Instrumentasi

Listrik yang digunakan diperkirakan sebesar = 5 kW

Total kebutuhan listrik = 306,9930 kW

Emergency generator yang digunakan mempunyai efisiensi 80%

Maka input generator =  $306,9930 / 80\% = 383,7413$  kW

Digunakan input generator 500 kW

Untuk keperluan lainnya =  $116,2587$  kW x 80% = 93,007 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 =  $500 \times 3412,4 = 1706206$  BTU/jam

Kebutuhan solar =  $1706206 / (80\% \times 53 \times 18315) = 2,1971$  cuft/jam

Tangki bahan bakar untuk generator

Fungsi : menampung bahan bakar solar untuk generator

Jenis : Tangki silinder horizontal

Kebutuhan solar:  $0,0622 \text{ m}^3/\text{jam} = 1,4923 \text{ m}^3/\text{hari}$

Kebutuhan solar boiler :  $0,0808 \text{ m}^3/\text{jam}$

Kebutuhan solar total :  $0,1429 \text{ m}^3/\text{jam} = 102,9140 \text{ m}^3/\text{th}$

Waktu tinggal : 3 hari

Tangki dirancang 20%

V tangki :  $12,3497 \text{ m}^3$

$V = \pi/4 \times D \times D \times H$  dan  $D = H$  maka

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

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

$D = 2,5057 \text{ m}$

$H = 2,5057 \text{ m}$

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

Dasar perhitungan :

Kapasitas produksi : 16.000 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

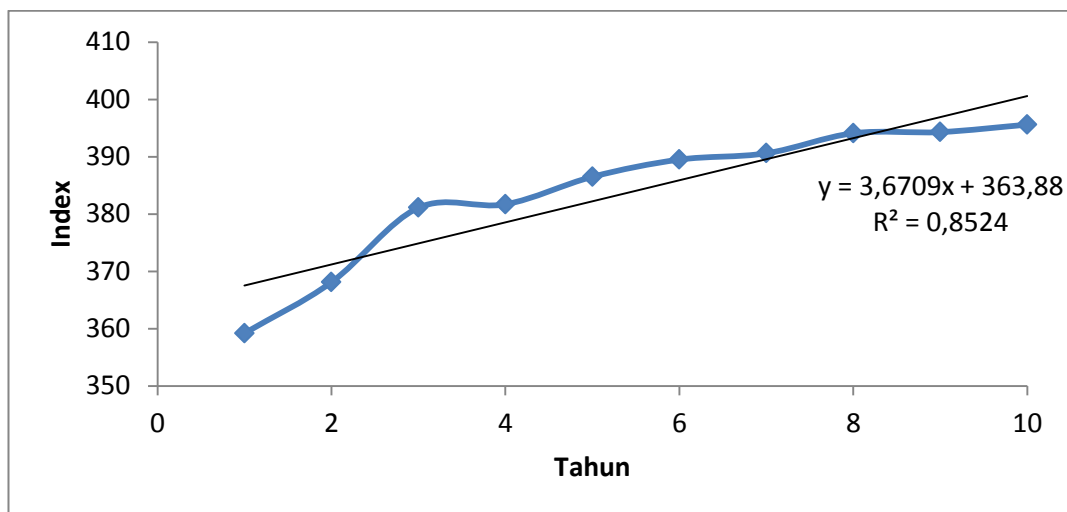
Tabel Cost Index Chemical Plant

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/ indext value at time original cost)

Harga upah buruh di Gresik Rp 3.867.874,40 = 18595,55 /jam

No.	Nama alat	Variabel penentu	Jumlah	Harga 2014 (\$)	Harga 2023 (\$)	Harga Total (\$)	Harga Total (Rp)
1.	Mixer	Volume	1	429300	461198,3058	461198,3058	6.475.224.214
2.	Reaktor	Volume	3	124100	133321,0104	399963,0311	5.615.480.957
3.	Centrifuge-01	Diameter	1	12800	13751,0792	13751,07923	193.065.152
4.	Centrifuge-02	Diameter	1	12800	13751,0792	13751,07923	193.065.152
5.	Rotary dryer-01	Luas permukaan	1	103000	110653,2157	110653,2157	1.553.571.148
6.	Rotary dryer-02	Luas permukaan	1	97400	104637,1185	104637,1185	1.469.105.144
7.	Blower-01	Kapasitas blower	1	2600	2793,1880	2793,187969	39.216.359
8.	Blower-02	Kapasitas blower	1	3400	3652,6304	3652,630421	51.282.931
9.	Cyclone-01	Aliran udara per menit	1	5400	5801,2366	5801,236551	81.449.361
10.	Cyclone-02	Aliran udara per menit	1	6300	6768,1093	6768,10931	95.024.255
11.	Crystallizer	Volume	2	63800	68540,5356	137081,0711	1.924.618.238
12.	Heater-01	Luas	1	2800	3008,0486	3008,048582	42.233.002
13.	Heater-02	Luas	1	700	752,0121	752,0121456	10.558.251
14.	Cooler	Luas	1	6400	6875,5396	6875,539617	96.532.576
15.	Belt conveyer-03	Diameter, panjang	1	16900	18155,7218	18155,7218	254.906.334
16.	Belt conveyer-04	Diameter, panjang	1	16900	18155,7218	18155,7218	254.906.334
17.	Tangki H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Volume	2	64800	69614,8386	139229,6772	1.954.784.668
18.	Silo Boraks	Volume	2	36800	39534,3528	79068,70559	1.110.124.626
19.	Silo Produk	Volume	2	31800	34162,8375	68325,67494	959.292.476
20.	Silo Produk samping	Volume	2	18800	20196,8976	40393,79525	567.128.885
21.	Bucket elevator-01	Tinggi	1	10400	11172,7519	11172,75188	156.865.436
22.	Bucket elevator-02	Tinggi	1	15100	16221,9763	16221,97628	227.756.547

23.	Bucket elevator-03	Tinggi	1	10000	10743,0307	10743,03065	150.832.150	
24.	Bucket elevator-04	Tinggi	1	8800	9453,8670	9453,866973	132.732.292	
25.	Hopper	Volume	1	77600	83365,9179	83365,91785	1.170.457.487	
26.	Belt conveyor-01	Lebar, Panjang	1	6200	6660,6790	6660,679004	93.515.933	
27.	Belt conveyor-02	Lebar, Panjang	1	6200	6660,6790	6660,679004	93.515.933	
28.	Pompa-01	Diameter pipa	2	4300	4619,5032	9239,00636	129.715.649	
29.	Pompa-02	Diameter pipa	2	4300	4619,5032	9239,00636	129.715.649	
30.	Pompa-03	Diameter pipa	2	4300	4619,5032	9239,00636	129.715.649	
31.	Pompa-04	Diameter pipa	2	4300	4619,5032	9239,00636	129.715.649	
32.	Pompa-05	Diameter pipa	2	4300	4619,5032	9239,00636	129.715.649	
33.	Pompa-06	Diameter pipa	2	4300	4619,5032	9239,00636	129.715.649	
34.	Screw conveyor	Diameter, panjang	1	5300	5693,8062	5693,806245	79.941.040	
	TOTAL						1816431,622	25.502.699.979



---

---

**Physical Plant Cost (PPC)**

PEC = USD 1816431,62 = Rp 25.502.699.979,20

1. Delivered equipment cost (DEC)

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

DEC = 10% x Rp 25.502.699.979,20 = Rp 2.550.269.997,92

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

Material 11% PEC = 11% x Rp 25.502.699.979,20 = Rp 2.805.296.997,71

Buruh 32% PEC (Buruh lokal 100%) = 32% x Rp 25.502.699.979,20 = Rp  
8.160.863.993,34

Jumlah manhour = Rp 8.160.863.993,34 / (Rp 18.595,55/manhour) =  
438.861,13 manhour

Total cost = Rp 10.966.160.991,06

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

Material 43% PEC = 43% x Rp 25.502.699.979,20 = Rp 10.966.160.991,06

Buruh 37% PEC (Buruh lokal 100%) = 37% x Rp 25.502.699.979,20 = Rp  
9.435.998.992,31

Jumlah manhour = Rp9.723.409.654,77 / (Rp 18.595,55/ manhour) =  
507.433,18 manhour

Total cost = Rp 20.402.159.983,36

4. Instrumentasi (biaya pemasangan alat alat control) 8 – 50% (Peters,2003)

Material 20% PEC = 20% x Rp 25.502.699.979,20 = Rp 5.100.539.995,84

Buruh 10% PEC (Buruh lokal 100%) = 10% x Rp 25.502.699.979,20 = Rp  
2.550.269.997,92

Jumlah manhour = Rp 2.550.269.997,92 / (Rp 18.595,55/manhour) =  
137.144,1 manhour

Total cost = Rp 7.650.809.993,76

5. Listrik 12-30% PEC (Peters,2003)

Material 15% PEC = 15% x Rp 25.502.699.979,20 = Rp 3.825.404.996,88

Buruh 5% PEC (Buruh lokal 100%) = 5% x Rp 25.502.699.979,20 = Rp  
1.275.134.998,96

Jumlah manhour = Rp 1.275.134.998,96/ (Rp 18.595,55/manhour) =  
68.572,05 manhour

Total cost = Rp 5.100.539.995,84

6. Isolasi (Biaya pemasangan isolasi pada sistem 8-9% PEC (Peters,2003)

Material 5% PEC = 5% x Rp 25.502.699.979,20 = Rp 1.275.134.998,96

Buruh 4% PEC (Buruh lokal 100%) = 4% x Rp 25.502.699.979,20 = Rp  
1.020.107.999,17

Jumlah manhour = Rp 1.020.107.999,17/ (Rp 18.595,55/manhour) =  
54.857,64 manhour

Total cost = Rp 2.295.242.998,13

7. Bangunan

No.	Nama Bangunan	P (m)	L (m)	Jumlah	Luas (m <sup>2</sup> )
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
	<b>TOTAL</b>				<b>12740</b>

Jual di KIG 250 USD atau Rp 3.510.000,00 / m<sup>2</sup> Tahun 2014

---

Tahun 2019 = indeks 2018/indeks 2014 x Harga tahun 2014 = Rp

3.654.890,98 / m<sup>2</sup>

Biaya bangunan = 12740 x Rp 3.654.890,98 = Rp 17.433.829.959,91

8. Pengembangan lahan (Yard Improvement) = 10%-20% PEC

Biaya ini meliputi biaya untuk pagar, jalan raya, jalan alternatif, taman, dll.

Harga = Rp 1.500.000,00/m<sup>2</sup> untuk biaya taman, pagar, dan area parkir

Biaya = Rp 8.805.000.000,00

Luas jalan = 2100 m<sup>2</sup>

Harga jalan aspal = Rp 150.000/ m<sup>2</sup> (www.pengaspalan hotmix.com)

Biaya jalan = Rp 315.000.000

Biaya pengembangan = Rp 9.120.000.000,00

9. Tanah

Luas tanah = 12740 m<sup>2</sup>

Harga tanah = Rp 2.000.000/m<sup>2</sup> (Tahun 2016)

= Rp 2.048.730,74/m<sup>2</sup>(Tahun 2019)

Biaya tanah = Rp 26.100.829.688,64

10. 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 N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	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 / m<sup>3</sup>

No.	Nama alat	Jumlah	Volume (m <sup>3</sup> )	Harga total (Rp)
1.	Bak penampung	1	213,8815	Rp 171.105.172

---

---

**Physical Plant Cost (PPC)**

PEC = Rp 13.210.544.568,30 (Biaya selama pengangkutan, cara pengangkutan, berat, ukuran)

1. Delivered equipment cost (DEC)

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

$$\text{DEC} = 10\% \times \text{Rp } 13.210.544.568,30 = \text{Rp } 1.321.054.456,83$$

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

$$\text{Material } 11\% \text{ PEC} = 11\% \times \text{Rp } 13.210.544.568,30 = \text{Rp } 1.453.159.902,51$$

$$\text{Buruh } 32\% \text{ PEC (Buruh lokal } 100\%) = 32\% \times \text{Rp } 13.210.544.568,30 = \text{Rp } 4.227.374.261,86$$

$$\text{Jumlah manhour} = 4.227.374.261,86 / (\text{Rp } 18.595,55/\text{manhour}) = 227.332,57 \text{ manhour}$$

$$\text{Total cost} = \text{Rp } 5.680.534.164,37$$

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

$$\text{Material } 43\% \text{ PEC} = 43\% \times \text{Rp } 13.210.544.568,30 = \text{Rp } 5.680.534.164,37$$

$$\text{Buruh } 37\% \text{ PEC (Buruh lokal } 100\%) = 37\% \times \text{Rp } 13.210.544.568,30 = \text{Rp } 4.887.901.490,27$$

$$\text{Jumlah manhour} = 4.887.901.490,27 / (\text{Rp } 18.595,55/\text{manhour}) = 262.853,29 \text{ manhour}$$

$$\text{Total cost} = \text{Rp } 10.568.435.654,64$$

4. Instrumentasi (biaya pemasangan alat alat control) 8 – 50% (Peters,2003)

$$\text{Material } 20\% \text{ PEC} = 20\% \times \text{Rp } 13.210.544.568,30 = \text{Rp } 2.642.108.913,66$$

$$\text{Buruh } 10\% \text{ PEC (Buruh lokal } 100\%) = 10\% \times \text{Rp } 13.210.544.568,30 = \text{Rp } 1.321.054.456,83$$

$$\text{Jumlah manhour} = \text{Rp } 1.321.054.456,83 / (\text{Rp } 18.595,55/\text{manhour}) = 71.041,43 \text{ manhour}$$

$$\text{Total cost} = \text{Rp } 3.963.163.370,49$$

5. Listrik 12-30% PEC (Peters,2003)

$$\text{Material } 15\% \text{ PEC} = 15\% \times \text{Rp } 13.210.544.568,30 = \text{Rp } 1.981.581.685,24$$

$$\text{Buruh } 5\% \text{ PEC (Buruh lokal } 100\%) = 5\% \times \text{Rp } 13.210.544.568,30 = \text{Rp } 660.527.228,41$$

Jumlah manhour = Rp 660.527.228,41/ (Rp 18.595,55/manhour) =

35.520,71 manhour

Total cost = Rp 2.642.108.913,66

6. Isolasi (Biaya pemasangan isolasi pada sistem 8-9% PEC (Peters,2003)

Material 5% PEC = 5% x Rp 13.210.544.568,30 = Rp 660.527.228,41

Buruh 4% PEC (Buruh lokal 100%) = 4% x Rp 13.210.544.568,30 = Rp

528.421.782,73

Jumlah manhour = Rp 528.421.782,73/ (Rp 18.595,55/manhour) = 28.416,57

manhour

Total cost = Rp 1.188.949.011,15

PPC Utilitas = Rp 25.364.245.571,13

<b>FIXED CAPITAL INVESTMENT</b>	<b>Rp</b>	
PEC	38.713.244.547,50	
Instalasi	16.646.695.155,43	
Pemipaan	30.970.595.638,00	
Instrument	11.613.973.364,25	
Listrik	7.742.648.909,50	
Isolasi	3.484.192.009,27	
Tanah	26.100.829.688,64	
Bangunan	17.433.829.959,91	
Pengembangan	9.120.000.000,00	
<b>Jumlah PPC</b>	<b>161.826.009.272,51</b>	
Engineering & Construction, 15%	24.273.901.390,88	(5% sd 30% FCI, hal 273 Peters)
<b>Jumlah DPC</b>	<b>186.099.910.663,38</b>	
Contractor's fee, 15%	27.914.986.599,51	(10% sd 20% FCI, hal 273 Peters)
Contingency, 10%	18.609.991.066,34	(5% sd 15% FCI, hal 273 Peters)
<b>Jumlah FCI</b>	<b>232.624.888.329,23</b>	

Manufacturing cost (Biaya produksi)

Direct manufacturing cost

1) Bahan baku

Harga Bahan	Kebutuhan (kg/jam)	Rp/kg	Harga (Rp)	
Boraks 99,5%	3262,073562	6318	Rp	163.229.463.681,16
Asam sulfat 98%	817,9604338	2808	Rp	18.190.916.552,78
<b>TOTAL</b>			Rp	<b>181.420.380.233,94</b>

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 11.631.244.416,46

(2-10% FCI Peter 268)

5) Plant supplies (15% maintenance) = Rp 1.744.686.662,47

(15% maintenance Peter, 268)

6) Harga produk

Harga produk	USD/kg	kg	Harga USD	
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	1,5	2040,4040	\$	24.240.000,00
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1	1172,6118	\$	9.287.085,58
		<b>TOTAL</b>	\$	<b>33.527.085,58</b>
			Rp	<b>470.720.281.553,05</b>

7) Royalty and patent (1% sales) = Rp 4.707.202.815,53

(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 <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (Hidrazin)	0,030	233,97	20000,00	4.679.323,25
Karbon aktif	0,007	55,44	11000,00	609.840,00
Kaporit	0,006	45,94	3000,00	137.808,00
HCl	137,058	1.085.500,99	1500,00	1.628.251.491,75
NaOH	145,760	1.154.419,58	4700,00	5.425.772.038,73
Solar (L/jam)	80,757	639.594,63	5150,00	3.293.912.322,88
<b>TOTAL</b>				<b>Rp 10.545.820.056,34</b>

Bahan	Kebutuhan (m <sup>3</sup> /jam)	m <sup>3</sup> /tahun	Harga (Rp/m <sup>3</sup> )	Harga total (Rp/tahun)
Air	177,4587	177,4587	13000	2306963,083
Air make up	19,150	151.666,97	13000	1.971.670.601,66
<b>TOTAL</b>				<b>Rp 1.973.977.564,74</b>

Kebutuhan biaya utilitas = Rp 12.519.797.621,09

**Total Direct Manufacturing Cost (DMC) = Rp 229.592.091.749,49**

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	Rp	46.524.977.665,85	( 10-20% FCI, hal 274 peter)
Plant Overhead	60% kary	Rp	10.694.040.000,00	( 50-70% dari labor cost, hal 274 peter)

**Total Indirect Manufacturing Cost (IMC) = Rp 63.329.897.665,85**

10) Fixed Manufacturing Cost

Depreciation	10% FCI	Rp	23.262.488.832,92	(10 % FCI, Hal 273 peter)
Property tax	2% FCI	Rp	4.652.497.766,58	(1-4% FCI hal 273 peter)
Asuransi	1% FCI	Rp	2.326.248.883,29	(0,4-1% FCI hal 273 peter)

**Total Fixed Manufacturing Cost (FMC) = Rp 30.241.235.482,8**

**Total Manufacturing Cost = Rp 323.163.224.898,13**

Rangkuman

<b>Manufacturing Cost</b>	<b>Rp</b>
Bahan Baku	181.420.380.233,94
Buruh(Labor)	15.277.200.000,00
Supervisi	2.291.580.000,00
Perawatan	11.631.244.416,46
Plant Suplies	1.744.686.662,47
Royalty	4.707.202.815,53
Utilitas	12.519.797.621,09
<b>Direct Manufacturing Cost</b>	<b>229.592.091.749,49</b>
Payroll	3.055.440.000,00

Laboratorium	3.055.440.000,00
Plant Overhead	10.694.040.000,00
Packed	46.524.977.665,85
<b>Indirect Manufacturing Cost</b>	<b>63.329.897.665,85</b>
Depresiasi	23.262.488.832,92
Pajak	4.652.497.766,58
Asuransi	2.326.248.883,29
<b>Fixed Manufacturing Cost</b>	<b>30.241.235.482,80</b>
<b>Manufacturing Cost</b>	<b>323.163.224.898,13</b>

11) Working Capital (Modal kerja)

Persediaan bahan baku	1/12 x bahan baku	Rp	15.118.365.019,50
Bahan baku dalam proses	0.5/330 x manufacturing	Rp	489.641.249,85
Biaya sebelum terjual	1/12 x manufakturing	Rp	26.930.268.741,51
Persediaan uang	1/12 x manufakturing	Rp	26.930.268.741,51
Jumlah	WC	Rp	69.468.543.752,36

12) General Expense

Administrasi	5% MC	Rp	16.158.161.244,91	(2-5% MC, (Peters, hal 274))
Distribution and marketing cost	10% MC	Rp	32.316.322.489,81	(2-20% MC, (Peters, hal 274))
Finance	1% MC	Rp	3.231.632.248,98	(1% MC, (Peters, hal 274))
Research and development cost	5% MC	Rp	16.158.161.244,91	(5% MC, (Peters, hal 274))
<b>Total general Expense =</b>		<b>Rp</b>	<b>67.864.277.228,61</b>	

13) Total biaya produksi = MC + General expense = Rp 391.027.502.126,74

Penjualan (Sa)	=	Rp	470.720.281.553,05
Total Cost	=	Rp	415.926.809.599,33
<b>Keuntungan sebelum pajak</b>	=	<b>Rp</b>	<b>54.793.471.953,72</b>
<b>Keuntungan sesudah pajak</b>	=	<b>Rp</b>	<b>38.355.430.367,60</b>
<b>Pajak 30% dari keuntungan</b>	=	<b>Rp</b>	<b>16.438.041.586,12</b>

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

$Pr\ b = Pb / If$  dan  $Pr\ a = Pa / If$

Dengan :

$Prb = ROI$  sebelum pajak

$Pra = ROI$  sesudah pajak

$Pb =$  keuntungan sebelum pajak

$Pa =$  keuntungan sesudah pajak

$If =$  fixed capital investment

ROI sebelum pajak = 23,554 %

ROI sesudah pajak = 16,488 %

POT (Pay out time) adalah jangka waktu pengembalian modal yang ditanam berdasarkan keuntungan yang dicapai

POT sebelum pajak =  $If / (Pb + 0,1 If)$  = 2,9802 tahun

POT sesudah pajak =  $If / (Pa + 0,1 If)$  = 3,775 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. Rated of return based on discounted cash flow adalah laju bunga maksimal dimana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik

$$FC + WC) (1+i)^n - (SV+ WC) = C((1+i)^{n-1} + (1+i)^{n-2} + \dots + (1+i) + 1$$

Dengan

C = Annual cost = profit after tax + depreciation + finance

SV = salvage value 0,1FCI

WC = Working capital

FC = Fixed capital

i dicari dengan trial

<b>Fixed Cost (Fa)</b>	<b>Rp</b>
Depreciation	23.262.488.832,92
Pajak	4.652.497.766,58
Insurance	2.326.248.883,29
	<b>30.241.235.482,80</b>
<b>Variable cost (Va)</b>	<b>Rp</b>
Bahan Baku	181.420.380.233,94
Royalty and Patent	4.707.202.815,53
Utilitas	10.545.820.056,34
Packaging and Shipping	46.524.977.665,85
	<b>243.198.380.771,66</b>
<b>Regulateted Cost (Ra)</b>	<b>Rp</b>
Labour	15.277.200.000,00
Maintenance	11.631.244.416,46
Plant Suplies	1.744.686.662,47
Labolatory	3.055.440.000,00
Payroll Overhead	3.055.440.000,00
Plant Overhead	10.694.040.000,00
General Expense	67.864.277.228,61
	<b>113.322.328.307,54</b>

Dengan rumus diatas, diperoleh

**BEP** = 43,347 %

**SDP** = 22,940 %

*C* = Annual cost = Rp 82.414.259.680,49

*SV* = Salvage value = Rp 23.262.488.832,92

*WC* = Working capital = Rp 69.468.543.752,36

*FC* = Fixed capital = Rp 232.624.888.329,23

$$\text{Persamaan DCF} = (FC + WC)(1+i)^N = \sum_{j=1}^N C_j(1+i)^{N-j} + WC + SV$$

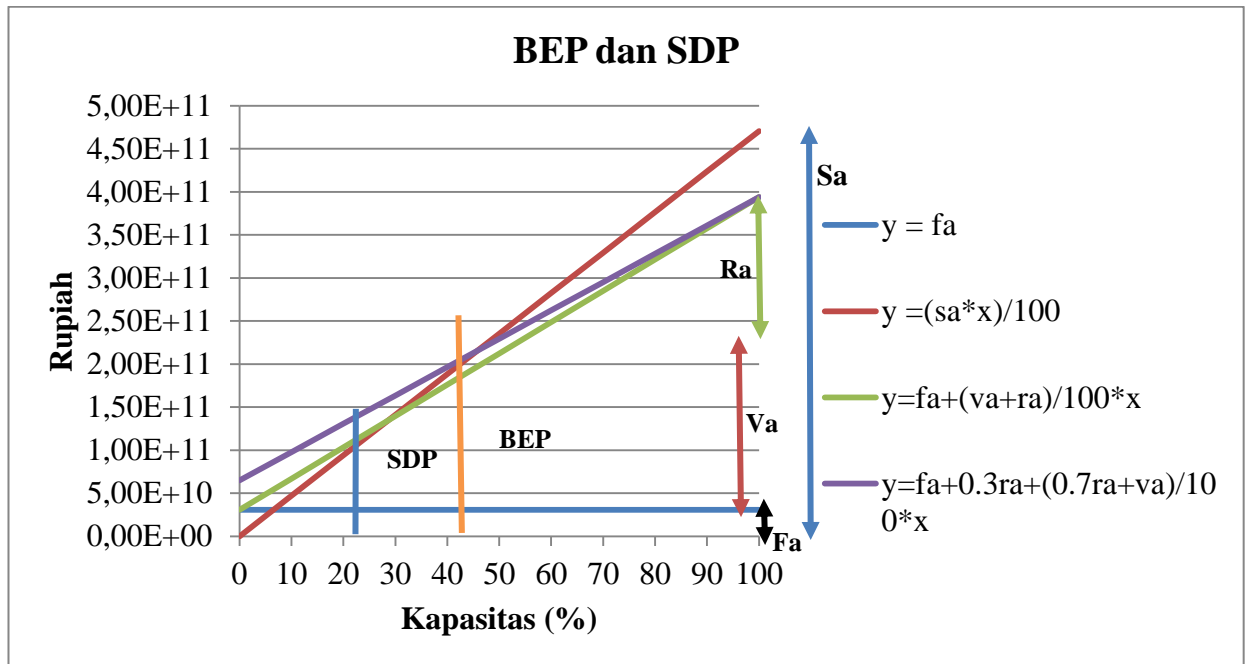
Trial *i* = 11,4285 %

### Menggambar grafik BEP dan SDP

Dibuat titik koordinat :

1.  $y = Fa$
2.  $y = (Sa/100)*x$
3.  $y = Fa + ((Va+Ra)/100)*x$
4.  $y = Fa + 0,3 Ra + (((0,7 Ra + Va)/100)*x)$

Didapatkan grafik



NO.	TGL	KETERANGAN	PARAF
1.	12/18	Bimbingan Neraca Massa	f
2.	14/18	Bimbingan Neraca massa kualitatif	f
3.	19/18	Bimbingan Neraca Massa Aktual	f
4.	26/18	Bimbingan Neraca panas	f
5.	8/19	Bimbingan perhitungan Alat	f
6.	28/19	Bimbingan perhitungan Alat	f
7.	1/19	Bimbingan Perhitungan Alat	f
8.	4/19	Bimbingan Utilitas	f
9.	9/19	Bimbingan Evaluasi Ekonomi	f
10.	11/19	Bimbingan Diagram Alir	f

Ace f  
Bisa manuljika  
13/19



NO.	TGL	KETERANGAN	PARAF
1.	12 / 11 18	Bimbingan Neraca massa	<i>[Signature]</i>
2.	19 / 11 18	Bimbingan Neraca massa aktual	<i>[Signature]</i>
3.	26 / 11 18	Bimbingan Neraca panas	<i>[Signature]</i>
4.	8 / 12 19	Bimbingan perhitungan alat	<i>[Signature]</i>
5.	22 / 12 19	Bimbingan perhitungan alat	<i>[Signature]</i>
6.	1 / 1 19	Bimbingan perhitungan alat	<i>[Signature]</i>
7.	4 / 1 19	Bimbingan utilitas	<i>[Signature]</i>
8.	9 / 1 19	Bimbingan PERHITUNGAN ekonomi	<i>[Signature]</i>

*[Signature]*  
Untuk Sijkan.