APPENDIX A
PERHITUNGAN NERACA MASSA

Kapasitas produk : 60000 Kg/ Hari AlF3

1 Tahun : 330 hari

1 hari : 24 jam

Komposisi Aluminium Hidroksida berdasarkan literature (Perry ed 4) yaitu terdiri dari campuran :

$Al_2O_3 3H_2O$: 98,5 %

SiO_2 : 0,12 %

Fe_2O_3 : 0,03 %

SO_2 : 0,05 %

H_2O : 1,3 %

Total : 100 %

Hasil analisa tersebut selanjutnya dihitung untuk menentukan komposisi Alumina Trihidrat sebagai berikut :

I. Reaktor

Perhitungan

Reaksi yang terjadi pada reaktor (reaksi berjalan sempurna jadi konversi 100 %)

$Al_2O_3\ 3H_2O + H_2SiF_6 \rightarrow 2\ AlF_3 + SiO_2 + 4\ H_2O$

Basis : jumlah $Al_2O_3\ 3H_2O$ yang masuk reaktor 57103,072 kg / hari

Komposisi bahan yang masuk reaktor

$Al_2O_3.3H_2O$ = = 57103,072 kg

$$SiO_2 = \frac{0,12}{100} \times 57103,072 \text{ kg} = 69,567 \text{ kg}$$

$$Fe_2O_3 = \frac{0,03}{100} \times 57103,072 \text{ kg} = 17,391 \text{ kg}$$

$$P_2O_5 = \frac{0,005}{100} \times 57103,072 \text{ kg} = 2,898 \text{ kg}$$

$$H_2O = \frac{1,345}{100} \times 57103,072 \text{ kg} = 779,732 \text{ kg}$$

Total 57972,662 kg

Larutan H_2SiF_6 20 %

H_2SiF_6 yang bereaksi ~ Al_2O_3 yang masuk

$$\frac{57103,072 \text{ kg/hari}}{156 \text{ kg / mol}} \times 144 \text{ kg / mol} = 52710,528 \text{ kg hari}$$

$$\text{Jumlah larutan } H_2SiF_6 = \frac{100}{20} \times 52710,528 \text{ kg/hari} = 263552,64 \text{ kg/hari}$$

$$H_2O \quad 263552,64 - 52710,528 \quad 210842,112 \text{ kg / hari}$$

Larutan AlF_3 keluar reaktor

AlF_3 = AlF_3 dari reaksi = 61528,275 kg/hari

SiO_2 = SiO_2 dari reaksi + SiO_2 dari Al_2O_3 masuk

= ((57103,072 / 156) x 60) + 69,567 = 22032,287 kg/hari

Fe_2O_3 = 17,391 kg/hari

P_2O_5 = 2,898 kg/hari

H_2O = H_2O dari reaksi + H_2O dari Al_2O_3 masuk + H_2O dari H_2SiF_6

= ((4 x (57103,072 / 156) x 18) + 779,732 + 210842,112

= 243569,114 kg/hari

II. Centifuge SiO_2

Perhitungan

Jumlah padatan dalam slurry terdiri dari :

1. SiO_2 = 22032,287 kg/hari

2. Fe_2O_3 = 17,391 kg/hari

= 22049,678 kg/hari

Padatan yang ikut dalam fltrat diasumsi = 1% = 22049,678 x 1% = 220,496 kg/hari

Cake terdiri dari 75 % dan 25 % cairan (dianggap H_2O)

Berat cake = (100 / 75) x (22049,678 - 220,496) kg/hari = 29105,575 kg/hari

Berat H_2O = (29105,575 - 21829,181) kg/hari = 7276,393 kg/hari

Dilakukan pencucian dengan air

Asumsi air yang digunakan = 3 x berat cake

= 3 x 29105,575 kg/hari = 87316,725 kg/hari

keluar centrifuge

AlF_3 = 61528,275 kg/hari

P_2O_5 = 2,898 kg/hari

H_2O = (243569,114 + 87316,725 - 7276,393) kg/hari = 323609,446 kg/hari

Fe_2O_3 = 0,174 kg/hari

SiO_2 = 220,322 kg/hari

III. Evaporator

Perhitungan

Sollubility AlF_3 pada 90 ^{0}C = 200 gr / 1000 gr H_2O = 0,2 kg AlF_3 / kg H_2O

Jadi H_2O yang harus diuapkan = 323609,446 - ((61528,275 / 0,2) x 1 kg H_2O)

= 15968,071 kg/hari

<u>keluar evaporator</u>

AlF_3 = 61528,275 kg/hari

P_2O_5 = 2,898 kg/hari

H_2O = (323609,446 - 15968,071) = 307641,375 kg/hari

Fe_2O_3 = 0,174 kg/hari

SiO_2 = 220,322 kg/hari

IV. Cristallizer

Perhitungan

<u>Trial 1</u>

AlF_3 kristal = 61000 kg/hari

$AlF_3.3H_2O$ = (138 / 84) x (61000 / 84) x 138 = 164637,755 kg/hari

H_2O total keluar kristallizer = 307641,375 - (164637,755 - 61000)

= 204486,925 kg/hari

AlF_3 yang tidak mengkristal = 204486,925 x 4,1x 10^{-3} kg AlF_3 = 838,396 kg/hari

AlF_3 kristal + AlF_3 yang tidak mengkristal = AlF_3 yang masuk cristallizer

61000 + 838,396 = 61838,396 kg/hari (trial tidak cocok)

<u>Trial 2</u>

AlF_3 kristal = 60689,699 kg/hari

$AlF_3.3H_2O$ = (138 / 84) x (60689,699 / 84) x 138 = 163800,259 kg/hari

H_2O total keluar kristallizer = 307641,375 - (163800,259 - 60689,699)

= 204530,815 kg/hari

AlF_3 yang tidak mengkristal = 204530,815 x 4,1x 10^{-3} kg AlF_3 = 838,576 kg/hari

AlF_3 kristal + AlF_3 yang tidak mengkristal = AlF_3 yang masuk cristallizer

60689,699 + 838,576 = 61528,275 kg/hari (trial cocok)

V. Centrifuge $AlF_3.3H_2O$

Perhitungan

Padatan dalam slurry terdiri dari

$AlF_3.3H_2O$ = 163800,259 kg/hari

P_2O_5 = 2,898 kg/hari

SiO_2 = 220,322 kg/hari

F_2O_3 = 0,174 kg/hari

164023,653 kg/hari

Cake terdiri dari 75 % padatan dan 25 % cairan (dianggap H_2O)

Berat cake (100 / 75) x 164023,653 218698,204 kg/hari

Berat H_2O = 218698,204 - 164023,653 54674,551 kg/hari

VI. Rotary Dryer

Jumlah air bebas yang diuapkan adalah = 54674,551 kg/hari

VII. Rotary kiln

Perhitungan

jumlah air kristal yang akan diuapkan = 161301,914 kg - 59868,155 kg

101433,780kg

APPENDIX B

PERHITUNGAN NERACA PANAS

APPENDIX B

PERHITUNGAN NERACA PANAS

Kapasitas : 60.000 kg/hari produk AlF_3

1 Tahun : 330 hari

Satuan waktu : Hari

Suhu reference : 25^{0}C

Perhitungan :

Data heat of formation (panas pembentukan) diambil dari Perry edisi 3

AlF_3	= -359,5 Kkal/grmol	= -359500 Kkal/kgmol
SiO_2	= -217,72 Kkal/grmol	= -217720 Kkal/kgmol
H_2O	-68,315 Kkal/grmol	-68315 Kkal/kgmol
$Al_2O_3.3H_2O$	-350 Kkal/grmol	-350000 Kkal/kgmol
H_2SiF_6	= 67 Kkal/grmol	= 67000 Kkal/kgmol

Data heat capacity (kapasitas panas) dari Perry edisi 3

AlF_3 = 17,96 cal/kgmol^{0}C

SiO_2 = 10,87 + 0,008712 T - 241200 T^{-2} cal/kgmol^{0}C

Fe_2O_3 = 24,72 + 0,01604 T - 423400 T^{-2} cal/kgmol^{0}C

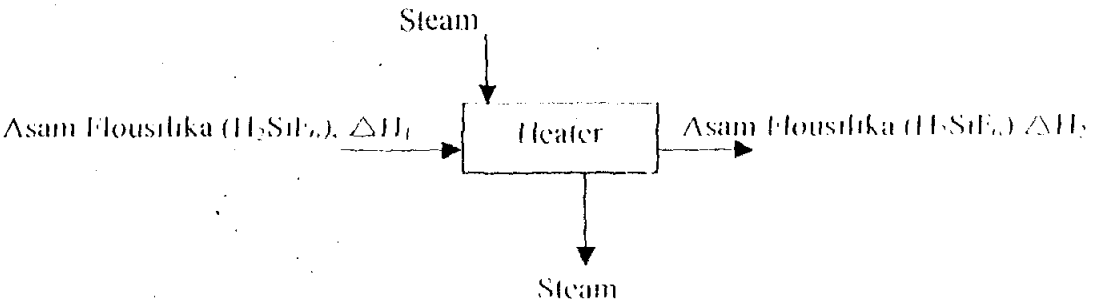
$Al_2O_3.3H_2O$ = 22,26 cal/kgmol^{0}C

H_2O = 1 cal/kgmol^{0}C

H_2SiF_6 = 56,4 cal/kgmol^{0}C

P_2O_5 = 44,8 cal/kgmol^{0}C

I. HEATER



$\triangle H_1$, entalpi bahan masuk pada suhu 30°C 303°K

a. $\triangle H\ H_2SiF_6$

$= \frac{52710,528}{144,08} x \quad 56,4 \quad x(30 \quad 25) \qquad 103167,4687 \qquad Kkal$

b. $\triangle H\ H_2O$

$= \frac{210842,112}{18} x \quad 1x \quad (30 - 25)$

$= 58567,253 \quad Kkal$

Total entalpi larutan Asam Flousilika (H_2SiF_6) masuk 161734,7221 Kkal

Entalpi larutan Asam Flousilika (H_2SiF_6) keluar pada suhu 60°C 333°K

a. $\triangle H\ H_2SiF_6$

$= \frac{52710,528}{144,08} x \quad 56,4 \quad x(60 - 25) \quad = \quad 722172,281 \qquad Kkal$

b. $\triangle H\ H_2O$

$= \frac{210842,112}{18} x \quad 1x \quad (60 - 25)$

$= 409970,773 \quad Kkal$

Total entalpi larutan Asam Flousilika (H_2SiF_6) keluar = 1132143,054 Kkal

$$Q = \frac{\text{Entalpi keluar} - \text{Entalpi masuk}}{1 - 0{,}05}$$

$$= \frac{1132143{,}054 - 161734{,}7221}{1 - 0{,}05}$$

$$= 1021482{,}455 \text{Kkal}$$

Q loss = 5% x 1021482,455 = 51074,122 Kkal = 213837,137 Kj

Jumlah steam

Digunakan steam pemanas pada 190^{0}C (Geankoplis edisi 3, hal 858)

Hg = 2706,3 Kj / Kg λ = 2203,59 Kj / Kg

Hl = 503,71 Kj / Kg

Q = m x λ

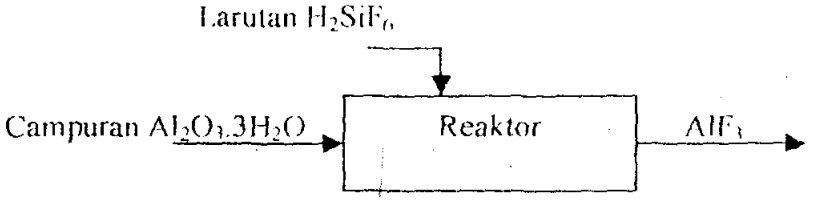
m = Q / λ = 213837,137 / 2203,59

= 94,74 Kg

II. REAKTOR

Fungsi : Untuk mereaksikan Asam Flousilika (H_2SiF_6) dan Alumunium Hidroksida ($Al_2O_3.3H_2O$).

Gambar :



Panas reaksi Pada 25^{0}C

Reaksi : $Al_2O_3.3H_2O + H_2SiF_6 \longrightarrow 2\,AlF_3 + SiO_2 + H_2O$

Solid liquid solution

Panas reaksi pada 25^{0}C = [732,090 (-359500) + 366,045 (-217720) + 1464,181(-68315) (366,045 (-350000) + 366,045 (67000)]

= -339316462 Kkal (negatif timbul panas)

Rumus panas :

$Q = m \cdot Cp \cdot dT$

Entalpi $Al_2O_3.3H_2O$ masuk pada suhu $30^0C = 303^0K$

a. $\Delta H\ Al_2O_3.3H_2O$

$$= \frac{57103,072}{156} \cdot x22,26 \quad (30 - 25)$$

$= 40740,845$ Kkal

b. $\Delta H\ SiO_2$

$$= \int_{298}^{303} 10,87 + 0,008712T - 241200\,T^{-2}\ dT$$

$$= 10,87(303 - 298) + \frac{0,008712}{2}\left(303^2 - 298^2\right) - 241200\left(-\left(\frac{1}{303} - \frac{1}{298}\right)\right)$$

$= 54,209$ Kkal/kgmol

$$= \frac{69,567}{60,085} x \quad 54,209 = 62,7637 \text{Kkal}$$

c. $\Delta H\ Fe_2O_3$

$$= \int_{298}^{303} 24,72 + 0,01604T - 423400\,T^{-2}\ dT$$

$$= 24,72(303 - 298) + \frac{0,01604}{2}\left(303^2 - 298^2\right) - 423400\left(-\left(\frac{1}{303} - \frac{1}{298}\right)\right)$$

$= 124,25$ Kkal/kgmol

$$= \frac{17,391}{159,692} \quad x \quad 124,25$$

$= 13,5316$ Kkal

d. $\Delta H\ H_2O$

$$= \frac{779,732}{18} x \quad 1x \quad (30 - 25)$$

$= 216,592$ *Kkal*

e. $\triangle H\ P_2O_5$

$$= \frac{2,898}{141,96} x \quad 44,8 \quad x \quad (30-25)$$

$$= 4,5727 \text{Kkal}$$

Entalpi larutan Asam Flousilika (H_2SiF_6) masuk pada $60^0C = 333^0K$

a. $\triangle H\ H_2SiF_6$

$$= \frac{52710,528}{144,08} x \quad 56,4 \quad x(60-25) \quad = \quad 103167,469 \quad \text{Kkal}$$

b. $\triangle H\ H_2O$

$$= \frac{210842,112}{18} x \quad 1x \quad (60-25)$$

$$= 58567,253 \quad \text{Kkal}$$

Total entalpi bahan masuk = 163322,971 Kkal

Entalpi bahan keluar pada $90^0C = 363^0$ K

a. $\triangle HSiO_2$

$$= \int_{298}^{363} 10,87 + \quad 0,008712T \quad - \quad 241200\,T^{-2} \quad dT$$

$$= 10,87(363-298) \quad + \frac{0,008712}{2} \quad (363^2 - 298^2) - \quad 241200 \quad \left(-\left(\frac{1}{363} - \quad \frac{1}{298}\right)\right)$$

$$= 748,772 \quad \text{Kkal/kgmol}$$

$$= \frac{22032,287}{60,085} x \quad 748,772 = 274563,695 \quad \text{Kkal}$$

b. $\triangle H\ P_2O_5$

$$= \frac{2,898}{141,96} x \quad 44,8 \quad x \quad (90-25)$$

$$= 59,446 \text{Kkal}$$

c. $\Delta H\ Fe_2O_3$

$$= \int_{298}^{363} 24{,}72 + \ 0{,}01604T \ - \ 423400T^{-2} \ dT$$

$$= 24{,}72(363-298) \ + \ \frac{0{,}01604}{2}\left(363^2 - 298^2\right) \ - \ 423400\left(-\left(\frac{1}{363} - \ \frac{1}{298}\right)\right)$$

$$= 1696{,}9651 \quad \text{Kkal/kgmol}$$

$$= \frac{17{,}391}{159{,}692} \ x \ \ 1696{,}9651$$

$$= 184{,}805 \quad \text{Kkal}$$

d. $\Delta H\ H_2O$

$$= \frac{243569{,}114}{18} x \ \ 1x \ \ (90-25)$$

$$= 879555{,}134 \quad \text{Kkal}$$

e. $\Delta H\ AlF_3$

$$= \frac{61528{,}275}{84} \ \ x17{,}96 \ \ (90-25)$$

$$= 855096{,}527 \quad \text{Kkal}$$

Total entalpi produk keluar = 2009459,607 Kkal

Panas yang diperlukan = Total entalpi keluar – (Total entalpi masuk + Panas reaksi pada 25^0C)

= 2009459,607 Kkal - (163322,971+ (-339316462)

=6749406512 Kkal = 284130025,9Kj

Qloss = 5% (6749406512) = 337470325,6 Kkal

Jumlah steam

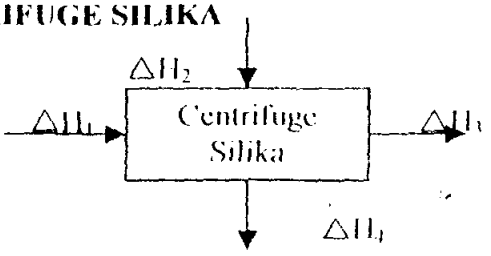
Digunakan steam pemanas pada 190^0C (Geankoplis edisi 3, hal 858)

Hg = 2706,3 Kj / Kg λ =2203,59 Kj / Kg

Hl =503,71 Kj / Kg

Steam yang diperlukan =284130025,9 /2203,59 = 128939,6058 Kg

III. CENTRIFUGE SILIKA



ΔH1 Entalpi bahan masuk pada 90^0 C – 363^0C

Entalpi masuk = 2009459,607 Kkal

ΔH2 Entalpi bahan masuk pada 30^0 C – 303^0C

$\Delta H\ H_2O$

$$= \frac{87316,725}{18} x \quad 1x \quad (30-25)$$

$$= 24254,646 \quad Kkal$$

Total entalpi masuk = 2033714,253 Kkal

ΔH3 Entalpi bahan keluar pada suhu T-25^0 C – A^{0}C

a. $\Delta HSiO_2$

$$= \frac{21811,965}{60,085} x \quad 10,62 \quad x(A) \quad = \quad 3862,173A \quad Kkal$$

b. $\Delta H\ Fe_2O_3$

$$= \frac{17,218}{159,7} x \quad 24,82 \quad x(A) \quad = \quad 2,676A \quad Kkal$$

c. $\Delta H\ H_2O$

$$= \frac{7276,393}{18} x \quad 1 \quad x(A) \quad = \quad 404,244A \quad Kkal$$

Total ΔH_3 keluar = 4262,176 A Kkal

$\triangle H_4$ Entalpi bahan keluar pada suhu T-25^0 C = A^{0}C

a. $\triangle H\ AlF_3$

$$= \frac{61528,275}{84} x \quad 17,96 \quad x(A) = 13155,331A \quad \text{Kkal}$$

b. $\triangle H\ P_2O_5$

$$= \frac{2,898}{141,96} x \quad 44,8 \quad x(A) = 0,914A \quad \text{Kkal}$$

c. $\triangle H\ H_2O$

$$= \frac{323609,446}{18} x \quad 1 \quad x(A) = 17978,302A \quad \text{Kkal}$$

d. $\triangle H SiO_2$

$$= \frac{220,322}{60,085} x \quad 10,62 \quad x(A) = 38,942A \quad \text{Kkal}$$

e. $\triangle H\ Fe_2O_3$

$$= \frac{0,173}{159,7} x \quad 24,82 \quad x(A) = 0,027A \quad \text{Kkal}$$

Total $\triangle H_4$ keluar = 31173,517 A Kkal

Total entalpi keluar = 35435,693 A Kkal

Q loss = 5 % (Panas masuk + Panas keluar)

= 5 % (2033714,253 + 35435,693 A)

= 1771,785 A + 101685,718

Panas masuk = Panas keluar + Q loss

2033714,253 = 35435,693 A + (1771,785 A + 101685,718)

37207,488 A = 1932028,54

A = 51,926

Suhu slurry keluar reaktor = 298 + 51,926

= 349,926^{0}K =350^{0}K = 77C

Total entalpi keluar = 35435,693 A Kkal

= 35435,693 (51,926)

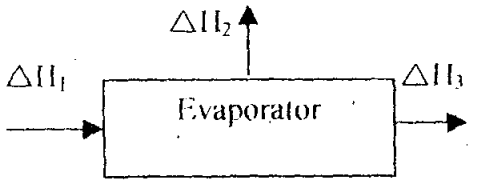
= 1840026,669 Kkal

Q loss = 1771,785 A + 101685,718

= 1771,785 (51,926) + 101685,718

= 193687,5840 Kkal

IV. EVAPORATOR



ΔH1, Entalpi bahan masuk pada suhu 77°C = 350

a. ΔH H_2O

$$= \frac{323609,446}{18} \times 1 \times (77 - 25)$$

= 934871,733 *Kkal*

b. Δ$HSiO_2$

$$= \int_{298}^{350} 10,87 + 0,008712T - 241200T^{-2}\ dT$$

$$= 10,87(350 - 298) + \frac{0,008712}{2}(350^2 - 298^2) - 241200\left(\left(\frac{1}{350} - \frac{1}{298}\right)\right)$$

= 590,2143 Kkal/kgmol

$$= \frac{220,322}{60,085} \times 748,772 = 2164,217 \text{ Kkal}$$

c. $\Delta H\ Fe_2O_3$

$$= \int_{298}^{350} 24{,}72 + 0{,}01604T - 423400T^{-2}\ dT$$

$$= 24{,}72(350-298) + \frac{0{,}01604}{2}\left(350^2 - 298^2\right) - 423400\left(-\left(\frac{1}{350} - \frac{1}{298}\right)\right)$$

$$= 1341{,}097 \quad \text{Kkal/kgmol}$$

$$= \frac{0{,}173}{159{,}692} \; x \; 1341{,}097$$

$$= 1{,}453 \quad \text{Kkal}$$

d. $\Delta H\ P_2O_5$

$$= \frac{2{,}898}{141{,}96} x \quad 44{,}8 \quad x \quad (77-25)$$

$$= 47{,}557 \text{Kkal}$$

e $\Delta H\ AlF_3$

$$= \frac{61528{,}275}{84} x \quad 17{,}96 \quad x(77-25) \quad = \quad 684077{,}221 \quad \text{Kkal}$$

ΔH_1 Total bahan masuk = 1621162,181 Kkal

ΔH_2, Entalpi bahan keluar pada suhu $90^0C = 363^0K$

a. $\Delta H\ AlF_3$

$$= \frac{61528{,}275}{84} x \quad 17{,}96 \quad x(90 \quad 25) \quad = \quad 855096{,}526 \quad \text{Kkal}$$

b. $\Delta H\ P_2O_5$

$$= \frac{2{,}898}{141{,}96} x \quad 44{,}8 \quad x \quad (90-25)$$

$$= 59{,}446 \text{Kkal}$$

c. $\Delta H\ H_2O$

$$= \frac{307641{,}375}{18} x \quad 1x \quad (90-25)$$

$$= 1110927{,}188 \quad \textit{Kkal}$$

d. $\triangle H SiO_2$

$$= \int_{298}^{363} 10,87 + 0,008712T - 241200T^{-2}\ dT$$

$$= 10,87(363-298) + \frac{0,008712}{2}(363^2 - 298^2) - 241200\left(-\left(\frac{1}{363} - \frac{1}{298}\right)\right)$$

$$= 748,772 \quad \text{Kkal/kgmol}$$

$$= \frac{220,322}{60,085} x \quad 748,772 = 2745,626 \quad \text{Kkal}$$

e. $\triangle H\ Fe_2O_3$

$$= \int_{298}^{363} 24,72 + 0,01604T - 423400T^{-2}\ dT$$

$$= 24,72(363 - 298) + \frac{0,01604}{2}(363^2 - 298^2) - 423400\left(\left(\frac{1}{363} - \frac{1}{298}\right)\right)$$

$$= 1696,9651 \quad \text{Kkal/kgmol}$$

$$= \frac{0,173}{159,692} \quad x \quad 1696,9651$$

$$= 1,838 \quad \text{Kkal}$$

Total $\triangle H_2$ keluar = 1968830,625 Kkal.

$\triangle H_3$, Entalpi bahan keluar pada suhu $90^0C = 363^0K$

$\triangle H\ H_2O$

$$= \frac{15968,071}{18} x \quad 1 x \quad (90-25)$$

$$= 57662,478 \quad Kkal$$

Total entalpi keluar = 2026493,103 Kkal.

Total panas yang diperlukan = 405330,922 + 20266,546

= 425597,468 Kkal = 1781891,479 Kj

Digunakan steam pemanas pada 190^0C

Hg = 2793,2 Kj / Kg $\quad \lambda$ = 1940,75 Kj / Kg

Hl = 852,45 Kj / Kg

Steam yang diperlukan = 1781891,479 / 1940,75

= 808, 998 Kg

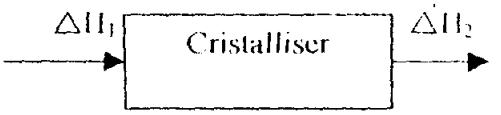
ΔH steam masuk = 808,998 x 2793,2 = 2189391,993 Kj

= 522927,293 Kkal

ΔH kondensat keluar = 808,998 x 852,45 = 407500,383 Kj

= 97329, 794 Kkal

V. CRISTALLISER



ΔH_1, entalpi bahan masuk pada suhu $90^0C = 363^0K$

Total ΔH_1 masuk = 1968830,625 Kkal

ΔH_2, entalpi bahan keluar pada suhu $35^0C = 308^0K$

a. $\Delta H\ AlF_3.3\ H_2O$

$$= \frac{163800,259}{138} x \quad 50,5 x \quad (35-25)$$

$$= 599413,99 \quad Kkal$$

b. $\Delta H\ H_2O$

$$= \frac{204530,815}{18} x \quad 1 x \quad (35-25)$$

$$= 113628,23 \quad Kkal$$

c. $\Delta H\ AlF_3$

$$= \frac{838,576}{84} x \quad 17,96 \quad x(35-25) \quad = \quad 1792,95 \quad \text{Kkal}$$

d. $\Delta H\ P_2O_5$

$$= \frac{2,898}{141,96} x \quad 44,8 \quad x \quad (35-25)$$

$$= 9,14 \text{Kkal}$$

e. $\Delta H\ SiO_2$

$$= \int_{298}^{308} 10,87 + 0,008712T - 241200T^{-2}\ dT$$

$$= 10,87(308 - 298) + \frac{0,008712}{2}(308^2 - 298^2) - 241200\left(-\left(\frac{1}{308} - \frac{1}{298}\right)\right)$$

$$= 108,81 \quad \text{Kkal/kgmol}$$

$$= \frac{220,322}{60,085} x\ 108,81 = 399,02 \text{Kkal}$$

f. $\Delta H\ Fe_2O_3$

$$= \int_{298}^{308} 24,72 + 0,01604T - 423400T^{-2}\ dT$$

$$= 24,72(308 - 298) + \frac{0,01604}{2}(308^2 - 298^2) - 423400\left(-\left(\frac{1}{308} - \frac{1}{298}\right)\right)$$

$$= 249,67 \quad \text{Kkal/kgmol}$$

$$= \frac{0,173}{159,692} x\ 249,67$$

$$= 0,27 \quad \text{Kkal}$$

Total ΔH_2 keluar = 715493,269 Kkal

Panas kristalisasi = - Panas kelarutan

= - (- 560,8 x 10^3 Kkal/ Kg mol) x 61528,275 84

=410774483,6 Kkal/ hari

Panas masuk + Panas kristalisasi = Panas keluar + Panas yang diserap air pendingin

1968830,625 + 410774483,6 = 715493,269 + Panas yang diserap air pendingin

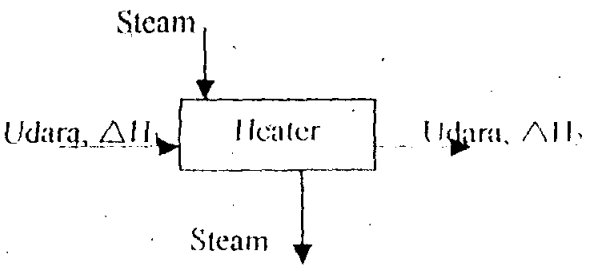
Panas yang diserap air pendingin = 412027820,9 Kkal

Rate air pendingin = Q / Cp (90 - 35)

= 412027820,9 / 1 (55)

= 7491414,926 Kg/hari

VI. HEATER



ΔH_1, entalpi udara masuk pada suhu 30^0C = 303^0K

ΔH_1 = m x Csx (T-To) + m x λ_o

= 285866,0459 x 1,0426 x (30-25) + 285866,0459 x 0,02 x 2242,31

= 14310225,56 Kj = 3420225,995 Kkal

ΔH_2, entalpi udara keluar pada suhu 170^0C

ΔH_2 = m x Csx (T-To) + m x λ_o

= 285866,0459 x 1,0426 x (170-25) + 285866,0459 x 0,02 x 2242,31

= 50075498,3 Kj = 11968331,33 Kkal

Qloss = 5% x panas yang disuplai

Panas yang disuplai = ΔH_2 + 0,05 Q - ΔH_1

11968331,33 + 0,05 Q = 3420225,995

Q = 8998005,616 Kkal

Qloss = 0,05 x 8998005,616

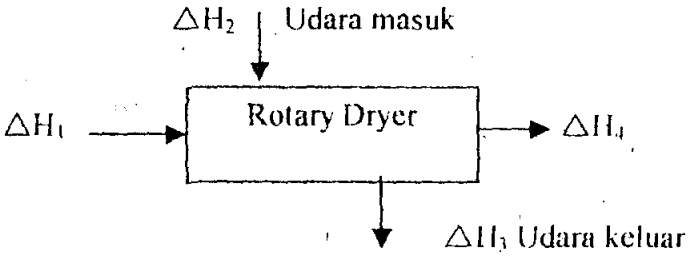
= 449900,28 Kkal

Sebagai pemanas digunakan steam pada suhu 190^0C

Kebutuhan steam = 8998005,616 / 2203,59

= 17084,69 Kg

VII. ROTARY DRYER



ΔH1, entalpi bahan masuk pada suhu $35^0C = 308^0K$

Total $\Delta H_1 = 715493,269$ Kkal

ΔH_2, entalpi udara masuk pada suhu 170^0C yang berasal dari udara pada $T = 30^0C$, P= 1 atm dan kelembaban 70%. X = 0,02 Kg uap air/Kg udara kering

$\Delta H_2 = m \times Cs \times (T-To) + m \times \lambda o$ (Geankoplis)

dimana :

Cs = 1,005 + 1,88 X

= 1,005 + 1,88 (0,02) = 1,0426 Kj / Kg

λo = 2442,31 Kj/Kg

ΔH_2 = m (1,0426) (170-25) + m (0,02) (2442,31)

= 179,1712 m Kj = 42,8229 m Kkal

ΔH_3 = m (1,0426) (68,28-25) + m (0,02) (2442,31)

= 95,0125 m Kj = 22,6934 Kkal

ΔH4, entalpi keluar pada suhu $150^0C = 423^0K$

a. $\Delta H\ AlF_3.3\ H_2O$

$$= \frac{163800,259}{138} x \quad 50,5 x \quad (150-25)$$

$$= 5619506,168 \quad Kkal$$

b. $\Delta H\ H_2O$

$$= \frac{54674,551}{18} x \quad 1 x \quad (150-25)$$

$$= 379684,382 \quad Kkal$$

c. $\Delta H P_2O_5$

$= \frac{2,898}{141,96} x \quad 44,8 \quad x \quad (150 - 25)$

$= 114,516$Kkal

d $\Delta H SiO_2$

$= \int_{298}^{423} 10,87 + \quad 0,008712T \quad - \quad 241200T^{-2} \quad dT$

$= 10,87(423 - 298) \quad + \frac{0,008712}{2} \quad (423^2 \quad 298^2) \quad - \quad 241200 \quad \left(- \left(\frac{1}{423} \quad \frac{1}{298} \right) \right)$

$= 1512,151 \quad$ Kkal/kgmol

$= \frac{220,322}{60,085} x \quad 1512,151 = 5544,814$Kkal

e. $\Delta H Fe_2O_3$

$= \int_{298}^{423} 24,72 + \quad 0,01604T \quad - \quad 423400T^{-2} \quad dT$

$= 24,72(423 - 298) \quad + \quad \frac{0,01604}{2} (423^2 - 298^2) \quad - \quad 423400 \left(- \left(\frac{1}{423} - \quad \frac{1}{298} \right) \right)$

$= 3392,942 \quad$ Kkal/kgmol

$= \frac{0,173}{159,692} \quad x \quad 3392,942$

$= 3,696 \quad$ Kkal

Total ΔH_4 keluar = 6384537,741 Kkal

Kebutuhan udara panas

$\Delta H_2 - \Delta H_3$	$= \Delta H_1 - \Delta H_4$
42,8229 m – 22,6934 m	= 6384537,741 – 715493,269
m	= 285866,0459 Kg

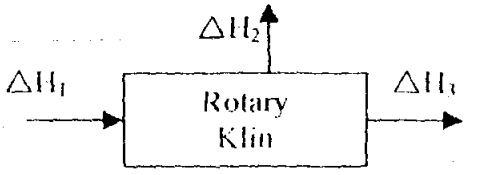
Jadi kebutuhan udara panas 285866,0459 Kg

Sehingga :

ΔH_2 = 42,8229 (285866,0459) = 12241584,51 Kkal

ΔH_3 = 22,6934 (285866,0459) = 6487272,525 Kkal

VIII. ROTARY KLIN



ΔH1, entalpi masuk pada suhu 150°C

ΔH1 total = 6004853,359 Kkal

Pada rotary klin terjadi reaksi :

$AlF_3.3\,H_2O \rightarrow AlF_3 + 3\,H_2O$

1186,958 1186,958 3560,874

Panas reaksi = Σ n. ΔH°f hasil - Σ n. ΔH°f reaktan

= (1186,958 (-359,5x10³) + 3560,874 (-350,67x10³))

(1186,958 (-60,8x10³))

= -820795552 Kkal

ΔH2, entalpi keluar pada suhu 700°C = 973°K

ΔH H_2O

$$= \frac{103110,56}{18} x \quad 1 x \quad (700 - 25)$$

= 3866646 *Kkal*

ΔH3, entalpi keluar pada suhu 700°C = 973°K

a. ΔH AlF_3

$$= \frac{60689,699}{84} \; x17,96 \quad (700 - 25)$$

= 8758824,059 Kkal

b. ΔH P_2O_5

$$= \frac{2,898}{141,96} x \quad 44,8 \quad x \quad (700 - 25)$$

= 617,325Kkal

c. $\Delta H\ SiO_2$

$$= \int_{298}^{973} 10,87 + 0,008712T - 241200T^{-2}\ dT$$

$$= 10,87(973 - 298) + \frac{0,008712}{2}(973^2 - 298^2) - 241200\left(-\left(\frac{1}{973} - \frac{1}{298}\right)\right)$$

$$= 21012,789 \quad Kkal/kgmol$$

$$= \frac{220,322}{60,085} x \quad 21012,789 = 77050,506 Kkal$$

d. $\Delta H\ Fe_2O_3$

$$= \int_{298}^{973} 24,72 + 0,01604T - 423400T^{-2}\ dT$$

$$= 24,72(973 - 298) + \frac{0,01604}{2}(973^2 - 298^2) - 423400\left(\left(\frac{1}{973} - \frac{1}{298}\right)\right)$$

$$= 22580,902 \quad Kkal/kgmol$$

$$= \frac{0,173}{159,692} \quad x \quad 22580,902$$

$$= 24,462 \quad Kkal$$

Total entalpi keluar = 12703162,35 Kkal

Q = Total entalpi keluar – (Entalpi masuk + Panas reaksi)

= 12703162,35 – (6004853,359 + (- 820795552))

= 827493861 Kkal

Panas sesungguhnya yang diperlukan = (6004853,359 + 827493861) - 12703162,35

= 820795552 Kkal

Efisiensi Klin = 30%

= 820795552 / 0,3 = 2713657477

Panas masuk = Panas keluar

Entalpi masuk + Panas reaksi + Panas pembakaran = Entalpi keluar + Q loss

6004853,359 + 820795552 + 2713657477 = 12703162,35 + Q loss

Q loss = 3527754720 Kkal

Pemakaian bahan bakar digunakan Bunker C Oil.

Menghitung pemakaran bahan bakar untuk rotary klin.

Dari fig.5 , tabel 9-11, Perry edisi 3 :

Komposisi Bunker C.Oil :

C = 86,47 O_2 = 0,27 H_2 = 11,65

N_2 = 0,24 S = 1,35 Ash = 0,02

Reaksi pembakaran:

1. C + O_2 → CO_2
2. H + ½ O_2 → H_2O
3. S + O_2 → SO_2

Hv 18500 Btu/lb 10227,78 Kkal/kg (Perry ed 3, hlm 16-29)

Exces udara yang dipakai 20% untuk pembakaran:

C	= 86,47 % x 100	86,47 Kg	7,2 Kgmol
H_2	= 11,65% x 100	11,65 Kg	5,78 Kgmol
N_2	= 0,24 % x 100	0,27 Kg	= 0,008 Kgmol
S	= 1,35% x 100	1,35 Kg	0,042 Kgmol
O_2	= 0,27 % x 100	0,27 Kg	0,008 Kgmol
Ash	0,02 % x 100	0,02 Kg	0,02 Kgmol

Kebutuhan udara yang dipakai reaksi 1,2 dan 3 :

= 7,2 + (½ +5,78) + 0,042

= 10,132 Kgmol

O_2 dari Bunker C.Oil 0,008 Kgmol

Jadi Kebutuhan udara yang dipakai reaksi 1,2 dan 3 :

= 10,132 - 0,008 = 10,124 Kgmol

20% Excess 1,2 x 10,124 12,149 Kgmol 388,768 Kg

O_2 kelebihan yang terbuang = 12,149 - 10,132

2,017 Kgmol 54,544 Kg

Udara mengandung : O_2 = 21% dan N_2 = 79%

N_2 dari udara = 79/21 x 12,149 = 45,7 Kgmol = 1279,684 Kg

Total N_2 yang ada dari udara + dari Bunker C Oil

1279,684 + 0,24

1279,924 Kg = 45,7116 Kgmol

Total udara = (388,768 + 1279,924) Kg

= 1668,692 Kg

= (12,149 + 5,7) Kgmol

= 57,85 Kgmol

Jumlah fuel oil yang dibutuhkan = Panas sesungguhnya : Hv

= 2713657477 : 10277,78

= 264031,4812 Kg

Jumlah udara yang diperlukan = 264031,4812/100 x 1668,692

4405872,204 Kg

IX. ROTARY COOLER

ΔH1 Entalpi masuk pada suhu 700°C

Total ΔH1 = 8836516,352 Kkal

ΔH2 Entalpi keluar pada suhu 40°C = 313°K

a. $\Delta H\ AlF_3$

$$= \frac{60689,699}{84} \times 17,96 \times (40 - 25)$$

= 194640,534 Kkal

b. $\Delta H\ P_2O_5$

$$= \frac{2,898}{141,96} \times 44,8 \times (40 - 25)$$

= 13,72Kkal

c. $\triangle H\ SiO_2$

$$= \int_{298}^{313} 10,87 + \ 0,008712T \ - \ 241200T^{-2} \ dT$$

$$= 10,87(313-298) \ + \frac{0,008712}{2} \ (313^2 - 298^2) - \ 241200 \ \left(-\left(\frac{1}{313} - \ \frac{1}{298}\right)\right)$$

$$= 164,184 \quad \text{Kkal/kgmol}$$

$$= \frac{220,322}{60,085} x \quad 164,184 = 602,036 \text{Kkal}$$

d. $\triangle H\ Fe_2O_3$

$$= \int_{298}^{313} 24,72 + \ 0,01604T \ - \ 423400T^{-2} \ dT$$

$$= 24,72(313-298) \ + \ \frac{0,01604}{2}(313^2 - 298^2) \ - \ 423400\left(-\left(\frac{1}{313} - \ \frac{1}{298}\right)\right)$$

$$= 376,213 \quad \text{Kkal/kgmol}$$

$$= \frac{0,173}{159,692} \ x \quad 376,213$$

$$= 0,407 \quad \text{Kkal}$$

Total entalpi keluar = 195242,978 Kkal

Panas yang diserap udara pendingin = 8641273,374 Kkal

Suhu bahan masuk = 700^0C

Suhu bahan keluar = 40^0C

Suhu udara keluar = 105^0C

(Estimasi dari Modern Chemical Process, hlm 107.)

Jumlah udara yang diperlukan = 8641273,374 /0,25 (105-30)

= 460867,913 Kkal

Panas udara masuk = 460867,913 x 0,25 (30-25)

= 576084,8916 Kkal

Panas udara keluar = 460867,913 x 0,25 (105-25 = 9217358,26 Kkal

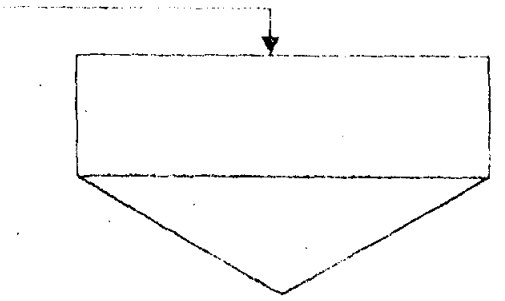
APPENDIX C

PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN

APPENDIX C

PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN

1. STORAGE (F-110)



1. Fungsi : Untuk menampung sementara $Al_2O_3.3H_2O$
2. Type : Silinder tegak dengan bejana bawah berbentuk konis, bagian atas terbuka dan bagian bawah dihubungkan dengan screw conveyor
3. Data : Kapasitas : 57972,662 Kg/hari 1739179,86 Kg/bulan
   Bulk Density 147,95 lb/cuft

Perhitungan:

Lubang pengeluaran = 30 in

Sudut konis = 45^0

Tinggi H = ½ D = R

Berat bahan = 57972,662 Kg/hari = 1739179,86 Kg/bulan

= 127806,53 lb/hari = 3834195,915 lb/bulan

3 bulan penampungan = 3834195,915 x 3

= 11502587,76 lb

Volume bahan = $\frac{11502587,76}{147,9591}$ = 77746,453 cuft = 581621,2167 gallon

Safety allowance = 10 % (Vilbrandt, hlm 152)

= 1,1 x 77746,453 = 85521,098cuft = 147781,83in^3

Berat bahan = 85521,098 x 147,95 = 12652846,49 lb

Volume tangki = (1/3 x π R^3 - 1/3 π r^3) + π R^3 ; r = 30/2 in = 15 in

R = ½ D = R

= 1/3 π R^3 - 1/3 π r^3 + π R^3

= 4/3 π R^3 - 1/3 π r^3

= 4,1867 R^3 - 3532,5 = volume = 147781,8351

H = ½ D = R

147781,8351 = 4,1867 R^3

R^3 = 35297,92

R = 32,8in = 2,73 ft

Diameter = 2 x R

= 2 x 32,8 in = 65,6 in = 5,46 ft.

Tinggi bahan dalam silinder = H = R = 65,6 in = 5,46 ft

Tinggi bahan dalam konis = (R- 15) in = (65,6 - 15) in = 50,6 in = 4,216ft

Tinggi total bahan dalam tangki = Tinggi tangki

= (5,464 + 4,216) ft = 9,676 ft

Tekanan vertikal, Ps $= \frac{R \cdot \rho b}{2\mu^1} \cdot \frac{\left(\frac{g}{gc}\right)}{K^1} \left(1 - e^{2\mu^1 K^1 ZT / R}\right)$ (Mc.Cabe,hlm248)

Dimana : Ps = Tekanan vertikal pada dasar bejana (lb/in^2)

ρb = Bulk density bahan (lb/in^2)

μ^1 = Friksi koefisien 0,35 - 0,55 , diambil 0,45

K^1 = Ratio pressure 0,35 - 0,65 = diambil 0,50

ZT = Tinggi total material (ft)

R = Jari-jari (ft)

$$Ps = \frac{5,46 \times 147,95}{2 \times 0,45 \times 0,5} \times \left(1 - e^{\frac{2 \times 0,45 \times 0,5 \times 144}{147,95}}\right)$$

$$= 957,091 \frac{lb/in^2}{in} \times 0,644 \frac{lb/in^2}{in}$$

Tekanan lateral pada tangki

Pl = K x Ps

= 0,5 x 6,644 = 3,32 lb/in²

Tekanan total = Ptotal = Ps + Pl

= (6,644 + 3,32) lb/in²

= 9,966 lb/in²

Tekanan design = Pdesign = 1 ½ x Ptotal

= 1½ x 9,966 lb/in²

= 14,94 lb/in²

Tebal Silinder :

$$Ts = \frac{P \times D}{2 \times fe \times P} + C$$

$$= \frac{14,94 \times 65,6}{2 \times 12750 \times 0,8 - 14,94} + 0,125$$

= 0,173 in

Digunakan tebal plate ¾ in

Tebal konis :

$$Ts = \frac{P \times D}{2 \times fe \times \cos\alpha} + C$$

$$= \frac{14,94 \times 65,6}{2 \times 12750 \times 0,8 \times 0,707} + 0,125$$

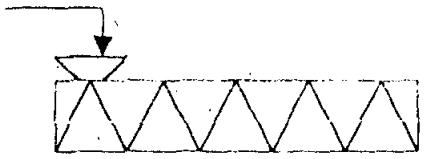
= 0,1928 in

Digunakan tebal plate = ¾ in

Jadi spesifikasi $Al_2O_3.3H_2O$ storage :

a. Kapasitas : 85521,098 cuft
b. Diameter silinder : 65,6 m
c. Diameter lubang silinder : 30 m
d. Tinggi silinder : 32,8 m
e. Tinggi konus : 65,6 m
f. Tebal silinder : 1 in
g. Tebal konus : ¾ in
h. Bahan : Carbon steel
i. Jumlah : 1

2. $Al_2O_3.3H_2O$ SCREW CONVEYOR (J-111)



1. Fungsi : Mengeluarkan $Al_2O_3.3H_2O$ dari $Al_2O_3.3H_2O$ storage menuju reaktor
2. Type : Plant Spout or Clutes
3. Data : Kapasitas : 57972,662 Kg/hari 2415,52 Kg/jam
   Elevansi : Horisontal
   Bulk Density : 147,95 lb/cuft

Perhitungan :

Rate pengeluaran = 2415,52 Kg/jam = 5325,27 lb/jam

Volume = 5325,27 : 147,95 = 35,99 cuft/jam 0,599 cuft/menit

Panjang screw 15ft

$$Hp = \frac{Cx \quad Lx \quad Wx \quad F}{33000}$$

Dimana :

C : Kapasitas screw conveyor , cuft/menit

L : Panjang, ft

W : berat material, lb/cuft

F : Material faktor = 2

$$Hp = \frac{Cx \quad Lx \quad Wx \quad F}{33000}$$

$$= \frac{0{,}599x \quad 15x \quad 147{,}95x \quad 2}{33000}$$

$$= 0{,}0806 \quad Hp$$

Hp < 2 , maka dikalikan 2 menjadi:

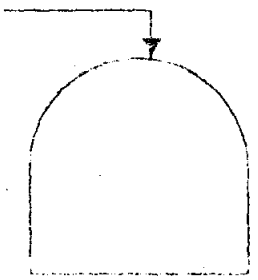
Hp 2 x 0,0806 0,161 Hp dengan tambahan rata-rata 0,75 Hp

Maka digunakan tenaga penggerak = 0,161 + 0,75 = 0,911 Hp ≈ 1 Hp

Jadi spesifikasi Screw Conveyor :

a. Jenis : Plain Spout or Chutes
b. Kapasitas : 2415,52 Kg/jam
c. Class material : d
d. Speed : 12 Rpm
e. Diameter : 9 in
f. Power : 1 Hp
g. Jumlah alat : 1

3. **STORAGE (F-112)**



1. Fungsi : Menampung sementara larutan H_2SiF_6 selama 10 hari kebutuhan

2. Type : Tangki vertikal dengan tutup atas dished dan bawah datar

3. Data : Kebutuhan/ hari 263552,64 Kg

ρ_{camp} = 83,65 lb/cuft

Digunakan 2 buah tangki, jadi masing-masing untuk 5 hari operasi

Perhitungan :

$$\text{Volume liquid} = \frac{263552,64}{0,4536 \times 83,65 \text{ lb/cuft}} \times 5 = 43633,02 \text{ cuft}$$

Volume tangki = 43633,02 cuft = 326418,658 gallon

Safety allowance = 10%

Maka volume tangki = 1,1 x 43633,02

= 47996,322 cuft

Mencari diameter tangki

Tinggi tangki = H = 1 1/2 D tangki

$H = \pm 1,5 \times D \rightarrow$ $V = \pi/4 \times D^2 \times H$

$\pi/4 \times D^2 \times 1,5 \times D = \pi/4 \times D^3$

$47996,322 = 0,785 \times 1,5\ D^3$

$D^3 = 40761,2 \rightarrow D = 34,41$ ft

Re = (D-0, 5)

= (34,41 – 0,5) ft = 33,915 ft

$$h = Re - \sqrt{\left(Re^2 - D^2/4\right)}$$

$$= 33,915 - \sqrt{\left(33,915^2 - 34,41^2/4\right)}$$

$= 4,688$ ft

$V = 1,05\ h^2 (3Re - h)$

$= 1,05\ (4,688)^2 (3 \times 33,915 - 4,688)$

$= 2239,73$ ft^3

Vsilinder = (47996,322 – 2239,73) cuft

= 45756,591 cuft $\pi/4 \times D^2 \times T$

45756,591 = 0,785 x $(34,41)^2$ x T

T = 49,22 ft

Tinggi total = 49,22 + 4,688

= 53,916 ft

Mencari tekanan design:

Tinggi liquid = 53,916 ft

Pproses = ρx g/gc x h/144

= 66,58 x 1 x 53,916/144

= 24,928 psi

Safety 20%

Pdesign = 1,2 x 24,928 psi = 29,91 psi

Tebal shell

$$Ts = \frac{P \quad D}{2 \quad fe - \quad P} + C$$

Digunakan Carbon Steel Sa-283 grade C

f = 12750 C = 2/16 (faktor korosi)

e = 0,85 (Walded butt joint)

$$Ts = \frac{29,91 \quad x \quad 34,41 \quad x \quad 12}{2 \quad x12750 \quad x \quad 0,85 \quad 29,91} + 2/16$$

= 0,69 *in*

Didunakan tebal = 1in

Tebal Dished – Head

$$Td = \frac{Wx \quad Px \quad Rc}{2x \quad fex \quad 0,85} + C \rightarrow rc = \quad 0,06Rc$$

$$\frac{rc}{Rc} = 0,06; \quad W = \quad 1,8$$

$$Td = \frac{1,8x\ 29,91x\ 12x\ 33,915}{2x\ 12750x\ 0,85} + \frac{2}{16}$$

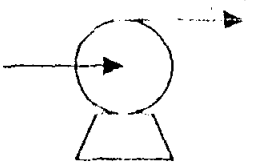
$= 1,135$ *in*

Digunakan tebal 1 ½ in

Jadi spesifikasi H_2SiF_6 solution storage :

a. Type : Tangki vertikal dengan tutup atas dished dan bawah datar
b. Kapasitas maksimum : 359060,5238 gallon
c. Dimensi :
   - Diameter Shell : 34,41 ft
   - Tinggi total : 53,916 ft
   - Tebal shell : 1 in
   - Tebal dished : 1 ½ in
d. Bahan konstruksi : Carbon Steel lapis plastik
e. Jumlah : 2

4. **PUMP (L-113)**



Fungsi : Memompa larutan H_2SiF_6 dari H_2SiF_6 solution storage menuju heater

Perhitungan :

ρ : 83,65 lb/cuft

μ : 2,96 cps

Kebutuhan per hari = 263552,640 kg

Satu kali batch = 1 jam jadi jumlah batch dalam 1 hari = 24 batch/hari

Jumlah massa tiap pemompaan 263552,640/24 10981,36 kg/ batch

Rate pemompaan 60/15 x 10981,36 kg/jam

= 43925,44 kg/jam

43925,44 / 0,45359 x 83,65 cuft/jam = 1454,48 cuft/jam

10908,63 gallon / jam = 181,81 Gpm

= 0,4 cuft / detik

ID optimum = $3,9\ (Q)^{0,45}\ (\rho)^{0,13}$

$3,9\ (0,4)^{0,45}\ (83,65)^{0,13}$

= 4,591 in

Maka dipilih ID optimum = 5 in sch 40

OD = 5,563 in = 0,462 ft Luas penampang = 0,14 ft

ID = 5,047 in = 0,419 ft

Kecepatan aliran

Kecepatan aliran mula-mula, $V_1 = 0$

$$V_2 = \frac{0,4}{0,14} = 2,9\ ft/det ik$$

$$N_{Re} = \frac{D\ V\ \rho}{\mu} = \frac{0,419x\ 2,9x\ 83,65}{2,96x6,72.10^{-4}} = 51116,5 > 2100$$

Maka aliran Turbulen

Dipilih pipa komersial steel (e=0,00015)

Didapat $\epsilon/d = 0,0004$; f = 0,018

Panjang pipa lurus = 100 ft ; 4 buah elbow 90^0 ; Le/D = 30

Le = 3 x 30 x 0,419 ft = 37,71 ft

Total panjang equivalent = 137,71 ft

Z_1 = 1 ft ; Z_2 = 21 ft; ΔZ = 20 ft

P_1 = 1 atm; P_2 = 1 atm; ΔP = 0

a. Friksi karena gesekan dalam pipa (Peter,hlm 483)

$$f = \frac{2x\ fx\ V^2x\ L}{gcx\ D}$$

$$= \frac{2x\ 0,018x\ 2,9^2x\ 137,71}{32,17x\ 0,419} = 1,55\ ft$$

b. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa :

$$fc = \frac{Kcx \quad V^2}{2x \quad \alpha x \quad gc}$$

$$= \frac{0,5x \quad 2,9^2}{2x \quad 1x \quad 32,17} = 0,065 \quad ft$$

c. Friksi karena perluasan (Enlargement)

Aliran turbulent, maka $\alpha = 1$

$$fc = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2x \quad \alpha x \quad gc}$$

$$= \frac{(2,9 - 0)^2}{2x \quad 1x \quad 32,17} = 0,13 \quad ft$$

$\sum F = 0,13 + 0,065 + 1,55 = 1,75$ ft

Dari Peters, hlm 487

$$Z_2 - Z_1 + \frac{V_2^2}{2x \quad \alpha x \quad gc} - \frac{V_1^2}{2x \quad \alpha x \quad gc} + P_2V_2 - P_1V_1 + \sum F = W_0$$

$P_1 = P_2$ = Tekanan atmosfir ; $V_1 = V_2$ (Liquid dianggap non compressible)

Maka : $P_2 V_2 - P_1 V_1 = 0$; Persamaan menjadi :

$$Z_2 - Z_1 + \frac{V_2^2}{2x \quad \alpha x \quad gc} - \frac{V_1^2}{2x \quad \alpha x \quad gc} = W_0 - \sum F$$

V_2 = 2,9 ft/detik ; V_1 = 0 ; ΔV = 2,9 ft/detik

$1 \times 20 + (2,9)^2/(2 \times 32,17) + 1,75 = dW_0$

dW_0 = 29,7 x 11 , dari Peter ,hlm 520 didapat.

$$Hp = \frac{Hx \quad Sgx \quad gpm}{3960}$$

Efisiensi pompa dengan 181,81 gpm = 70%, maka:

$$Hp = \frac{21,9x \; 1,36x \; 181,81}{3960x \; 0,7} = 1,9 \; Hp$$

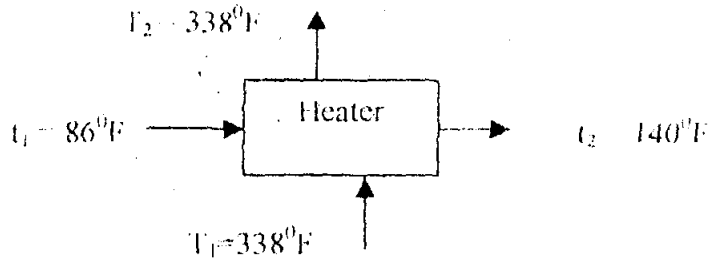
effisiensi motor = 84 % = 1,9 / 0,84 = 2,3 hp

Digunakan motor penggerak = 2,5 Hp

Jadi spesifikasi H_2SiF_6 Pump:

a. Diameter pipa : 5 in sch 40
b. Rate : 181,81 gpm
c. Power : 2,5 Hp
d. Jenis : Centrifugal
e. Bahan : Carbon Steel
f. Jumlah : 1

5. [illegible] HEATER (E-114)



Fungsi : Untuk memanaskan larutan H_2SiF_6

Type : Shell and Tube

Perhitungan :

Neraca Panas :

m larutan H_2SiF_6 = 263552,64 Kg/hari = 10981,36 Kg/jam = 24209,506lb/jam
= 6,724 lb/s

M steam = 94,74 Kg/hari = 3,9475 Kg/jam = 8,7026 lb/jam
= 2,41 x 10^{-3} lb/s

Q = 1021482,455 Kkal/hari = 42561,768 Kkal/jam

168788,741 btu/jam

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_1) - (T_2 - t_2)}{\ln \frac{(T_1 - t_1)}{(T_2 - t_2)}}$$

$$LMTD = \frac{(338 - 86) - (338 - 140)}{\ln \frac{(338 - 140)}{(338 - 140)}} = 223,91^{0}F$$

Δt = 223,91^{0}F

Tc = 338^{0}F

tc = (86+140)/2 = 113^{0}F

OD tube = 1 in ; 10 BWG (Kern, tabel 10)

ID tube = 0,732 in

L = 12 in

a" = 0,2618

Dari Kern untuk Square Pitch

P_T = 1 ¼ in

N_T standar = 122 buah

Passes = 6

ID shell = 19,25 in

Trial U_D = 10

$$A = \frac{Q}{U_D \cdot \Delta T} = \frac{168788,741}{10 \times 223,91} = 159,669$$

$$Jumlah\ tube = \frac{A}{a'' \cdot L} = \frac{159,669}{0,2618 \times 12} = 50,824$$

$$U_D\ terkoreksi = \frac{50,824}{122} \times 10 = 4,16$$

$$U_D = 4,16$$

$$A = \frac{Q}{U_D \cdot \Delta T} = \frac{168788,741}{4,16 \times 223,91} = 383,278$$

$$Jumlah\ tube = \frac{A}{a'' \cdot L} = \frac{383,278}{0,2618 \times 12} = 122$$

$$U_D\ terkoreksi = \frac{122}{122} \times 4,16 = 4,16$$

ell, Steam

$= P_T - OD = 1\frac{1}{4} - \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$

$\frac{1}{4} \times 19,25 = 14,4375$

$as = \frac{IDx\ Cx'\ B}{144x\ Pt} = \frac{19,25x\ 1/4\ 14,4375}{144x\ 1\frac{1}{4}}$

$= 0,3860\ ft^2$

$Gs = \frac{W}{as} = \frac{8,7026}{0,3860} = 22,545\ lb/jam\ ft^2$

ada Tc $= 338^0F$

$= 0,021 \times 2,419 = 0,05082$ lb/jamft

$e = 0,72/12 = 0,06$

$= 0,47$

$= 0,01395$

$Res = \frac{D x\ Gs}{\mu} = \frac{0,06 x\ 22,545}{0,05082}$

$= 26,617$

$I = 22,69$

$\left(\frac{C\ \mu}{K}\right)^{1/3} = \left(\frac{0,47x\ 0,05082}{0,01395}\right)^{1/3}$

1,196

$\frac{ho}{\phi s} = JH \left(\frac{K}{Ds}\right) \left(\frac{C\ \mu}{K}\right)^{1/3}$

$= 22,69 \left(\frac{0,01395}{0,06}\right) 1,196$

$= 6,31$

$= tc + \frac{\frac{ho}{\phi s}}{\frac{hio}{\phi t} + \frac{ho}{\phi s}} (Tc - t)$

$= 113 + \frac{6,31}{41,268 + 6,31} (338 - 113)$

$42,84^0F$

Tube, Larutan H_2SiF_6

$a't = 0,421$

$at = \frac{Nt \times a't}{144x\ n}$

$= \frac{132 \times 0,421}{144x\ 6} = 0,0594\ ft^2$

$Gt = \frac{W}{at} = \frac{24209,506}{0,0594}$

$= 4075644\ lb/jam\ ft$

Pada tc 113^0F

$\mu = 0,608 \times 2,491 = 1,47$ lb/jam

$C = 0,7046$ btu/lb

$D = 0,732/12 = 0,061$ ft

$Ret = \frac{Dx\ Gt}{\mu} = \frac{0,061x\ 40756,744}{1,47}$

$= 16912,66$

$\frac{L}{D} = \frac{12}{0,061} = 196,7213$

$JH = 70$

$\left(\frac{C\ \mu}{K}\right)^{1/3} = \left(\frac{0,7046x\ 1,43}{0,0107}\right)^{1/3}$

$= 4,59$

$\frac{ho}{\phi s} = JH \left(\frac{K}{Ds}\right) \left(\frac{C\ \mu}{K}\right)^{1/3}$

$= 70 \left(\frac{0,0107}{0,061}\right) 4,59$

$= 56,378$

$\frac{hio}{\phi t} = \frac{hi\ ID}{\phi t\ OD} = \frac{56,378\ 0,732}{1}$

$= 41,268$

ada Tw = 142,84^{0}F

w = 0,035 x 2,419 = 0,0846

$s = \left(\frac{\mu}{\mu w}\right)^{0,14} = \left(\frac{0,0508}{0,0846}\right)^{0,14}$

= 0,931

o = 0,931 x 6,31 = 5,875

$ic = \frac{hio \quad ho}{hio + ho}$

$= \frac{56,237 \quad 5,875}{56,237 + 5,875} = 5,112$

$Rd = \frac{Uc - Ud}{Uc \quad Ud} = \frac{5,112 - 4,16}{5,112 - 4,16}$

= 0,0447

Memenuhi > 0,003)

Menghitung pressure drop

hell, Steam

Nres = 26,617

= 0,015

1 + 1 1/8 x 12

12/7,5 x 12 = 19,2

steam = 0,0677 lb/ft^3

= 0,0677/62,5 = 0,00108

) = 19,25/12 = 1,604

$Ps = \frac{f \quad Gs^2 \quad ID \quad (N + 1)}{5,22.10^{10} \quad De \quad s \quad \Phi s}$

$= \frac{0,015 \quad (22,545)^2 \quad 1,604 \quad 19,2}{5,22.10^{10} \quad 0,06 \quad 0,00108 \quad 0,931}$

= 4,038 *psi*

Pada tw = 142,84^{0}F

μw = 1,49

$\phi s = \left(\frac{\mu}{\mu w}\right)^{0,14} = \left(\frac{1,147}{1,49}\right)^{0,14}$

= 0,9975

hio' = 0,9975 x 56,378

= 56,237

Tube, Larutan H_2SiF_6

Nret = 16912,66

f = 0,00027

ρ Larutan H_2SiF_6 = 61,25/62,5 = 0,98 lb/ft^3

s = 0,156

$\Delta Pt = \frac{f \quad Gs^2 \quad ID \quad Ln}{5,22.10^{10} \quad De \quad s \quad \Phi s}$

$= \frac{0,00027 \quad (40756,744)^2 \quad 12 \quad 6}{5,22.10^{10} \quad 0,061 \quad 0,0156 \quad 0,9975}$

= 0,65 *psi*

$\frac{v}{2g'} = 0,023$

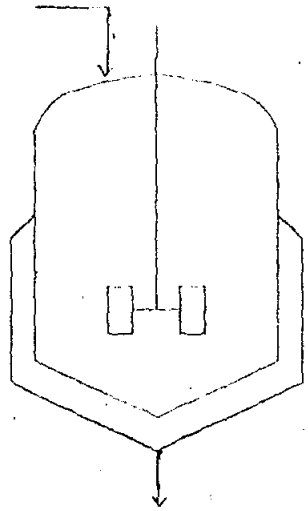
$\Delta pt = \frac{2 \quad n \quad v}{s \quad 2g'}$

$= \frac{4 \quad 6}{0,156} \quad 0,023 = 3,5 \; psi$

ΔPT = 7,5

Memenuhi < 10 Psi

6. REAKTOR (R-120)



Fungsi : Sebagai tempat terjadinya reaksi campuran $Al_2O_3.3H_2O$ dengan larutan H_2SiF_6

Type : Stirred Tank Reactor (STR) dilengkapi dengan jaket pemanas.

Perhitungan :

ρ camp = 1,182 Kg/l

Pada 90°C = 1,182 x 0,96531x (2,20458 / 0,03531) 71,2381 lb/cuft

$$\text{Volume reaktor} = \frac{327149,965}{0,4536x71,2381} = 10124,218 \ cuft/hari = 7,03 \ cuft/20 \ min$$

Allowance antara 70-90%, ditetapkan 80%, maka:

$$\text{Volume rektor} = \frac{7,03}{0,8} = 8,78 \ cuft$$

Volume dish bottom + dish head $\frac{2\pi \ \pi \ D^3}{24}$

$= 2 \times 0,130833 D^3 = 0,26166 D^3$

$$\text{Volume dish bottom} = \text{Volume dish head} = \frac{0,26166D^3}{2} = 0,130833 \ D^3$$

Volume shell = 8,78 – 0,26166 D^3

Penentuan diameter reaktor

Tinggi liquid di sheel = B ft

Tinggi total liquid = Tinggi liq di dish bottom + Tinggi liq di shell

Tinggi liquid dish = Tinggi dish = ¼ D (Hesse, hlm 92)

Maka total tinggi liq = ¼ D + B = 1 D

B = 0,75 D

Tinggi liquid di shell = Volume liquid di shell / Luas

$$= \frac{8,78 - 0,26166 \; D^3}{1/4 \; D^2 \; \pi}$$

0,75 D = 11,18 D^{-2} – 0,1666D

Maka persamaan menjadi:

0,9166 D = 11,18 D^{-2}, persamaan ini dikalikan D^2 menjadi:

0,9166 D^3 = 11,18

D = 2,3 ft = 27,63 in = 69,9 cm

Penentuan tinggi reaktor

Tinggi liquid di dish = 0,75 D

= 0,75 (2,3) ft = 1,725 ft = 20,7 in = 52,57 cm

Tinggi liquid dish = Tinggi dish = ¼ D

= ¼ (2,3) ft = 0,57 ft = 6,9 in = 17,524 cm

Tinggi liquid total = (1,725 + 0,57) ft = 2,295 ft = 27,54 in = 69,94 cm

= Diameter reaktor (sesuai)

Volume shell = 8,18 – 0,26166 D^3

$$\textit{Tinggi shell} = \frac{8,18 - 0,26166 D^3}{\frac{1}{4} \; \pi \; D^2}$$

$$= \frac{26,36 - 0,26166 D^3}{0,785 \; D^2}$$

= 11,18 D^{-2} – 0,333 D

Harga D = 2,3 ft dimasukkan:

Maka tinggi shell = 11,8 D^2 − 0,333 D

= 1,34 ft = 16,17 in = 41,06 cm

Tinggi total reaktor = (1,34 + (2 x 0,57)) = 2,48 ft

Luas dish head = Luas dish bottom

A = 1,09 D^2

= 1,09 $(2,3)^2$ = 5,76 ft^2 = 830,31 in^2

Penentuan tekanan, tebal, ier

a. Penentuan tekanan design

Tinggi liq total maksimum = Tinggi total reaktor = 2,48 ft

Tekanan total = Tekanan Operasi + Tekanan hidrostatik

Tekanan hidrostatik = $\frac{\rho H}{144} = \frac{71,2381 \times 2,48}{144} = 1,22 \ lb/in^2$

Tekanan operasi = Tekanan udara luar

Tekanan design = 20% berlebih (Rase and Barrow, hlm 208)

P = 1,2 x 1,22 = 1,47 lb/in^2

b. Penentuan tebal shell

Bahan : Carbon Stell

Untuk sambungan digunakan Double Welded Joint dengan e = 0,8

$$Ts = \frac{P \ D}{2 \ fe - P} + C$$

$$= \frac{1,47 \ x \ (2,3x \ 12)}{2x \ 12750x \ 0,8 - 1,47} + 1/8$$

= 0,126 *in*

Check terhadap tebal minimum (Hesse, pers 4-4)

$$t\min = \frac{D + 100}{1000} = \frac{(2,3x \ 12) + 100}{1000} = 0,127 \ in$$

Maka dipilih tebal shell = 3/16 = 0,1875 in

Do = Di + 2 (0,1875)

= ((2,3 x 12) + (2 x 0,1875)) m

= 27,97 m = 2,33 ft

c. Penentuan tebal head

Untuk ellipsoidal dish, menurut Hesse pers 4 4

$$Ts = \frac{P \quad D}{2 \quad fc} + C$$

$$= \frac{1,47 \quad x \quad (2,3x \quad 12)}{2x \quad 12750x \quad 0,8} + \frac{1/}{8}$$

= 0,126 *m*

Untuk keamanan dipilih tebal 0,1875 m

Pemilihan Sistem Pengaduk

Dipilih jenis pengaduk Turbin flat six Blade dengan Baffle Perbandingan antara tangki dengan diameter tangki = 1: 3, maka diameter impeller :

2,3 x 12 / 3 = 9,2 m = 0,23 m = 0,76 ft

Direncanakan putaran pengaduk 300 rpm = 5 rps

Check ; V = π x D x N

= π x 0,23 x 300/menit

294 m/menit

Untuk Turbin V = 200 – 300 m/menit, maka memenuhi syarat

Penentuan jumlah lengan pengaduk

$$\text{Jumlah lengan pengaduk} = \frac{\text{Tinggi liquid x} \quad \text{sg}}{\text{Diameter tangki}}$$

$$\frac{2,3 \quad 71,2381 \quad 62,4}{2,3} \quad 1,14 \text{ buah}$$

Ditetapkan 2 buah pengaduk

Power pengaduk

$$N_{Re} = \frac{D^2 \; N \; \rho}{\mu}$$

Keterangan :

D = Diameter pengaduk = 1,076 ft = 9,2 in

N = 300 rpm = 5 rps

ρ = 71,828 lb/cuft

μ = 0,615 cps = $4,13 \times 10^{-4}$ lb/ft sec

$$N_{Re} = \frac{(0,76)^2 \; 5 \; 71,828}{4,13.10^{-4}} = 502274,24 \; N_{Re} > 10^4$$

Tenaga penggerak untuk Nre > 10^4

$$\text{Power} = \frac{D^5 \; Np \; \rho \; n^3}{550 \; gc}$$

$$= \frac{1,3 \; 71,828 \; 4^3 \; (0,76)^5}{550 \; 32,2} = 0,385 \; Hp$$

Efisiensi motor penggerak 80%, maka tenaga penggerak

$$Hp = \frac{0,385}{0,8} \; Hp$$

$$= 0,481 \; Hp$$

Untuk keamanan digunakan 1 Hp

Menentukan sistem pemanas

Diameter impeller = 0,76 ft

Konduktifitas larutan = 0,34 Btu/j. ft^2.^{0}F/ ft (Kern, tabel 4)

Viskositas = 4,84 lb/ft.j

N = 5 rps = 14400 Rphr

ρ = 71,828 lb/cuft

Cp = 0,7 btu/lb ^{0}F

Menentukan koefisien perpindahan panas

Untuk pemanas yang dilengkapi pengaduk, digunakan pers 20.5 a, Kern, hlm 723

$$\text{Heating} = hc = \frac{0{,}00285\ D^2\ N\ \rho}{\mu}$$

hc = 0,00285 (540306) = 1540 btu/. ft^2 ^{0}F

Untuk steam : hio = 1500 btu/j ft^2 ^{0}F

$$Uc = \frac{Hc \times hio}{Hc + hio}$$

$$= \frac{1540 \times 1500}{1540 + 1500} = 760 \ \frac{btu/}{/\ ft^2\ ^0F}$$

Rd = 0,001 hhd = 1/0,001 = 1000 (Kern, hhlm 845)

$$Ud = \frac{Uc \times hd}{Uc + hd}$$

$$= \frac{760 \times 1000}{760 + 1000} = 432 \ \frac{btu/}{/\ ft^2\ ^0F}$$

Waktu pemanasan = 20 menit = 0,33 jam

Suhu bahan masuk = 30^{0}C = 86^{0}F = t1

Suhu bahan keluar = 90^{0}C = 194^{0}F = t2

Ssuhu steam = 190^{0}C = 338^{0}F = T1

Panas yang dibutuhkan = 1289396,088 Kkaal/hari = 213193,797 btu/jam

$$\ln \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_2} = \frac{U\ A\ \Phi}{M\ C}$$

$$\ln \frac{338 - 86}{338 - 194} \quad 432 \quad A \quad 0{,}33$$

$$\ln \frac{162}{54} = \frac{86{,}625\ A}{15858{,}234}$$

1,098 = 0,059 A

A = 18,39 ft^2

Digunakan jacket pemanas

Luas Dish Bottom $A = 1,09\ D^2$

$= 1,09\ (2,3)^2$

$5,76\ ft^2$

Luas jacket di shell $= (18,39 - 5,76)\ ft^2$

$= 12,63\ ft^2$

$$\text{Tinggi Jacket di shell} = \frac{\text{Luas jacket di shell}}{\text{Keliling silinder}}$$

$$= \frac{12,63}{\pi \quad D} = \frac{12,63}{\pi \quad 2,3} = 1,749 \quad ft$$

Jadi spesifikasi reaktor

a. Type : Stirred Tank Reactor (STR) dilengkapi dengan jacket pemanas

b. Kapasitas : 197,199 gallon

c. Dimensi : -. Diameter reaktor = 2,03 ft

-. Tinggi reaktor = 2,48 ft

-. Tebal shell = 3/16 in

-. Tebal dished = 0,1875 in

d. Tekanan design : $1,47\ lb/in^2$

e. Putaran pengaduk : 4 rps

f. Jacket pemanas : -. Luas Jacket di Shell = $12,63\ ft^2$

-. Tinggi Jacket di Shell = 1,749 ft

g. Tenaga penggerak : 1 Hp

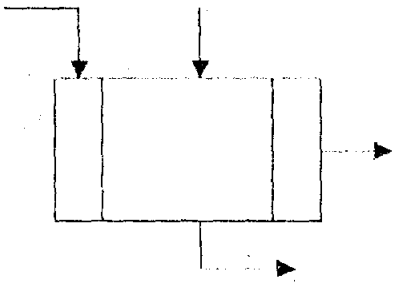
h. Tinggi Liquid : 2,295 ft

i. Tinggi reaktor : 2,48 ft

j. Bahan konstruksi : Carbon Stell

k. Jumlah : 1 buah

7. CENTRIFUGE (H-121)



Fungsi : untuk memisahkan cake dari filtrat nya

Jumlah cake = 29105,576 kg / hari

= 29,106 ton/hari = 1,213 ton / jam

Densitas cake = 108,87 lb/cuft

Jumlah filtrat = 385361,115 kg / hari = 16,05 ton / jam = 35398,63 lb / jam

Densitas filtrat = 69,717 lb / cuft

Dasar pemilihan sesuai dengan Perry edisi V halaman 19-89

Perhitungan :

$$\text{Volume filtrat} = \frac{35398{,}63 \text{ lb / jam}}{69{,}717 \text{ lb / cuft}} = 507{,}747 \text{ cuft / jam}$$

= 3798,458 galon / jam = 63,31 gallon / menit ≈ 64 Gpm

Jumlah alat didasarkan jumlah filtrat

Dari Perry edisi V tabel 19-29 didapat jumlah filtrat 25 - 150 gpm

Rata - rata jumlah filtrat = (150 + 25) / 2 = 57,5 gpm

Jumlah alat untuk 24 jam kerja = (64 / 87,5) gpm = 0,73 buah ≈ 1 buah

Didasarkan jumlah cake

Dari Perry edisi V tabel 19-29 jumlah cake 0,4 - 4 ton / jam

$$\text{Rata - rata jumlah cake} = \frac{4 + 0{,}4}{2{,}2} = 2{,}2 \text{ ton / jam}$$

$$\text{Jumlah alat} = \frac{1{,}213 \text{ ton / jam}}{2{,}2 \text{ ton / jam}} = 0{,}55 \text{ buah} \approx 1 \text{ buah}$$

untuk cadangan dan lain - lain maka digunakan 2 buah

Spesifikasi lainnya sesuai dengan tabel 19 - 29

Type : Nozzle discharge centrifuge

Diameter bowl 16 in

Speed : 6250 rpm

Filtrat output : 25 - 150 gpm

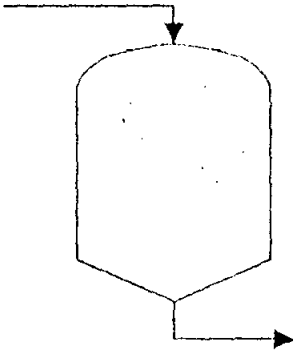
Cake output : 0,4 - 4 ton / jam

Tenaga penggerak : 40 Hp

Bahan : Steel

Jumlah : 2 buah

8. TANGKI PENAMPUNG SEMENTARA (F-122)



Fungsi : menampung larutan hasil centrifuge

Type : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standart dished dan tutup bawah Berbentuk konis

Kondisi operasi : suhu masuk 77^{0}F

Tekanan 1 atm

Perhitungan :

Waktu tinggal = 5 jam

Laju alir larutan 385361,115Kg/ hari 849567,11lb/ hari

Jumlah larutan dalam tangki = 849567,11lb

ρ larutan 69,72 lb/ft^3

Volume larutan = M/ρ = 849567,11lb / 87,54 = 12216,077 ft^3

Volume liquid Volume shell + Volume konis

12216,077 = ¼ π D^2 H + π D^3 / 24 tg 45^0

12216,077 0,78 D^3 + 0,13 D^3

12216,077 = 0,910 D^3

H D 23,766 ft

$$\text{Tekanan operasi} = \frac{\rho H}{144} = \frac{69,72 \times 23,766}{144} = 11,478 \ lb/in^2$$

P design = 1,5 x Poperasi

= 1,5 x 11,478 = 17,217 Psi

Bahan : Carbon Stell

Untuk sambungan digunakan Double Welded Joint dengan e 0,8

$$Ts = \frac{P \ D}{2 \ fe - \ P} + C$$

$$= \frac{17,217 \ x \ (23,766x \ 12)}{2x \ 12750x \ 0,8 - \ 17,217} + \ 1/8$$

= 0,365 *in*

Diambil tebal standar = 0,5 in

Tebal tutup atas = tabal tutup bawah 0,5 in

Jadi spesifikasi tangki penampung sementara :

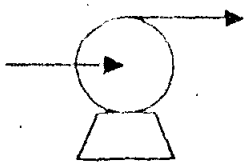
a. Type : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standart dished dan tutup bawah Berbentuk konis

b. Diameter shell : 23,766 ft

c. Tebal shell : 0,5 in

d. Bahan konstruksi : Carbon stell

9. [illegible] PUMP (L-123)



Fungsi : Memompa filtrat dari centrifuge silika menuju evaporator

Perhitungan :

ρ : 69,72 lb/cuft

μ : 2,7 cps

kebutuhan perhari = 385361,115 kg

satu kali batch = 6 jam. Jadi jumlah batch dalam 1 hari = 24/6 = 4 batch/hari

Jumlah massa tiap pemompaan = 385361,115 / 4 = 96340,3 kg/batch

Rate pemompaan = 60/90 x 96340,3 kg/jam

= 64226,85 kg/jam = 64226,85/ (0,45359 x 69,72) cuft/jam

= 15237,3 gallon/jam = 253 gpm

ID optimum $= 3,9\ (Q)^{0,45}\ (\rho)^{0,13}$

$= 3,9\ (0,6)^{0,45}\ (69,72)^{0,13}$

= 9,8 in

Maka dipilih ID optimum = 10 in sch 40

OD = 10,75 in = 0,89ft Luas penampang = 0,55 ft

ID = 10,02 in = 0,84 ft

Kecepatan aliran

Kecepatan aliran mula-mula, $V_1 = 0$

$$V_2 = \frac{0,6}{0,55} = 1,1 \, ft/\det ik$$

$$N_{Re} = \frac{D \; V \; \rho}{\mu} = \frac{0,84 \; x \; 1,1 \; x \; 69,72}{2,7 \; x \; 1,62.10^{-4}} = 146545,31 > 2100$$

Maka aliran Turbulen

Dipilih pipa komersial steel (e 0,00015)

Didapat e/d = 0,00051 ; f = 0,024

Panjang pipa lurus 110 ft , 3 buah elbow 90° , Le/D 30

Le 3 x 30 x 0,84 ft 75,6 ft

Total panjang equivalent 185,6 ft

Z_1 = 2 ft ; Z_2 = 32 ft; ΔZ = 30 ft

P_1 = 1 atm; P_2 1 atm, ΔP 0

a. Friksi karena gesekan dalam pipa (Peter,hlm 483)

$$f = \frac{2x \; fx \; V^2x \; L}{gcx \; D}$$

$$= \frac{2x \; 0,024x \; 1,1^2x \; 185,6}{32,17x \; 0,84} = 0,4 \; ft$$

b. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$fc = \frac{Kcx \; V^2}{2x \; \alpha x \; gc}$$

$$= \frac{0,5x \; 1,1^2}{2x \; 1x \; 32,17} = 0,0094 \; ft$$

c. Friksi karena perluasan (Enlargement)

Aliran turbulent, maka α = 1

$$fc = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2x \; \alpha x \; gc}$$

$$= \frac{(1,1 - 0)^2}{2x \; 1x \; 32,17} = 0,019 \; ft$$

ΣF = 0,4 + 0,0094 + 0,019 = 0,43 ft

Dari Peters, hlm 487

$$Z_2 - Z_1 + \frac{V_2^2}{2x\ \alpha x\ gc} - \frac{V_1^2}{2x\ \alpha x\ gc} + P_2V_2 - P_1V_1 + \Sigma F = W_0$$

$P_1 = P_2$ = Tekanan atmosfir ; V_1 = V_2 (Liquid dianggap non compressible)

Maka : $P_2 V_2 - P_1 V_1 = 0$; Persamaan menjadi :

$$Z_2 - Z_1 + \frac{V_2^2}{2x\ \alpha x\ gc} - \frac{V_1^2}{2x\ \alpha x\ gc} = W_0 - \Sigma F$$

V_2 = 1,1 ft/detik ; V_1 = 0 ; ΔV = 1,1 ft/detik

1 x 20 + $(1,1)^2$/(2 x 32,17) + 0,43 = dW_0

dW_0 = 20,45 x 1 ; dari Peter ,hlm 520 didapat

$$Hp = \frac{Hx\ Sgx\ gpm}{3960}$$

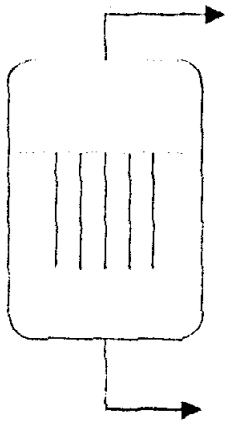
Efisiensi pompa dengan 253 gpm = 70%, maka:

$$Hp = \frac{20,45x\ 1,36x\ 253}{3960x\ 0,7} = 2,54\ Hp$$

Spesifikasi Cebtrifuge Silika Pump:

a. Diameter pipa : 10 in sch 40
b. Rate : 253 gpm
c. Power : 3 Hp
d. Jenis : Centrifugal
e. Bahan : Carbon Steel
f. Jumlah : 1

10. EVAPORATOR (V-130)



Fungsi : Untuk menguapkan air dari larutan AlF_3 menjadi larutan pekat pada 90°C

Type : Long tube evaporator

Perhitungan:

Berat akhir larutan 369393,044 Kg/hari = 844363,9048 lb/hari

Digunakan 1 buah alat, jadi tiap alat = 844363,9048 lb/hari

Vapour velocities (Kecepatan uap) = 0,3 ft/sec (Hugot)

Uap air yang harus diuapkan = 15968,071 Kg/hari

= 352660,89 lb/hari

= 4,0817 lb//dt

ρ larutan = 69,72 lb/cuft

Volume larutan pekat = (844363,9048 /69,72) cuft = 12141,259 cuft

Density uap air pada 90°C = 194°F dan tekanan 1 atm = 0,019 lb/cuft

Uap air yang harus diuapkan = 4,0817 / 0,019 = 214,826 cuft/dt

Luas permukaan larutan = Volume / Vapour velocities

= 214,826 / 0,3 = 716,087 ft^2

Mencari jari-jari evaporator :

Luas = 716,087 ft^2 = πR^2

R = 15,097 ft

D = 2 x 15,097 = 30,195 ft

Volume Dish $= \frac{\pi}{24} D^3 = \frac{\pi}{24} (30,195)^3 = 3603,73 \ ft^3$

Volume silinder isi larutan pekat $= (12141,259 - 3603,73) \ ft^3$

$= 8537,521 \ ft^3$

Tinggi silinder isi larutan pekat $= 8537,521 / 716,087 = 11,922 \ ft$

Allowance 75%, maka tinggi $= 11,922 / 0,75 = 15,896 \ ft$

Tinggi dish H $= \frac{1}{4} D$

$= \frac{1}{4} (30,195) = 7,548 \ ft$

Luas dish A $= 1,09 D^2$

$= 1,09 (30,195)^2 = 993,79 \ ft^2$

Tinggi total bejana $= 15,896 + (2 \times 7,548) = 30,992 \ ft$

Tinggi liquid dalam tangki $= (11,922 + 7,548) \ ft = 19,47 \ ft$

Tekanan hidrostatik $= \frac{\rho H}{144} = \frac{69,72 \times 19,47}{144} = 7,83 \ lb/in^2$

Tekanan design $=$ 20% berlebih

$= 1,2 \times 7,83 = 9,4 \ lb/in^2$

Untuk sambungan digunakan Double Welded Joint dengan e = 0,8

Tebal shell

$$ts = \frac{P \ D}{2 \ fe - P} + C$$

$$= \frac{9,4 \ x \ (30,195x \ 12)}{2x \ 12750x \ 0,8 - 9,4} + \frac{1}{8}$$

$= 0,143 \ in$

Tebal head

$$Ts = \frac{P \quad D}{2 \quad fe} + C$$

$$= \frac{9,4 \quad x \quad (30,195 x \quad 12)}{2x \quad 12750 x \quad 0,8} + \quad 1/8$$

$$= 0,143 \quad in$$

Diambil ¼ in, untuk faktor keamanan

Check terhadap tebal minimum (Hesse, pers 4-4)

$$t\,min = \frac{D \quad + \quad 100}{1000} = \frac{(30,195 x \quad 12) + \quad 100}{1000} = \quad 0,46 \quad in$$

Maka dipilih tebal shell ½ 0,5 in

Pemilihan Sistem Pengaduk

Dipilih jenis pengaduk Turbin flat six Blade dengan Baffle Perbandingan antara tangki dengan diameter tangki 1: 3, maka diameter impeller

30,195 x 12 / 3 120,78 in 3,066 m

Direncanakan putaran pengaduk 30 rpm = 0,5 rps

Check : V = π x D x N

= π x 3,066 x 30/menit

= 288,96 m/menit

Untuk Turbin V = 200 300 m/menit, maka memenuhi syarat.

Steam pemanas

Entalpi yang harus ditambahkan = 2189391,993 Kj/hari

= 91224,66 Kj/jam = 86463,96 Btu/jam

Suhu bahan masuk = 170,6°F

Suhu bahan keluar 194°F

Suhu steam = 338°F

$$A = \frac{Q}{U \quad \Delta T} = \frac{86463,96}{250 x \quad (338 \quad - \quad 170,6)} = \quad 2,06 \; ft^2$$

Panjang tube diambil 5 ft; a" = 0,917 ft²/liner

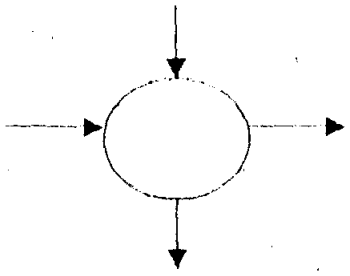
Diameter tube = 3 in

Jumlah tube = 2,06 / 0,917 = 4,8 buah = 5 buah

Jadi spesifikasi Evaporator :

a.	Type	: Long-Tube Evaporator
b.	Tebal dinding	: ½ in
c.	Tebal dish	: ⅜ in
d.	Tinggi total	: 33,536 ft
e	Diameter	: 30,195 ft
f.	Jumlah tube	: 5
g.	Bahan konstruksi	: Stainless Steel

11. [illegible] **BAROMETRIC CONDENSER (E-131)**



Fungsi : Untuk mengkondensasi gas H_2O yang ada dengan menggunakan air Pendingin

Type : Direct Conttact Counter Currentt Barometric Condenser

Perhitungan

Dari Perry edisi V, hlm 11-36, pers 11-3

$$W = \frac{V\ (Hv - (T_2 - 32))}{T_2 - T_1}$$

Dimana :

W = Water flow, lb/jam

V = Vapour flow, lbb//jam = 15968,071 Kg/hari = 1466,8 lb/jam

Hv = Entalpi vapour, pada 90^{0}C = 1150,4 Btu/lb

T1 = Suhu air masuk Konndenser = 86^{0}F

T2 = Suhu air keluar Konndenser = 140^{0}F

$$W = \frac{1466,8\ (1150,4 - (140 - 32))}{140 - 86}$$

$$= 28314,67\ {}^{lb}/_{jam} = 11,467\ {}^{m^3}/_{hari} = 0,112\ {}^{ft^3}/_{dt}$$

ID optimum water inlet (c) = $3,9\ (Q)^{0,45}\ (\rho)^{0,13}$

$3,9\ (0,112)^{0,45}\ (69,545)^{0,13}$

2,53 in

Digunakan pipa 3 in sch 40

Dari Foust, hlm 724 didapat

OD = 3,5 in; ID = 3,068 in

Data dari Bernardin, hlm 537 didapat :

Diameter gas inlet : 150 mm

Diameter water outlet : 80 mm

Diameter condenser : 350 mm

Tinggi condenser : 1000 mm

adi spesifikasi Alat : Evaporator Barometric Condenser]

a. Kapasitas H_2O :0,112 m^3/ jam
b. Diameter gas inlet : 150 mm
c. Diameter condenser : 350 mm
d. Diameter water inlet : 3,5 in
e. Diameter water outlet : 80 mm
f. Tinggi condenser : 1000 mm
g. Bahan konstruksi : Carbon stell

h. Jumlah : 1 buah

12. EXHAUST FAN (G-132)

Rate gas H2O maksimum : 15968,071 Kg/hari = 665,336 Kg/jam
= 24,44 lb/menit

Temperatur gas maksimal : 100^0 C = 212^0F

$$\frac{P\ V}{Ps\ Vs} = \frac{n\ T}{ns\ Ts}$$ (Felder,hlm171)

1 lbmol gas ideal pada suhu 492^0F, 1 atm mempunyai volume 359 ft^3

Maka $\rho gas = \frac{18}{359} \times \frac{14,7}{14,7} \times \frac{492}{672}\ lb/cuft = 0,0367\ lb/cuft$

Rate gas = 24,44 lb/menit : 0,0367 lb/cuft = 666,121 cuft//menit

P2 - P1 = max = 1,5

Tenaga Penggerak fan = $\frac{144 \times Q \times (P2 - P1)}{33000}$ (Perry ed V,hlm6-20)

Tenaga Penggerak fan = $\frac{144 \times 666,121 \times (1,5)}{33000} = 4,36\ Hp$

Efisiensi 78% (Vilbrandt, hlm149)

Tenaga penggerak = 4,36 : 0,8 = 5,58 Hp

Digunakan tenaga penggerak = 6 Hp

Jadi spesifikasi AlF_3 Evaporator Exhaust Fan :

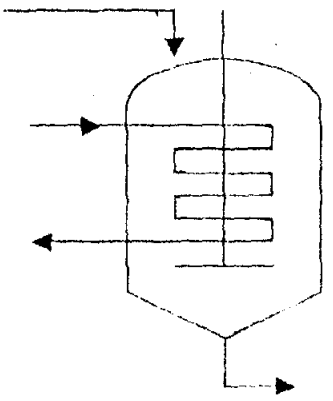
Rate gas : 666,121 cuft/menit

Tenaga penggerak : 6 Hp

Bahan : Carbon steel

Jumlah : 1

13. CRISTALLIZER (M-140)



Fungsi = mengkristalkan AlF_3 dengan cara pendinginan

Type = silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standart dished dan tutup bawah berbentuk konikal (angle 90^0) serta dilengkapi coil pendingin.

Cycle operasi :

Waktu pengisian = 30 menit

Waktu pendinginan dan kristalisasi = 105 menit

Waktu pengosongan = 30 menit

= 3 jam / batch

Dasar pemilihan = beroperasi pada P atmosfir

Kondisi operasi :

Suhu liquida masuk (T_1) = 90^0 C = 194^0 F

Suhu liquida keluar (T_2) = 35^0 C = 95^0 F

Suhu air pendingin masuk (t_1) = 30^0 C = 86^0 F

Suhu air pendingin keluar (T_2) = 45^0 C = 113^0 F

Massa liquida (M) = 369393,044 kg/hari = 32932,35 lb/jam

Massa air pendingin (m) = 749141,4926 kg/hari = 31214,228 lb/jam

Sistem operasi = semi kontinyu.

Perhitungan :

$$\text{Volume liquida} = \frac{\text{Kapasitas / batch}}{\text{Densitas larutan}}$$

$$\frac{98797,05}{87,54} \text{ cuft} = 1128,56 \text{ cuft}$$

Ditetapkan H = D

Volume liquida = $0,785 . D^2 . H + 3,14 . D^3 / 24 \tan. 45^0$

$= 0,785\ D^3 + 0,131\ D^3$

$1128,55 \text{ cuft} = 0,916\ D^3$

$D = 10,72 \text{ ft} \approx 11 \text{ ft}$

$$P_{operasi} = \frac{\rho \times H}{144} = \frac{87,54 \times 11}{144} = 6,68 \text{ psi}$$

Pdesign = 1,5 x P operasi = 1,5 x 668 psi = 10,03 psi

Bahan konstruksi = carbon steel (f = 16.000 psi).

$$t_s = \frac{P \times D}{2(fE - 0,6\ P)} + C = \frac{10,03 \times 11 \times 12}{2\ (\ 16000 \times 0,85\ -0,6 \times 10,03\ )} + 0,125$$

$= 0,175$ in

Dipilih tebal tutup bawah = 3/6 in

Tebal tutup atas diambil = tebal tutup bawah = 3/16 in

Menghitung pengaduk

Digunakan pengaduk jenis six blade turbine

Diameter impeler (Da) = 1/3 Dtangki = 11/3 ft = 3,67 ft ≈ 4 ft

Kecepatan impeler = 115 rpm

Kecepatan periperal antara 200 - 250 m/menit (Mc. Cabe)

Kecepatan periperal = 3,14 x 0,6096 x 115 = 220,12 m/menit (menit)

μ campuran = 2,3843 cps = $1,6022 . 10^{-3}$ lb/ft.s

$$Nre = \frac{\rho \text{ larutan} \times N \times Da}{\mu} = \frac{87{,}54 \times 115/60 \times 4^2}{1{,}6022 \times 10^{-3}} = 1675546{,}124$$

Dari gambar 9-12 Mc. Cabe didapat Np = 6

$$\text{Jumlah impeler} = \frac{Sg \cdot H}{D} = \frac{\rho \text{ larutan} / 62{,}4 \times H}{D}$$

$$= \frac{87{,}54 / 62{,}4 \times 11}{11} = 1{,}4 \text{ buah impeler}$$

$$\text{Power} = \frac{Np \times \rho \times N^3 \times Da^5}{gc} = \frac{6 \times 87{,}54 \times (115/60)^3 \times 4^5}{32{,}17}$$

$$11771{,}89 \text{ ft lb/s} = 21{,}4 \text{ Hp}$$

Power untuk 1 buah impeler = 21,4 x 1 = 21,4 Hp

Gland losses = 10 % x power = 2,14 Hp

Power input = Power + Gland losses = 21,4 + 2,14 = 23,54 Hp

Transmission sistem losses = 20 % x Power input = 4,7 Hp

Total power = Power input + transmission sistem losses = 28,24 Hp

Menghitung dimensi coil

Rate air pendingin = 749141,4926 kg/hari = 31214,228 kg/jam

ρH_2O pada 22,5 ^{0}C = 997,656 kg/m^3 = 62,28 lb/cuft

Tc = 0,5 (T_1 + T_2) = 0,5 (194 + 95)^{0}F = 144,5 ^{0}F

tc = 0,5 (t_1 + t_2) = 0,5 (86 + 113) ^{0}F = 99,5 ^{0}F

Rate volumetric air pendingin = 31214,22886 / 997,656 = 31,28 m^3/jam

= 0,367 cuft / s

Dipakai pipa berukuran 2,5 in sch 40 jenis pipa carbon steel

ID = 2,469 in

OD = 2,88 in

Flow area perpipe = 4,79 in ^{2}= a " = 0,753 (Kern hal. 844)

Bagian pipa (air pendingin) Bagian Vessel (larutan AlF_3)

$$V = \frac{\text{Rate volumetrik air pendingin}}{4,79 / 144}$$

hi = 1500 x 0,78 = 1170 btu / jam. Ft^2. F

(Kern fig. 25)

Trial = ho = 150 /jam. Ft^2 F

$$tw = tc + hio/(hio + ho)\ x(Tc - tc)$$

$$= 99,5 + \frac{1259,3}{1259,3 + 150}\ (144,5 - 99,5)$$

$= 139,71\ ^0$F

Untuk liquid

$\Delta t = tw - tc = 139,71 - 99,5$

$= 40,21\ ^0$F

do = 2,88 in

$\Delta t/do = 13,96$

tf = 0,5 (Tw - tc)

= 0,5 (139,71 + 99,5)

$= 119,605\ ^0$F

Dililitan = 3/4 x 11 x 16 = 132

Hi coil $hi_{pipa\ luar}(1 + 3,5.\ d_{coil}/\ d_{lilitan})$

(Kern fig. 25)

= 1170 (1 + 3,5 . 288/132)

= 1259,3 btu/jam.ft^2.^{0}F

$$Uc = \frac{ho\ .\ hi\ coil}{ho + hi\ coil} = \frac{150\ x\ 1259,3}{150 + 1259,3}$$

= 134,03 btu / jam. $Ft^2.^0$F

Rd gabungan diambil = 0,003

$$Ud = \frac{1}{0,003 + 1/134,03} = 95,53 \text{ btu / jam. } Ft^2.^0F$$

$$\Delta T = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln (T_1 - t_2)/(T_2 - t_1)} = \frac{(194 - 113) - (95 - 86)}{\ln (194 - 113)/(95 - 86)} = 32,768$$

$$A = \frac{Q/24}{U_D \cdot \Delta T_{LMTD}} = \frac{4120278,9/24}{95,53 \times 32,768} = 54,81 \text{ ft}^2$$

Panjang pipa = A/ a" = 54,81 /0,753 = 72,79 ft

Banyak lilitan (n_c) = Panjang pipa / 3,14 D_{bhom}

= 72,79 / 3,14 x 11 = 2,11 ≈ 2

$$Lc = \{(n_c - 1)(h_c + do)\} + do$$

$$\{(2-1)(2 + 2,88)\} + 2,88$$

7,76 in = 0,647 ft

$$Lls = \frac{V_{liquid} \cdot 3,14/24 \times di^2/tg\ \alpha}{3,14/4 \times di^2}$$

$$= \frac{1128,55 \cdot 3,14 \times 11^2/tg\ 45}{3,14/4 \times 11^2}$$

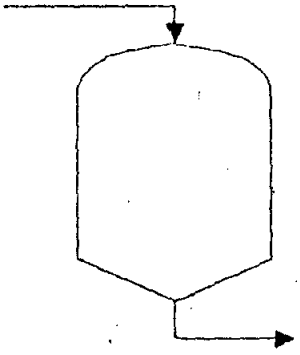
10,04 in

Lc < Lls maka memadai

Bahan konstruksi carbon steel

Jumlah = 1 buah

14. TANGKI PENAMPUNG SEMENTARA (F-141)



Fungsi : menampung larutan hasil kristalisasi

Type : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standart dished dan tutup bawah Berbentuk konis

Kondisi operasi : suhu masuk = 30^0F

Tekanan = 1 atm

Perhitungan :

Waktu tinggal = 1 jam

Laju alir larutan = 369393,044 Kg/ hari = 814363,9048 lb/ hari

Jumlah larutan dalam tangki = 814363,9048 lb

ρ larutan = 87,54 lb/ft^3

Volume larutan = M/ρ = 814363,9048 / 87,54 = 9302,76 ft^3

Volume liquid = Volume shell + Volume konis

9302,76 = ¼ π D^2 H + π D^3 / 24 tg 45^0

9302,76 = 0,78 D^3 + 0,13 D^3

9302,76 = 0,910 D^3

H = D = 21,703 ft

$$\text{Tekanan operasi} = \frac{\rho H}{144} = \frac{87{,}54 \times 21{,}703}{144} = 13{,}193 \ lb/in^2$$

P design = 1,5 x Poperasi

= 1,5 x 13,193 = 19,79 Psi

Bahan : Carbon Stell

Untuk sambungan digunakan Double Welded Joint dengan e = 0,8

$$Ts = \frac{P \ D}{2 \ fe - P} + C$$

$$= \frac{19{,}79 \times (21{,}703 \times 12)}{2 \times 12750 \times 0{,}8 - 19{,}79} + 1/8$$

= 0,314 *in*

Diambil tebal standar = 0,5 in

Tebal tutup atas = tabal tutup bawah = 0,5 in

Jadi spesifikasi tangki penampung sementara :

a. Type : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standart dished

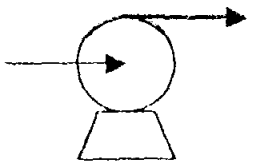
dan tutup bawah Berbentuk konis

b. Diameter shell : 21,703 ft

c. Tebal shell : 0,5 in

d. Bahan konstruksi : Carbon steel

15. [illegible] PUMP (L-142)



Fungsi : Memompa filtrat dari tangki penampung sementara menuju centrifuge

Perhitungan :

ρ : 88,09 lb/cuft

μ : 3,04 cps

kebutuhan perhari = 369393,044 kg

satu kali batch = 6 jam. Jadi jumlah batch dalam 1 hari = 24/6 = 4 batch/hari

Jumlah massa tiap pemompaan = 369393,044 / 4 = 92348,261 kg/batch

Rate pemompaan = 60/90 x 92348,261 kg/jam

= 61565,51 kg/jam = 61565,51/ (0,45359 x 88,09) cuft/jam

11560,04 gallon/jam = 192,7 gpm

Rate pemompaan = 0,42 cuft/ detik

= 192,7 gpm

ID optimum = $3,9\ (Q)^{0,45}\ (\rho)^{0,13}$

= $3,9\ (0,42)^{0,45}\ (88,06)^{0,13}$

= 4,72 in

Maka dipilih ID optimum = 5 in sch 40

OD = 5,563 in = 0,462 ft Luas penampang = 0,14 ft

ID = 5,047 in = 0,419 ft

Kecepatan aliran

Kecepatan aliran mula-mula, $V_1 = 0$

$$V_2 = \frac{0,42}{0,14} = 3 \; ft/det ik$$

$$N_{Re} = \frac{D \; V \; \rho}{\mu} = \frac{0,419x \; 3x \; 88,09}{3x \; 1,62.10^{-3}} = 224839,85 > 2100$$

Maka aliran Turbulen

Dipilih pipa komersial steel (e 0,00015)

Didapat $\epsilon/d = 0,0004$; $f = 0,007$

Panjang pipa lurus = 60 ft ; 4 buah elbow 90° ; Le/D 30

Le = 4 x 30 x 0,419 ft = 50,28 ft

Total panjang equivalent = 110,24 ft

Z_1 = 1 ft ; Z_2 = 21 ft; ΔZ = 20 ft

P_1 = 1 atm; P_2 = 1 atm; ΔP 0

a. Friksi karena gesekan dalam pipa (Peter,hlm 483)

$$f = \frac{2x \; fx \; V^2x \; L}{gcx \; D}$$

$$= \frac{2x \; 0,007x \; 3^2x \; 110,28}{32,17x \; 0,419} = 1,031 \; ft$$

b. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$fc = \frac{Kcx \; V^2}{2x \; \alpha x \; gc}$$

$$= \frac{0,5x \; 3^2}{2x \; 1x \; 32,17} = 0,07 \; ft$$

c. Friksi karena perluasan (Enlargement)

Aliran turbulent, maka α = 1

$$fc = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2x \ \alpha x \ gc}$$

$$= \frac{(3 - 0)^2}{2x \ 1x \ 32,17} = 0,14 \ ft$$

$\sum F$ = 1,031 + 0,07 + 0,14 = 1,24 ft

Dari Peters, hlm 487

$$Z_2 - Z_1 + \frac{V_2^2}{2x \ \alpha x \ gc} - \frac{V_1^2}{2x \ \alpha x \ gc} + P_2V_2 - P_1V_1 + \sum F = W_0$$

$P_1 = P_2$ = Tekanan atmosfir , $V_1 = V_2$ (Liquid diangap non compressible)

Maka $P_2 V_2 - P_1 V_1 = 0$; Persamaan menjadi :

$$Z_2 - Z_1 + \frac{V_2^2}{2x \ \alpha x \ gc} - \frac{V_1}{2x \ \alpha x \ gc} = W_0 \quad \sum F$$

V_2 = 3 ft/detik ; V_1 = 0 ; ΔV = 3 ft/detik

1 x 20 + $(3)^2/(2 \times 32,17)$ + 1,24 = dW_0

dW_0 = 21,38 x H ; dari Peter ;hlm 520 didapat:

$$Hp = \frac{Hx \ Sgx \ gpm}{3960}$$

Efisiensi pompa dengan 192,7 gpm = 70%, maka:

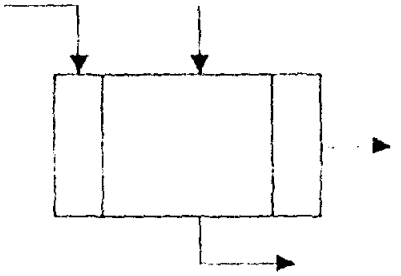
$$Hp = \frac{21,38x \ 1,36x \ 192,7}{3960x \ 0,7} = 2,17 \ Hp$$

Spesifikasi Cristallise AlF_3 Filtrat Pump:

a. Diameter pipa : 5 in sch 40
b. Rate : 192,7 gpm
c. Power : 2,5 Hp
d. Jenis : Centrifugal
e. Bahan : Carbon Steel

F. Jumlah : 1

16. [illegible] CENTRIFUGE (H-143)



Fungsi : untuk memisahkan kristal yang terbentuk dari cristallizer

Jumlah cake = 21869,204 kg / hari

= 0,911 ton / jam

Densitas cake = 120,53 lb/cuft

Jumlah filtrat = 150694,84 kg / hari = 6,279 ton / jam = 13842,85 lb / jam

Densitas filtrat = 62,65 lb / cuft

Dasar pemilihan sesuai dengan Perry edisi V halaman 19-89

Perhitungan :

$$\text{Volume filtrat} = \frac{13842{,}85 \text{ lb / jam}}{62{,}65 \text{ lb / cuft}} = 20{,}936 \text{ cuft / jam}$$

= 1652,82 galon / jam = 27,547 gallon / menit ≈ 28 Gpm

Jumlah alat didasarkan jumlah filrat

Dari Perry edisi V tabel 19-29 didapat jumlah filtrat 25 - 150 gpm

Rata - rata jumlah filtrat = (150 + 25) / 2 = 87,5 gpm

Jumlah alat untuk 24 jam kerja = (28 / 87,5) gpm = 0,32 buah ≈ 1 buah

Didasarkan jumlah cake

Dari Perry edisi V tabel 19-29 jumlah cake 0,4 - 4 ton / jam

Rata - rata jumlah cake $= \frac{4 + 0,4}{2} = 2,2$ ton / jam

Jumlah alat $= \frac{0,911 \text{ ton / jam}}{2,2 \text{ ton / jam}} = 0,4 \text{ buah} \approx 1 \text{ buah}$

untuk cadangan dan lain - lain maka digunakan 2 buah

Spesifikasi lainnya sesuai dengan tabel 19 - 29

Type : Nozzle discharge centrifuge

Diameter bowl: 16 in

Speed : 6250 rpm

Filtrat output : 25 - 150 gpm

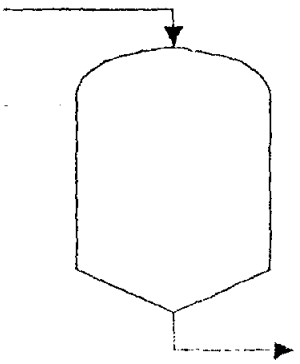
Cake output : 0,4 - 4 ton / jam

Tenaga penggerak : 40 Hp

Bahan : Steel

Jumlah : 2 buah

17. TANGKI PENAMPUNG SEMENTARA (F-144)



Fungsi : menampung larutan hasil centrifuge

Type : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standart dished dan tutup bawah Berbentuk konis

Kondisi operasi : suhu masuk = 30°F

Tekanan = 1 atm

Perhitungan :

Waktu tinggal = 1 jam

Laju alir larutan = 150694,84 Kg/ hari = 332131,42 lb/ hari

Jumlah larutan dalam tangki = 332131,42 lb

ρ larutan = 62,65 lb/ft^3

Volume larutan = M/ρ = 332131,42 /62,65 = 5302,564 ft^3

Volume liquid = Volume shell + Volume konis

5302,564 = $\frac{1}{4} \pi D^2 H + \pi D^3 / 24$ tg 45^0

5302,564 = 0,78 D^3 + 0,13 D^3

5302,564 = 0,910 D^3

H = D = 17,994 ft

Tekanan operasi $\frac{\rho H}{144} = \frac{62,65 \times 17,994}{144} = 7,82$ lb/in^2

P design = 1,5 x Poperasi

= 1,5 x 7,82 = 11,74 Psi

Bahan : Carbon Stell

Untuk sambungan digunakan Double Welded Joint dengan e = 0,8

Tebal shell

$$Ts = \frac{P \quad D}{2 \quad fe - \quad P} + C$$

$$= \frac{11,74 \quad x \quad (17,994x \quad 12)}{2x \quad 12750x \quad 0,8 - \quad 11,74} + \quad 1/8$$

= 0,249 *in*

Diambil tebal standar = 0,5 in

Tebal tutup atas = tabal tutup bawah = 0,5 in

adi spesifikasi tangki penampung sementara :

. Type : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standart dished

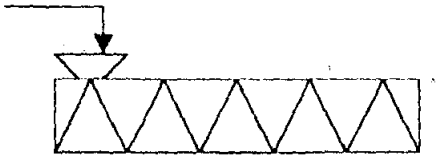
dan tutup bawah Berbentuk konis

b. Diameter shell : 17,994 ft

c. Tebal shell : 0,5 in

d. Bahan konstruksi : Carbon stell

18. [illegible] SCREW CONVEYOR (J-145)



1. Fungsi : Mengeluarkan $AlF_3.3H_2O$ dari Centrifuge storage menuju reaktor
2. Type : Plant Spout or Clutes
3. Data : Kapasitas : 9112,425Kg/jam
   Elevansi : Horisontal
   Bulk Density : 147,95 lb/cuft

Perhitungan :

Rate pengeluaran = 2415,52 Kg/jam = 5325,27 lb/jam

Volume = 5325,27 : 147,95 = 35,99 cuft/jam = 0,599 cuft/menit

Panjang screw = 15ft

$$Hp = \frac{Cx \cdot Lx \cdot Wx \cdot F}{33000}$$

Dimana :

C : Kapasitas screw conveyor , cuft/menit

L : Panjang, ft

W : berat material, lb/cuft

F : Material faktor ≈ 2

$$Hp = \frac{Cx \quad Lx \quad Wx \quad F}{33000}$$

$$= \frac{0{,}599x \quad 15x \quad 147{,}95x \quad 2}{33000}$$

$$= 0{,}0806 \quad Hp$$

Hp < 2 ; maka dikalikan 2 menjadi:

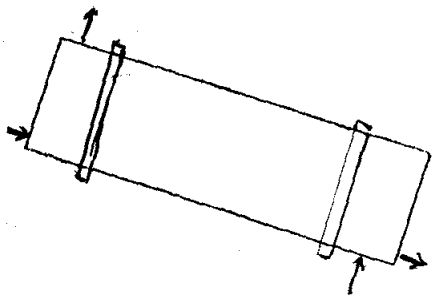
Hp = 2 x 0,0806 = 0,161 Hp dengan tambahan rata-rata 0,75 Hp

Maka digunakan tenaga penggerak = 0,161 + 0,75 = 0,911 Hp ≈ 1 Hp

Jadi spesifikasi Screw Conveyor :

a. Jenis : **Plant Spout or Clutes**
b. Kapasitas : 2415,52 Kg//jam
c. Class material : d
d. Speed : 12 Rpm
e. Diameter : 9 in
f. Power : 1 Hp
g. Jumlah alat : 1

19. ROTARY DRYER (B-150)



ungsi : untuk menghilangkan air bebas yang terdapat dalam kristal AlF_3

ype : Counter current hot air dryer

)ndisi operasi

ıhu material masuk = 35 ^{0}C = 95 ^{0}F

Suhu material keluar = 150 ^{0}C = 302 ^{0}F

Suhu udara masuk = 150 ^{0}C = 302 ^{0}F

Suhu uadara keluar = 105 ^{0}C = 221 ^{0}F

Material masuk = 218698,204 kg/hari = 9112,425 kg/jam

Material keluar = 164023,653 kg/hari = 6834,319 kg/jam

Rate udara panas = 285866,0459 kg/hari

Menghitung diameter , tebal dan panjang shell

Kecepatan udara dalam Rotary = 200 - 10.000 Lbm / cuft. Jam (Perry ed. 3, p. 832)

Diambil kecepatan udara = 1000 lbm / cuft.jam

Rate udara panas = 26259,58 lbm / jam

$$\delta = \frac{\text{Rate udara panas}}{\text{kecepatan udara}} = \frac{26259,58}{1000} = 26,26 \text{ ft}^2$$

$26,26 = 0,25\ \pi\ .\ D^2$

D = 5,78 ft ~ 6 ft

δ baru = $0,25 \times \pi \times 6^2 = 28,26$ ft^2

$$G = \frac{26259,58}{28,26} = 929,213 \text{ lbm/ ft}^2 \text{ jam}$$

$$Ua = \frac{10\ G^{0,16}}{D} = \frac{10 \times 929,213^{\ 0,16}}{6}$$

= 4,97 btu/ ft^2.F.jam = 119,28 btu/ ft^2.F. hari

untuk uap air $h_G / K_G . M_G . P = 0,26$ (Badger hal. 384)

Udara pada T1 = 170 ^{0}C

Humidity , w_G = 0,02 lbm H_2O / lbm udara kering

Trial Tw = 115 ^{0}F

Ww = 0,069 lbm H_2O / lbm udara kering

Ww -Wc = 0,069 - 0,02 = 0,049 lbm H_2O / lbm udara kering

$$Ww - W_G = \frac{h_G}{K_G M_G P} \times \frac{T1 - T_W}{\lambda_W} = 0{,}26 \times \frac{302 - 115}{1028{,}7}$$

$$= 0{,}047 \text{ (memadai)}$$

jadi suhu udara masuk sebesar 392 ^{0}F dengan Wet bulb sebesar 115 ^{0}F (46,1 ^{0}K)

NTU = Ln (T1 - Tw) / (T2 - Tw) (Badger ,hal 508)

Dimana : NTU = Number of transfer unit

T1 = suhu udara masuk

T2 = suhu udara keluar

Tw = suhu wet bulb udara masuk

Harga NTU untuk dryer 1,5 - 2,5 (Badger , p. 508)

Harga NTU diambil 1,5

$$1{,}5 = \ln \frac{T1 - Tw}{T2 - Tw} = \ln \frac{392 - 115}{T2 - 115}$$

T2 = 176,8 ^{0}F = 80,4 ^{0}C

a. Periode pemanasan

- Suhu material keluar (t2) = 150 ^{0}C = 302 ^{0}F
- Suhu wet bulb (Tw) = 46,1 ^{0}C = 115 ^{0}F

$$T = \frac{150 + 46{,}1}{2} = 98{,}05\ ^0\text{C}$$

$q_S = m \, . \, C_p \, . \, (t_2 - Tw)$

$\Delta H\ SiO_{2\ (46{,}1\ ^0C)} = \int 10{,}87 + 0{,}008712\ T - 241200\ T^{-2}\ dT$

$10{,}87\ (319{,}1 - 298) + 0{,}008712 / 2\ (319^2 - 298^2) - 241200\ (-($

$1/319{,}1 - 1/298))$

$= 232{,}555$ Kcal / kgmol

$$= \frac{220{,}322}{60{,}085} \times 232{,}555 = 852{,}745 \text{ Kcal}$$

$\Delta H\ SiO_{2\ (150\ ^0C)} = 5544{,}814$ Kcal

$\Delta H\ SiO_2$ = 5544,814 kcal - 852,745 kcal = 4692,069 kcal

$\Delta H\ Fe_2O_{3\ (46,1\ ^oC)} = \int 24,72 + 0,01604\ T - 423400\ T^{-2}\ dT$

$= 24,72\ (319,1 - 298) + 0,01604 / 2\ (319^2 - 298^2) - 423400\ (-(1/319,1 - 1/298))$

$= 532,0703$ kcal /kgmol

$= \frac{0,173}{159,692} \times 532,0703 = 0,5764$ kcal

$\Delta H\ Fe_2O_{3\ (150^oC)} = 3,675$ kcal

$\Delta H\ Fe_2O_3 = 3,675$ kcal - 0,5764 kcal = 3,0986 kcal

q_P = Panas yang dibutuhkan untuk memanaskan bahan masuk dari T_{in} sampai Tw

q_V = Panas untuk penguapan air pada Tw

q_S = Panas yang diperlukan untuk memanaskan bahan keluar (produk) dan Tw sampai suhu keluar.

$q_S = (\ (m\ .\ Cp)_{AlF_3.3H_2O} + (m.\ Cp)_{P_2O_5}) \times (150 - 46,1) + \Delta HSiO_2 + \Delta H\ Fe_2O_3$

$= (((\ 163800,259 / 184\ ) \times 50,5) + ((2,898 / 141,96) \times 44,8)) \times (150 - 46,1) + 4692,069 + 3,0986$

$= 4675723,717$ kcal

$q_P = m\ .\ Cp\ .\ (Tw - t1)$

$\Delta H\ SiO_{2\ (46,1\ ^oC)} = 852,745$ kcal

$\Delta H\ SiO_{2\ (105\ ^oC)} = 399,02$ kcal

$\Delta H\ SiO_2$ = 852,745 kcal - 399,02 kcal = 453,725 kcal

$\Delta H\ Fe_2O_{3\ (46,1\ ^oC)} = 0,5764$ kcal

$\Delta H\ Fe_2O_{3\ (105^oC)} = 0,27$ kcal

$\Delta H\ Fe_2O_3$ = 0,5764 kcal - 0,27 kcal = 0,3064 kcal

$q_P = \{(m.\ Cp)\ AlF_3.3H_2O + (m.\ Cp)\ H_2O + (m.\ Cp)\ P_2O_5) \times (46,1 - 35)\} + \Delta H\ SiO_2 + \Delta H\ Fe_2O_3$

$= \{(163800,259 / 138) \times 50,5 + (54674,551 / 18) \times 1 + (2,898 / 141,96) \times 44,8)$

x (46,1 - 35) } + 453,725 + 0,3064

= 699529,6864 kcal

Dari appendix B didapat

Q udara masuk = 12241584,51 kcal

Q udara keluar = 6487272,525 kcal

Panas yang dilepas udara (q_t) = Q udara masuk - Q udara keluar

= 12241584,51 kcal - 6487272,525 kcal

= 5754311,985 kcal / jam

Perubahan suhu udara = $\frac{q_p}{q_t} \times (T_2 - T_1)$ = $\frac{699529,6864}{5754311,985} \times (200 - 80,4)$

= 14,54 ^{0}C

Suhu udara akhir periode pemanasan = (200 - 14,54)^{0}C = 185,46 ^{0}C = 365,83 ^{0}F

$$\Delta t_{(LMTD)P} = \frac{(T_1 - T_W) - (T_2 - t_2)}{\ln (T_1 - T_W) / (T_2 - t_2)} = \frac{(392 - 115) - (365,83 - 302)}{\ln (392 - 115) / (365,83 - 302)}$$

= 145,23 ^{0}F

). Periode penguapan

$q_v = q_t - q_p - q_s$

= (5754311,985 - 699529,6864 - 4675723,717) kcal = 379058,5816 kcal

$$\Delta t_{(LMTD)V} = \frac{(T_1 - T_W) - (T_2 - T_W)}{\ln (T_1 - T_W)/(T_2 - T_W)} = \frac{(365{,}83 - 115) - (302 - 115)}{\ln (365{,}83 - 115)/(302 - 115)}$$

$$= 217{,}355\,^0F$$

. Periode Superheating

$$\text{Perubahan suhu udara} = \frac{q_S}{q_t} \times (T_1 - T_2) = \frac{4675723{,}717}{5754311{,}985} \times (200 - 80{,}4)$$

$$= 97{,}18\,^0C = 206{,}924\,^0F$$

Suhu pada akhir periode preheating = (176,8 + 206,924) ^{0}F = 383,724 ^{0}F

$$\Delta t_{(LMTD)S} = \frac{(T_1 - T_W) - (T_2 - t_1)}{\ln (T_1 - T_W)/(T_2 - t_1)} = \frac{(383{,}72 - 115) - (176{,}8 - 95)}{\ln (383{,}72 - 115)/(176{,}8 - 95)}$$

$$157{,}15\,^0F$$

$$\frac{}{(\Delta t)_M} = \frac{q_P}{q_t (\Delta t)_P} + \frac{q_S}{q_t (\Delta t)_S} + \frac{q_V}{q_t (\Delta t)_V}$$

Dimana :

$(\Delta t)_m$ = Overall logaritmic temperature didalam dryer

$(\Delta t)_P$ = Logaritmic mean temperature antara udara dan material ketika dipanaskan sampai suhu wet bulb udara.

$(\Delta t)_V$ = Logaritmic mean temperature antara udara dan material ketika dipanaskan sampai suhu konstan.

$(\Delta t)_S$ = Logaritmic mean temperature antara udara dan material ketika dipanaskan sampai suhu bahan.

$$\frac{1}{(\Delta t)_M} = \frac{699529{,}6864}{5754311{,}985\ (154{,}42)} + \frac{4675723{,}717}{5754311{,}985\ (157{,}15)} + \frac{379058.5816}{5754311{,}985\ (217{,}355)}$$

$$= 6{,}261 \cdot 10^{-3}$$

$$(\Delta t)_M = 159{,}72\ ^0F$$

$$q_i = Ua \cdot V \cdot (\Delta t)_M$$

$$\frac{q_i}{0{,}25216} = Ua \cdot V \cdot (\Delta t)_M$$

$$\frac{5754311{,}985}{0{,}25216} = 119{,}28 \cdot V \cdot 159{,}72$$

Volume

= 1197,816 Cuft

L = V / S = 1197,816 / 28,26 = 42,385

Syarat L / D = 4 - 10

Perbandingan L/ D = 42,385 / 6 = 7,06 (memenuhi)

Dryer beroperasi pada isi 10 - 15 % volume dryer (Perry ed VI , hal 20-323)

Diambil volume material dalam dryer = 15 % volume dryer

Volume material = 0,15 V = 0,15 x 1197,816 = 176,6724 Cuft

Bulk density = 97,3908 lbm / ft^3

Berat material dalam rotary dryer = volume material x bulk density

= 179,6724 x 97,3908 lbm/ ft^3

= 17498,43 lbm

A = Volume material / L

= 179,6724 / 42,385 = 4,24 ft^2

$A^2 = 0{,}25\ D^2$

$= 0{,}25 \cdot 6^2 = 9\ ft^2$

$$\frac{A}{A^2} = \frac{4{,}24}{9} = 0{,}471$$

Untuk $A / R^2 = 0{,}471$ didapat $H / R = 0{,}41856$ (Perry ed. VI , hal 1-26)

$R = 0{,}5 . D = 0{,}5 . 6 = 3$ ft

Maka $H = 0{,}41856 \times 3 = 1{,}413$ ft

$$P \text{ operasi} = \frac{\rho \times H \times g}{Gc} = \frac{92{,}6 \times 1{,}413 \times 32{,}174}{32{,}174 \times 144} = 0{,}91 \text{ Psi}$$

P design = 1,5 P operasi = 1,5 x 0,91 = 1,365 psi

Bahan konstruksi yang digunakan stainless steel SA 167 type 364

Tebal shell (t_s) (code ASME)

$$t_s = \frac{P . D}{2 (fE - 0{,}6 P)} + C = \frac{1{,}365 \times 6 \times 12}{2(16000 . 0{,}85 - 0{,}6 . 1{,}365)} + 0{,}125 = 0{,}1286$$

Dipilih tebal shell 3 / 16 in

Menghitung putaran rotary dryer

Rotary dryer beroperasi pada kecepatan peripheral (v) = 30 - 150 ft / menit

Diambil 100 ft / menit

$$N = \frac{V}{\pi . D} = \frac{100}{\pi . 6} = 5{,}31 \text{ rpm}$$

Syarat N.D = 25 - 35

N. D = 5,31 x 6 = 31,85 (memenuhi)

Menghitung waktu perjalanan material dalam rotary dryer

$$\varphi = \frac{\text{Volume material}}{\text{Rate feed}}$$

dimana φ = time passage = waktu perjalanan material

Material keluar = 164023,653 kg / hari = 15066,9394 lb / jam

$$\text{Rate volumetrik material} = \frac{15066{,}9394 \text{ lb/ jam}}{97{,}3908 \text{ lb / cuft}} = 154{,}705 \text{ cuft / jam}$$

Volume material = 179,6724

$$\varphi = \frac{179{,}6724}{154{,}705} = 1{,}16 \text{ jam} = 69{,}68 \text{ menit}$$

Menghitung slope rotary dryer

Menghitung slope adalah menentukan besar sudut yang dibentuk silinder terhadap horizontal yang akan membantu feed masuk dari ujung silinder dan keluar pada ujung lain. Besarnya partikel kristal 200 mesh = 0,074 mm = 74 micron

$$\varphi_p = \frac{0{,}23\,L}{S.N^{0{,}9}D} + 0{,}6\frac{B.L.G}{F} \quad \text{(Perry ed. V, pers. 20-54)}$$

$$B = 5 . D_p^{\,0{,}5} \quad \text{.....(Perry ed. V, pers. 20-55)}$$

Dimana:

B = konstanta yang tergantung besar partikel

D_P = Diameter partikel (μm)

F = Rate volumetrik material (lb dry material / jam ft^2)

φ_P = Time passage (menit)

S = slope (ft)

N = Kecepatan putaran (rpm)

L = Panjang dryer (ft)

G = Kecepatan masa udara (lb / jam . ft^2)

D = diameter dryer (ft)

B = $5 \times 74^{0{,}5} = 0{,}5812$

F = 15066,9394 / 0,25 π. 6^2 lbm dry material / ft^2 jam

= 533,15 lbm dry material / ft^2 jam

syarat slope rotary dryer (S) = 0 - 0,083 ft .....(Perry ed. V, hal. 20-30)

maka φ = 69,68 menit

$$69,68 = \frac{0,23 \times 42,385}{S \times 5,31^{0,9} \times 6} + 0,6\ \frac{0,5812 \times 42,385 \times 929,213}{533,15}$$

S = 8,23 .10^{-3} (memenuhi)

Menghitung power untuk memutar rotary dryer

Power untuk rotary dryer = 0,5 D^2 - 1,0 D^2 ..... (Perry hal 20-36)

Dimana D = diameter dryer (ft)

Diambil power 1,0 D^2 = 1 x 6^2 = 36 Hp

η motor = 87 % ..... (Petters gambar 13-38)

Power motor = 36 / 0,87 = 41,3 Hp ≈ 42 Hp

Maka dipakai power sebesar 42 Hp

20. . . . B EXHAUST FAN (G-151)

Kondisi operasi : T udara masuk = 30 ^{0}C

P = 1atm

Perhitungan :

Rate udara = 285866,0459 kg/hari

= 284755,0459/ 28,97 x 24 x 3600 = 0,11 kgmol / detik

Efisiensi = 60%

$$m = \frac{\gamma - 1}{\gamma \times EP} \qquad \text{(Coulson pers. 3-6)}$$

$$n = \frac{1}{1 - m} \qquad \text{(Coulson pers. 3-6)}$$

Dimana γ udara = 1,4 (gas diatomik)

$$m = \frac{1,4 - 1}{1,4 \times 0,6} = 0,4762$$

$$\frac{1}{1 - 0,48} = 1,9091$$

Menghitung power

$W = z1 \times R \times T1 \times (n/(n-1)) \{ (P2/P1)^{(n-1)/n} - 1 \}$ (Coulson pers. 3-31)

Dimana :

w = kerja mol

z1 = 1 (mendekati gas ideal)

T1 = suhu udara masuk

P2 = Tekanan udara keluar (diambil 15 psia)

M = rate udara masuk

$W = 1 \times 8,314 \times (30+273) \times 1,9091/(1,9091 - 1) \{(15/14,7)^{(1/1,9091)} - 1\}$

= 51,1398 kg/kgmol

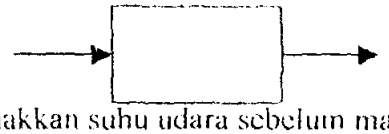
power = -w x m / EP = 51,1398 x 0,11 / 0,6 = 9,37 =

= 9,37 / 0,7457 = 12,5 hp = 13 hp

maka digunakan motor berkekuatan 13 hp

bahan konstruksi : carbon steel

1.HEATER (E-152)



fungsi : Menakkan suhu udara sebelum masuk rotary dryer

type : Shell and tube 1 - 2 exchanger

dasar pemilihan : Pressure drop yang dihasilkan kecil

Kondisi operasi : Tud. masuk = 130 ^{0}C (302 ^{0}K)

Suhu steam = 190 ^{0}C (338 ^{0}F)

Perhitungan

1. Neraca Panas

Mudara = 285866,0459 kg/hr = 26259,58 lb/jam

Msteam = 104449,7 kg/hr = 9594,72 lb/jam

2.

$$LMTD = \frac{(338-302)-(338-86)}{\ln \frac{338-302}{338-86}} = 111,0$$

Δt LMTD = 111,0

Karena fluida isothermal Ft = 1

3.6 $t_c = (t1 + t2)/2 = 194\ ^{0}F$

$T_c = (T1 + T2)/2 = 338\ ^{0}F$

4 Untuk steam udara U_D = 5 - 50 Btu / j. ft^2.F (Kern , P.840)

Dicoba U_D = 15 btu / jam.ft^2.F

$A = Q/(U_D . \Delta t) = 1486821,465/(15 \times 111)$

5. Dipakai pipa dengan OD =3/4 " , 16 BWG dan L = 12 ft

di = 0,62

a" = 0,1963

a' = 0,302

Nt (jumlah tube) = A/ a" . L = 892,98/ 0,1963 x 12 = 379,1

Untuk susunan pipa square dengan Pt = 1 in didapat (Kern hal. 841 tabel 9)

NT standart = 432

IDS = 27 in

$$U_D \text{ koreksi} = \frac{379,1}{432} \times 15 = 13,16$$

Tube (Steam) Shell (udara)

---

6. $N_{t\ standart} \cdot a'$

$a_t = \frac{}{144 \cdot n'}$

$\frac{432 \times 0,302}{144 \times 2} = 0,453$

6' $C' = P_t - OD$

$1 - 0,75 = 0,25$

$B = 18$

$a_s = \frac{IDS \cdot C' \cdot B}{144 \cdot P_t}$

$\frac{27 \times 0,25 \times 8}{144 \cdot 1} = 0,8437$

7. $G_t = M / a_t = 9594,72 / 0,453 = 21180,4$

7' $G_s = m / a_s = 26259,58 / 0,8437 = 31124,31$

8. $N_{ret} = \frac{di/12 \times G_t}{\mu \cdot 242}$

$\frac{0,62/12 \cdot 21180,4}{0,015 \times 2,42} = 30146,5748$

8' $N_{ret} = \frac{do/12 \times G_s}{\mu \cdot 242}$

$\frac{0,95/12 \cdot 31124,31}{0,015 \cdot 2,42} = 67879,0039$

9. Untuk steam

hio = 1500 btu/ j. ft. ^{0}F

9' $J_H = 580$ (Kern fig. 28)

$ho = J_H \frac{k}{de/12} \times \frac{C_p \cdot \mu \cdot 2,42}{k}$

$= 600 (0,0178/(0,95/12)) (0,25 \times 0,02 \times 2,42 (0,0178))^{1/3}$

10. $U_C = \frac{hio \times ho}{Hio + ho} = \frac{1500 \times 118,62}{1500 + 118,62}$

$= 109,92$

11. $R_d = \frac{1}{U_d} - \frac{1}{U_c}$

$= 1/13,16 - 1/109,92 = 0,067 - 0,003$ (memenuhi)

Pressure drop

Tube (steam)

1. N_{re} 30146,5748

f = 0,00025

8. $N_{re} = \frac{f \times G_t^2 \cdot L_n}{5,22.10^{10}.di.S.\phi_t}$

$= \frac{0,0025 \times 21180,4^2.12.12}{5,22.10^{10}.0,62/12.1.1}$

3. $\Delta P_R = \frac{4n \times V^2 \times 62,5}{S \times 2x\ g \times 144}$

$= \frac{4 \times 2 \times 0,001}{0,08}$

4. $\Delta P_T = \Delta P_R + \Delta P_t$

$= 0,00998 + 0,008$

$= 0,01798$ psi < 2 psi (memenuhi)

Shell (udara)

1. N_{re} 67879,0039

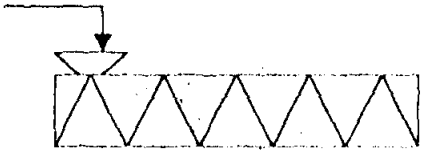
f = 0,0015

8. $N_{re} = \frac{f \times G_s^2 (N+1)}{5,22.10^{10}.de.S.\phi s}$

$= \frac{0,0015.31124,31^2.(12x2/18) \times 17/12}{5,22.10^{10}.0,95/12.0,001.1}$

= 1,055 psi < 2 psi (memenuhi)

22. SCREW CONVEYOR (J-154)



Fungsi : Mengeluarkan $AlF_3.3H_2O$ dari rotary dryer

Jenis : Plant Spout or Clutes

Kapasitas : 25380,045 Kg//jam

Perhitungan :

Rate pengeluaran : 25380,045 Kg//jam = 5325,27 lb/jam

Volume : 5325,27 / 147,95 = 35,99 cuft/jam = 0,599 cuft/menit

Panjang screw : 15ft

$$Hp = \frac{C \times L \times W \times F}{33000}$$

Dimana :

C : Kapasitas screw conveyor , cuft/menit

L : Panjang, ft

W : berat material, lb/cuft

F : Material faktor ≈ 2

$$Hp = \frac{Cx \times Lx \times Wx \times F}{33000}$$

$$= \frac{0,599x \times 15x \times 147,95x \times 2}{33000}$$

$$= 0,0806 \quad Hp$$

Hp < 2 ; maka dikalikan 2 menjadi:

Hp = 2 x 0,0806 = 0,161 Hp dengan tambahan rata-rata 0,75 Hp

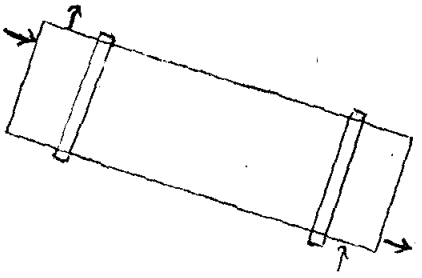
Maka digunakan tenaga penggerak = 0,161 + 0,75 = 0,911 Hp ≈ 1 Hp

Spesifikasi Screw Conveyor :

a. Jenis : Plant Spout or Clutes

b. Kapasitas : 2415,52 Kg/jam
c. Class material : d
d. Speed : 12 Rpm
e. Diameter : 9 in
f. Power : 1 Hp
g. Jumlah alat : 1

23. **ROTARY KILN (B-160)**



Fungsi : Untuk membebaskan air kristal pada suhu 700 ^{0}C
Feed = 164023,653 kg / hari
Heating value fuel oil 264031,4812 kg / hari 1101,31 kg / jam
Suhu produk = 700 ^{0}C
Suhu feed = 150 ^{0}C
Jumlah udara yang diperlukan 440587,204 kg / hari 18357,8 kg / jam
Jumlah total flue gas = jumlah fuel oil yang diperlukan + jumlah udara yang diperlukan
29359,1 kg / jam 64735,1 lb / jam

Perhitungan :
Diameter dalam kiln

$$D = \frac{Mc}{\pi / 4 \cdot G}$$

Dimana : Mc = Rate flue gas (lb / jam)
G = Rate udara (lb / jam . ft^2) = 200 - 10000 lb/ jam ft^2

$$D = \frac{64725,1}{0,785 \times 3000} = 5,24 \text{ ft} = 62,91 \text{ in}$$

Batu tahan api dipakai soft brick setebal 3 in maka:

$D_{luar\ kiln} = D + 2(3/12)$ ft = 5,24 ft + 2 (3 / 12) ft = 5,74 ft = 68,88 in

Tebal dinding kiln dipakai 2 / 8 in = 0,25 in

$D_{luar\ dinding\ kiln} = (D_{luar\ kiln} + 0,25/12)$ ft = 5,74 + 0,02 = 5,76 ft

Time passage

$$\theta = \frac{0,19\ L}{N \cdot D \cdot S}$$ ..... (Perry edisi V , p.20-40)

Dimana :

θ = time of passage = 60 menit

L = Panjang rotary kiln (in)

S = Slope rotary kiln (1/4 - 3/4 in / ft)

N = Putaran kiln

D = Diameter dalam rotary kiln

Slope rotary kiln diambil 1/4 in / ft = 0,0208 in / ft

tg α = 0,028

$\alpha = 1,2^0$

putaran rotary kiln (N)

$$N = \frac{V}{\pi \times D_{luar\ kiln}}$$ (Perry ed. V ,p.20-40)

$$N = \frac{75}{3,14 \times 5,74} = 4,16 \text{ rpm}$$

Panjang rotary kiln

$$\theta = \frac{0,19 \times L}{N \times D \times S}$$ (Perry ed. V, p. 20-40)

$$60 = \frac{0,19 \times L}{4,16 \times 5,74 \times 0,0208}$$

L = 156,89 ft

Mencari berat dinding besi rotary kiln (in) / berat shell

$m = \rho \times v$ (Perry ed. V ,p. 3-120)

dimana

m = berat dinding besi kiln

ρ = densitas bahan = 489 lb / cuft

Luas 1 = $3,14 \times R^2 = 3,14 \times (D_{luar\ dinding\ kiln} / 2)^2\ ft^2$

$= 3,14 \times (5,76 / 2)^2\ ft^2 = 26,04\ ft^2$

Luas 2 = $3,14 \times R^2 = 3,14 \times (D_{luar\ kiln} / 2)^2\ ft^2$

$= 3,14 \times (5,74 / 2)^2\ ft^2 = 25,86\ ft^2$

Luas penampang dinding = luas 1 - luas 2 = $0,18\ ft^2$

Volume = luas penampang dinding x panjang kiln

$= 0,18\ ft^2 \times 156,89\ ft = 28,24\ ft^3$

Berat dinding kiln = volume x ρ

$= 28,24\ ft^3 \times 489\ lb / cuft = 13809,45\ lb$

Mencari berat batu tahan api (w)

$w = (3,14 / 4) \times (D_0^2 - D_i^2) \times L \times \rho$

Dimana :

D_i = Diameter dalam kiln (ft)

D_0 = Diameter luar kiln (ft)

L = panjang batu tahan api = panjang kiln (ft)

ρ = densitas batu tahan api soft brick = 103 lb / cuft

$w = 0,785 \times (5,74^2 - 5,24^2) \times 156,89 \times 103 = 69642,1\ lb$

Mencari berat maximum bahan sebagai muatan rotary kiln selama operasi (W)

Volume rotary kiln = $(3,14 / 4) \times D_i^2 \times L = 0,785 \times 5,24^2 \times 156,89 = 3381,64\ lb$

Berat solid dengan hold up 3 - 12 % dari berat bahan

W = volume kiln x ρ_{solid} x 0,1 = 3381,64 x 179,63 x 0,1 = 60744,1 lb

Mencari tebal silinder minimum (T_{Sh})

Rotary kiln memakai shell terbuat dari carbon steel SA Grade C dengan nominal allowable stress 13700 psi (Perry ed. V , p. 6-96). Untuk las memakai single welded but joint bucking up stripp dengan efisiensi 70 % dan tebal tidak boleh melebihi 5/8 in = 0,625 in

$$T_{Sh} = \frac{P \times D}{2 \times f \times E - P} + C$$

Dimana :

P = Tekanan operasi (psi)

D = Diameter shell (in)

f = Tensile stress (psi)

E = Joint efisiensi

C = Faktor korosi = 0,125

Tensile stress yang diinginkan

$f = f_C \times f_m \times f_r \times f_S$

Dimana :

f_C = Ultimate strenght = 45.000 - 75.000 psi

f_m = faktor korosi sambungan = 1

f_r = f_m = 1 tanpa reliefing dan radio graphing

f_S = faktor korosi yang berhubungan dengan safety faktor 25 % (Hess ,p. 84)

f = 60.000 x 1 x 1 x 0,25 = 15.000 psi

$\frac{H}{D}$ = 0,16 ..... (Perry V , tabel 6-52)

$H = 0,16 \times D_{luar\ dinding\ kiln} = 0,16 \times 5,76 = 0,92$ ft

$P_{bahan} = H \times \rho_{Solid} = 0,92 \times 179,63 = 165,5$ lb / ft ^{2} = 1,15 psi

$P_{operasi} = P_{material} + P_{udara} = 1,15 + 14,7 = 15,85$ psi

Allowance 20% maka $P_{design} = 1,2 \times P_{operasi} = 1,2 \times 15,85 = 19,02$ psi

$$T_{Shell} = \frac{P \times D_{shell}}{2 \cdot f \cdot E - P_{design}} + C = \frac{19,02 \times 120}{2 \times 15000 \times 0,7 - 19,02} + 0,125 = 0,23 \text{ in}$$

Tebal shell kiln diambil 1 / 4 in = 0,25 in (*memenuhi*)

Recheck

$$T_{max} = \frac{D + 50}{120} = \frac{120 + 50}{120} = 1,42 \text{ in}$$

Karena t check > T perhitungan maka ratio graphing dan reliefing tidak diperlukan.

Menentukan tenaga yang diperlukan untuk memutar kiln

$$D_g = \frac{N_g \times P_C}{\pi} \quad \text{.....(Hess, pers. 5-1, p 420)}$$

$D_g = N_g / P_g$

Dimana :

D_g = diameter gear (in)

P_c = circular pitch (in)

N_g = jumlah gigi dari gear = 120 buah

P_g = ratio jumlah gigi gear dengan diameter

Maka : $\pi = P_C \times P_d$

P_C = 0,5 - 2 in (Hess, p. 420) maka diambil 2 in

Sehingga $P_d = \pi / P_C = \pi / 2 = 1,57$

$$D_g = \frac{N_g}{P_d} = \frac{120}{1,57} = 76,433 \text{ in} = 6,37 \text{ ft}$$

N_P = 80 buah (Hess , hal 423)

Harga b abtara 12,5 / P_d sampai 12,5 / 1,57 = 8

Berat dinding ring = 2 x (3,14 / 4) x b x ($(D_{dinding\ ring})^2 - (D_{luar\ kiln})^2$) x ρ bahan

= 2 x 0,785 x (8 / 12) x ((5,74 + 2)^2 - (5,74)^2) x 450 = 12698,46 lb

Berat gear = $0{,}785 \times b \times ((D_{gear})^2 - (D_{luar\ kiln})^2) \times \rho$ bahan

= $0{,}785 \times (8/12) \times (6{,}37^2 - 5{,}74^2) \times 489$ = 1952,4 lb

$$Hp = \frac{N\ (\ 4{,}75 \times d \times w \times +\ 0{,}1925 \times D \times W +\ 0{,}33\ W\ )}{100000}$$

Dimana :

w = berat bahan

W = berat shell + berat batu tahan api + berat bahan + berat dinding ring + berat Gear

= 13809,45 lb + 69642,1 lb + 60744,4 lb + 12698,16 lb + 1952,4 lb

= 158846,51 lb

d = diameter dalam = 5,24 in

D = diameter riding ring = d + 2 = 7,24 in

N = putaran gear = 4,16 rpm

$$Hp = \frac{4{,}16\ \{(\ 4{,}75 \times 4{,}24 \times 60744{,}4 + 0{,}125 \times 7{,}24 \times 158846{,}51 + 0{,}33 \times 158846{,}51\ )\}}{100000}$$

efisiensi 60 % maka tenaga yang diperlukan untuk memutar rotary kiln adalah

= Hp / 0,6 = 75 / 0,6 = 125 Hp

24. BLOWER (G-161)

Fungsi : menghembuskan udara pembakar pada rotary kiln

Kapasitas udara : 440587,204 kg/hari = 18357,8 kg/jam = 674,53 lb/menit

Suhu udara masuk : 30^0 C = 86^0 F = 546^0 R

$$\text{Densitas udara} = \frac{P \cdot BM}{R \cdot T} = \frac{1 \times 28,97}{0,7302 \times 546} = 0,0726 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{Rate udara} = \frac{674,53}{0,0726} = 9291 \text{ cuft/ menit}$$

$$\text{Power blower} = \frac{144 \times Q(P_2 - P_1)}{33.000} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(Perry V, p. 6-20)}$$

$$= \frac{144 \times 9291 \times 1,5}{33.000} = 60,8 \text{ Hp}$$

Efisiensi 80 %

Power yang digunakan = 60,8 / 0,8 = 76 Hp

25. CYCLONE (H-162)

Fungsi : Memisahkan gas yang timbul dan debu yang mungkin terjadi pada rotary Kiln.

Data : Perry edisi V halaman 20-82

Jumlah gas = jumlah fuel oil + jumlah udara + jumlah uap air

= 264031,4812 + 4405872,204 + 103110,56 = 4773014,245 kg/hari

= 7367,35 lb/menit

Suhu gas : 700 ^{0}C = 1292 ^{0}F = 1752^0 R

$$\text{Densitas gas} = \frac{29}{350} \times \frac{14,7}{14,7} \times \frac{492}{1752} = 0,021 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{Rate gas} = \frac{7307,35 \text{ lb/ menit}}{0,021} = 347969,15 \text{ cuft /menit} = 5799,48 \text{ cuft / detik}$$

0,021 lb/ cuft

Luas penampang masuk = 5799,48 /50 = 115,99 ft^2 = 16560 in^2

Dari Perry edisi V hal 20-82 didapat penampang gas masuk

AC = BC x HC

HC = 2 BC

AC = 2 BC^2 = 16560 in^2

BC = 90,99 in

HC = 2 BC = 181,98 in

DC = 2 HC = 363,97 in

DE = DC / 2 = 181,98 in

LC = 2 DC = 727,95 in

SC = DC/8 = 45,5 in

ZC = 2 DC = 727,96 in

JC = DC/4 = 90,99 in

26. b EXHAUST FAN (G-163)

Fungsi : Mengeluarkan gas dari rotary kiln ke cerobong untuk dibuang keudara bebas.

Kapasitas gas = (264031,4812 + 4405872,204) kg/hari = 4669903,685 kg/hari

= 7149,5 kg/menit

Suhu gas = 700 ^{0}C = 1752 ^{0}R

Densitas gas = 0,021 lb/cuft

$$\text{Rate gas} = \frac{7149,5}{0,021} = 340452,38 \text{ cuft/menit} = 5674,21 \text{ cuft/detik}$$

$$\text{Tenaga penggerak} = \frac{144 \times Q\,(P_2 - P_1)}{33.000} = \frac{144 \times 5674{,}21 \times 1{,}5}{33.000} = 37{,}14 \text{ Hp}$$

Efisiensi 70 %

= 37,14 / 0,7 = 53,06 Hp ≈ 54 Hp

Spesifikasi

Jenis = Centrifugal

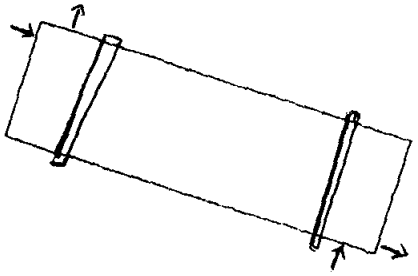
Rate gas = 5674,21 cuft/detik

Tenaga penggerak = 54 Hp

Bahan = carbon steel

Jumlah = 1 buah

27.ROTARY COOLER (B-170)



Fungsi : mendinginkan AlF_3 dari suhu 700 ^{0} C menjadi 40 ^{0} C

Type : Single shell direct rotary cooler

Kondisi operasi :

Kecepatan aliran feed = 164023,653 kg/hari = 6834,32 kg/jam

Kecepatan aliran produk = 60913,093 kg/hari = 2538,44 kg/jam

Suhu feed = 700 ^{0} C = 1292 ^{0} F

Suhu produk = 40 ^{0} C

Suhu udara pndingin masuk = 30 ^{0} C

uhu udara pendingin keluar = 105 ^{0} C

ecepatan udara pendingin masuk = 460867,913 kg/hari = 42334,56 lb/jam

Perhitungan :

Diameter rotary cooler

$$D = \frac{Mc}{\pi / 4 \cdot G}$$

Dimana : Mc = Rate flue gas (lb / jam)

G = Rate udara (lb / jam ft^2) = 200 - 10000 lb/ jam ft^2

$$D = \frac{42334,56}{0,785 \times 3000} = 4,24 \text{ ft}$$

Batu tahan api dipakai soft brick setebal 3 in dan tebal plat 0,625 *in* maka

$D_{luar\ kiln}$ = D + 2 (3 / 12) ft = 4,24 ft + 2 ((3 + 0,625) / 12) ft = 4,84 ft

Panjang rotary cooler

$Lt = 0,1 \cdot Cp \cdot G^{0,84} \cdot D$

Dimana : Cp : Spesifik heat udara pada T rata - rata = 0,25

G : Rate flue gas = 600 lb/jam ft^2

D : Diameter dalam rotary cooler

$Lt = 0,1 \times 0,25 \times 600^{0,84} \times 4,24 = 22,85$ ft

Chek Lt/D antara 4 - 10

Hasil perhitungan = Lt/D = 22,85 / 4,24 = 5,4

Maka ukuran rotary cooler memenuhi harga diantara range L/D. Untuk mencegah kehilangan panas yang berlebihan maka bagian luar rotary cooler diberi lapisan isolasi

putaran rotary cooler (N)

Rotary cooler beroperasi pada peripheral speed antara 30-150 ft/menit Diambil 100 ft/menit.

$$N = \frac{V}{\pi \times D_{luar}}$$ (Perry ed. V ,p.20-40)

$$N = \frac{100}{} = 7,51 \text{ rpm}$$

$$\frac{3,14 \times 4,28}{}$$

Check : syarat putaran rotary cooler harga N x D pada range 23 - 35

N x D = 4,24 x 7,51 = 31,85 (maka harga N memenuhi)

Perry edisi V , p. 6-96

Untuk las dipakai single welded butjoint tanpa bucking up stripp dengan efisiensi 70 % dan tebal tidak boleh melebihi 0,625 in (5/8 in).

$$T_{Sh} = \frac{P \times D}{2 \times f \times E - P} + C$$

Dimana :

P = Tekanan operasi (psi)

D = Diameter shell (in)

f = Tensile stress (psi)

E = Joint efisiensi

C = Faktor korosi 0,125

Tensile stress yang diinginkan

$f = f_C \times f_m \times f_i \times f_S$

Dimana :

f_C = Ultimate strenght 45.000 - 75.000 psi

f_m = faktor korosi sambungan = 1

f_i = f_m 1 tanpa reliefing dan radio graphing

f_S = faktor korosi yang berhubungan dengan safety faktor 25 % (Hess ,p 84)

f = 60.000 x 1 x 1 x 0,25 = 15.000 psi

$\frac{H}{D} = 0,16$ ..... (Perry V , tabel 6-52)

$H = 0,16 \times D_{luar\ dudup\ kiln} = 0,16 \times 4,24 = 0,68$ ft

$P_{bahan} = H \times \rho_{Solid} = 0,68 \times 179,63 = 122,15\ lb/ft^2 = 0,85$ psi

$P_{operasi} = P_{material} + P_{udara} = 0,85 + 14,7 = 15,55$ psi

Allowance 20% maka $P_{design} = 1,2 \times P_{operasi} = 1,2 \times 15,55 = 18,66$ psi

$$T_{Shell} = \frac{P \times D_{shell}}{2 f.E - P_{design}} + C = \frac{18,66 \times 4,24 \times 12}{2 \times 15000 \times 0,7 - 18,66} + 0,125 = 0,17 \text{ in}$$

Tebal shell kiln diambil 1 / 4 *in* = 0,25 in (memenuhi)

Recheck

$$T_{max} = \frac{D + 50}{121} = \frac{4,24 \times 12 + 50}{120} = 0,84 \text{ in}$$

Karena t check > T perhitungan maka ratio graphing dan reheting tidak diperlukan.

Perencanaan penggerak *untuk* memutar rotary cooler

Rotary cooler dipasang dengan sudut kemiringan 1,5° pada bidang datar dan berputar pada bearing. Bearing diletakkan 5,8 ft dari tepi. Sedangkan letak gear sebagai penggerak diletakkan ditengah - tengah , yaitu 11,6 ft dari tepi. Untuk menggerakkan rotary cooler digunakan gear drive yaitu suatu roda gigi yang digerakkan oleh pinion. Dipilih cast steel yang mempunyai allowable stress 33.000 psi. dasar perencanaan penggerak meliputi :

1. Perencanaan ukuran gear dan pinion.
2. Menentukan batas pemakaian muatan gear.
3. Menentukan power yang dibutuhkan untuk memutar rotary cooler
4. Menentukan putaran reducer.

Perencanaan *ukuran* gear dan pinion

Sebelum merencanakan *ukuran* gear dan pinion maka ditentukan dahulu

A. jumlah gigi dan gear yang digunakan dengan hubungan antara pitch diameter dari gear dan circulasi pitch.

$$D_g = \frac{N_g \times P_c}{\pi} \quad \text{.....(Hess, pers. 5-1, p.420)}$$

$$D_g = N_g / P_g$$

Dimana :

D_g = diameter gear (in)

P_c = circular pitch (in)

N_g = jumlah gigi dari gear = 180 buah

P_g = ratio jumlah gigi gear dengan diameter

Maka : $\pi = P_C \times P_d$

P_C = 0,5 - 2 in (Hess, p. 420) maka diambil 2 in

Sehingga $P_d = \pi / P_C = \pi / 1,45 = 2,165$

$$D_g = \frac{N_g}{P_d} = \frac{180}{2,165} = 83,102 \text{ in} = 6,925 \text{ ft}$$

B. Menentukan *putaran pinion*

Direncanakan jumlah gigi pinion 80 buah (Hess , hal 423)

$$Dp = \frac{Np \times Pt}{3,14}$$ (Hess pers 15-1 hal. 420)

Dimana :

Dp = Diameter pinion

Np = *Jumlah gigi pinion*

Pc = diameter pitch

$$Dp = \frac{80 \times 1,45}{3,14} = 29,98$$

Putaran pinion (n_1)

n_1 = putaran pinion

n_2 = putaran gear

Maka :

$$n_1 = \frac{83,102}{29,98} \times 7,51 = 20,82$$

. Menentukan safe strenght dari gear dan pinion

Fs = safe strenght (lb)

S = allowable stress (psi)

B = lebar permukaan gear dan pinion

Y = faktor permukaan gigi

Pd = ratio jumlah gigi dengan pitch diameter

Dipilih :

Bahan konstruksi pinion adalah hardness steel dengan allowable stress 30.000 psi (Hess tabel 15-1, p.430).

$$K = \frac{600}{600 + Vm} = \frac{600}{600 + 120} = 0,83$$

Harga b abtara 9,5 / P_d sampai 12,5 / Pd

Diambil b = 12,5 / Pd (Hess p. 431)

Jadi b = 12,5 / 2,165 = 5,771

Y = 0,39 - 2,15/N (Hess pers. 15-9)

B = lebar permukaan pinion (in)

Q = velocity ratio faktor

$$Q = \frac{2 \times 120}{Ng + Np}$$

Dimana :

Np = Jumlah gigi pinion

Ng = Jumlah gigi gear

$$Q = \frac{2 \times 120}{180 + 80} = 0,92$$

w = Untuk combination constant lb/in^2

Untuk material hardness steel dan hardened steel gear maka w = 250 (Hess table 15-2, p. 432).

Fw = 29,98 x 5,771 x 0,92 x 250 = 39793,35

Beban yang diterima oleh gear drive adalah berat riding ring

$= 2 \times 0{,}785 \times b \times (D^2 - a^2) \times \rho$

Dimana : b = lebar riding ring (ft) = 5,771 in = 0,481 ft

Mencari berat silinder

$w_0 = (3{,}14 / 4) \times (D_2^2 - D_1^2) \times L \times \rho$

Dimana :

D_1 = Diameter dalam cooler (ft)

D_2 = Diameter luar cooler (ft)

L = panjang rotary cooler (ft)

ρ = densitas steel = 489 lb / cuft

$w_0 = 0{,}785 \times (4{,}84^2 - 4{,}24^2) \times 22{,}85 \times 489 = 47786{,}12$ lb

Mencari berat batu tahan api (juga sebagai isolator)

$w = (3{,}14 / 4) \times (D_2^2 - D_1^2) \times L \times \rho$

Dimana :

D_1 = Diameter dalam cooler (ft)

D_2 = Diameter luar cooler (ft)

L = panjang rotary cooler (ft)

ρ = densitas batu tahan api soft brick = 103 lb / cuft

$w = 0{,}785 \times (4{,}84^2 - 4{,}24^2) \times 22{,}85 \times 103 = 10065{,}38$ lb

Menentukan berat flight

Tinggi flight = 0,5 D - 0,125 D

Diambil h = 0,1 D

= 0,1 x 4,24 ft = 0,424 ft

jumlah flight 2 D - 3D = 2 X 4,24 = 8,48 buah ≈ 9 buah

Jarak antara flight (r) = 3,14 x D / n = 3,14 x 4,24 / 9

= 1,48 ft

ebal flight = 0,25 in

berat flight = n x L x h x t x ρ

= 9 x 22,85 x 0,424/12 x 0,25/12 x 489 74,03 buah

Menetukan berat muatan

Untuk bahan dengan hold up 10 %

Volume cooler = 0,785 x D_i x L

= 0,785 x $4,24^2$ x 22,85

= 322,47 cuft

ρ bahan rata-rata = 174,7 lb/cuft

berat solid dengan hold up 10 % 0,1 x 322,47 x 174,7 l 5792,05 lb

Berat riding ring

Jumlah riding ring 2 buah

Berat riding ring 2 x (3,14 / 4) x b x ($(D)^2$ - ($d)^2$) x ρ bahan

Dimana :

b = Lebar riding ring 10 in

D = Diameter riding ring = d luar cooler + 2 = 4,84 + 2 6,84 ft

Berat riding ring = 2 x 0,785 x (10/12) x ($(6,84)^2$ - $(4,84)^2$) x 450 13753,2 lb

Berat gear 0,785 x b x (D^2 - d^2) x ρ bahan

Dimana :

b = Lebar riding ring 10 in 0,833 ft

D = Diameter cooler = 6,84 ft

d = Diameter luar shell 4,84 ft

ρ = Densitas steel = 450 lb/cuft

Berat gear = 0,785 x (10 / 12) x ($6,84^2$ - $4,84^2$) x 450 6876,6 lb

Jadi berat total = 20629,8 lb

Untuk safety ditetapkan 40.000 lb

Menetukan power yang dibutuhkan untuk memutar rotary cooler (Hp)

Power untuk memutar rotary cooler :

$$Hp = \frac{N' (4,75 \times d \times w \times 0,1925 \times D \times W + 0,33 W)}{100\,000}$$

Dimana

w = berat bahan = 5792,505 lb

W = berat shell + berat batu tahan api + berat bahan + berat dinding ring + berat Gear = 40.000 lb

d = diameter luar cooler 4,84 ft

N = besarnya putaran = 7,51 rpm

$$Hp = \frac{7,51 \{(4,75 \times 4,84 \times 5792,505 + 0,1925 \times 6,84 \times 40.000 + 0,33 \times 40.000)\}}{100.000}$$

= 14,95

efisiensi 60 % maka tenaga yang diperlukan untuk memutar rotary kiln adalah

= Hp / 0,6 = 14,95 / 0,6 = 25 Hp

Digunakan tenaga 25 Hp

Spesifikasi Rotary cooler

Tupe = single shell direct rotary cooler

Diameter luar 4,84 ft

Diameter dalam 4,24 ft

Panjang 22,85 ft

Putaran 7,51 rpm

Tenaga penggerak 25 Hp

28. BLOWER (G-171)

Fungsi : menghembuskan udara dari atmosfir untuk pendingin.

Kapasitas udara : 4233,456 lb/jam = 70,576 lb/menit

Suhu udara masuk : 30 ^{0}C = 86 ^{0}F 546 ^{0}R

$$\text{Densitas udara} : \frac{P \cdot BM}{R \cdot T} = \frac{1 \times 28,97}{0,7302 \times 546} = 0,0726 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{Rate udara} = \frac{70,576}{0,0726} = 970,531 \text{ cuft/ menit}$$

$$\text{Power blower} = \frac{144 \times Q (P_2 - P_1)}{33.000} \quad \text{(Perry V, p. 6-20)}$$

$$\frac{144 \times 970,531 \times 1,5}{33.000} = 6,35 \text{ Hp}$$

Efisiensi 70 %

Power yang digunakan 6,35 / 0,7 9,075 Hp ≈ 10 Hp

Spesifikasi cooler blower

Nama = blower

Rate udara = 970,531 cuft/menit

Power = 10 Hp

Bahan = carbon steel

29. [illegible]R CYCLONE (H-172)

Fungsi : Memisahkan gas yang timbul dan debu yang mungkin terjadi pada rotary cooler.

Data : Perry edisi V halaman 20-82

Rate gas = 70,576 lb/menit

Suhu gas : 175 ^{0}C = 347 ^{0} F = 807^0 R

Rate gas = $\frac{70,576 \text{ lb/ menit}}{0,049 \text{ lb/ cuft}}$ = 1440,3 cuft /menit = 24 cuft / detik

Kapasitas gas = 50 ft/detik

Luas penampang gas masuk = 24 /50 = 0,48 ft^2 = 69,12 in^2

Dari Perry edisi V hal 20-82 didapat penampang gas masuk

AC = BC x HC

HC = 2 BC

AC = 2 BC^2 = 69,12 in^2

BC = 5,88 in

HC = 2 BC = 11,76 in

DC = 2 HC = 23,51 in

DE = DC / 2 = 11,75 in

LC = 2 DC = 47,02 in

SC = DC/8 = 2,94 in

ZC = 2 DC = 47,02 in

JC = DC/4 = 5,88 in

Spesifikasi cooler cyclone

Type : Effluent dust cyclone

Kapasitas : 24 cuft/detik

Ukuran : AC = 69,12 in^2

BC = 5,88 in

HC = 11,76 in

DC = 23,51 in

DE = 11,75 in

LC = 47,02 in

SC = 2,94 in

ZC = 47,02 in

JC = 5,88 in

Jumlah = 1 buah

30. EXHAUST FAN (G-173)

Fungsi : Mengeluarkan gas dari rotary cooler ke cerobong untuk dibuang keudara bebas.

Type : centrifuge exhaust fan

Jumlah gas : 70,576 lb/menit

Maximum temperature gas : 175 ^{0}C = 807 ^{0}R

$$\text{Densitas gas} = \frac{29}{359} \times \frac{14,7}{14,7} \times \frac{492}{807} = 0,049 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{Rate gas} = \frac{70,576}{0,049} = 1440,3 \text{ cuft/menit} = 24 \text{ cuft/detik}$$

$$\text{Tenaga penggerak} = \frac{144 \times Q (P_2 - P_1)}{33.000} = \frac{144 \times 1440,3 \times 1,5}{33.000} = 9,4 \text{ Hp}$$

Efisiensi 70 %

9,4 / 0,7 = 13,4 Hp ≈ 14 Hp

Spesifikasi

Jenis = Centrifugal

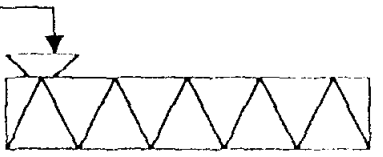
Rate gas = 24 cuft/detik

Tenaga penggerak = 14 Hp

Bahan = carbon steel

Jumlah = 1 buah

31. SCREW CONVEYOR I (J-174)



Fungsi : Mengeluarkan AlF_3 dari Rotary cooler menuju Bucket Elevator

Type : Plant Spout or Chutes

Data : Kapasitas : 60931,093 Kg/hari = 2538,045 Kg/jam

Elevansi : Horisontal

Bulk Density : 192,298 lb/cuft

Perhitungan :

Rate pengeluaran = 2538,045 Kg/jam = 5595,374 lb/jam

Volume = 5595,374 : 192,298 = 29,097 cuft/jam = 0,4849cuft/menit

Panjang screw = 15ft

$$Hp = \frac{Cx \quad Lx \quad Wx \quad F}{33000}$$

Dimana :

C : Kapasitas screw conveyor , cuft/menit

L : Panjang, ft

W : berat material, lb/cuft

F : Material faktor ≈ 2

$$Hp = \frac{Cx \quad Lx \quad Wx \quad F}{33000}$$

$$= \frac{0,4849x \quad 15x \quad 192,298x \quad 2}{33000}$$

$$= 0,0847 \quad Hp$$

Hp < 2 ; maka dikalikan 2 menjadi:

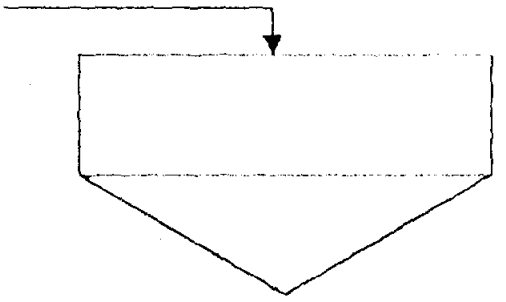
Hp = 2 x 0,0847 = 0,169 Hp dengan tambahan rata-rata 0,75 Hp

Maka digunakan tenaga penggerak = 0,169 + 0,75 = 0,9119 Hp ≈ 1 Hp

Jadi spesifikasi Screw Conveyor :

a. Jenis : Plant Spout or Clutes
b. Kapasitas : 2538,045 Kg//jam
c. Class material : d
d. Speed : 12 Rpm
e. Diameter : 9 in
f. Power : 1 Hp
g. Jumlah alat : 1

32. STORAGE (F-175)



Fungsi : Untuk menampung sementara AlF_3

Type : Silinder tegak dengan bejana bawah berbentuk konis, bagian atas terbuka dan bagian bawah dihubungkan dengan screw conveyor.

Data : Kapasitas = 60913,093 Kg/hari
Bulk Density = 192,298 lb/cuft

Perhitungan:

Lubang pengeluaran = 30 in

Sudut konis = 45^0

Tinggi H = ½ D = R

Berat bahan 60913,095 Kg/hari

= 20304,365 lb/sift = 44763,003 lb/shift

Volume bahan $= \frac{44763,003}{192,298} = 232,779$ cuft = 1741,422 gallon

Tangki terisi = 70 - 90 %

= 0,8 x 232,779 = 290,973 cuft = 217,769 gallon

= 502801,344 in^3

Berat bahan = 290,973 x 192,298 = 55953,525 lb

Volume tangki = (1/3 x π R^2T - 1/3 π r^3t) + π R^3 ; r = 30/2 in = 15 in

H = ½D = R

= 1/3 π R^3 - 1/3 π r^3 + π R^3

= 4/3 π R^3 - 1/3 π r^3

= 4,1867 R^3 - 3532,5 = volume = 502801,341 in^3

H = ½D = R

499268,844 = 4,1867 R^3

R^3 = 119251,163

R = 49,221 in = 4,101 ft

Diameter = 2 x R

= 2 x 49,221 in = 98,442 in = 4,101 ft

Tinggi bahan dalam silinder = H = R = 49,221 in = 4,101 ft

Tinggi bahan dalam konis = (R- 15) in = (49,221 - 15) in = 34,221in =

= 2,851 ft

Tinggi total bahan dalam tangki = Tinggi tangki

= (4,101 + 2,851) ft = 6,952 ft

ekanan vertikal, Ps $= \frac{R \cdot \rho b \left(\frac{g}{gc}\right)}{2\mu' K'} \left(1 - e^{2\mu' K' (T - h)/R}\right)$ (Mc.Cabe,hlm248)

imana Ps = Tekanan vertikal pada dasar bejana (lb/in^2)

ρb = Bulk density bahan (lb/in^2)

μ^1 = Friksi koefisien 0,35 - 0,55 , diambil 0,45

K^1 = Ratio pressure 0,35 - 0,65 , diambil 0,50

ZT = Tinggi total material (ft)

R = Jari-jari (ft)

$$Ps = \frac{4,101 \times 192,298}{2 \times 0,45 \times 0,5} \times \left(1 - e^{2 \times 0,45 \times 0,5 \times 1 / 8}\right)$$

$$= 935,291 \ lb/ft^2 = 6,49 \ lb/in^2$$

Tekanan lateral pada tangki

Pl = K x Ps

= 0,5 x 6,49 = 6,79 lb/in^2

Tekanan total = Ptotal = Ps + Pl

= (6,49 + 3,24) lb/in^2

= 9,737 lb/in^2

Tekanan design = Pdesign = 1½ x Ptotal

= 1½ x 9,737 lb/in^2

= 11,684 lb/in^2

Tebal Silinder :

$$Ts = \frac{P \ D}{2 \ fe - P} + C$$

$$= \frac{11,684 \times 98,442}{2 \times 12750 \times 0,8 - 11,684} + 0,125$$

$$= 0,17 \ in$$

Digunakan tebal plate 0,5 in

Tebal konis :

$$Ts = \frac{P \cdot D}{2 \cdot fe \cdot \cos\alpha} + C$$

$$= \frac{11,684 \times 98,442}{2 \times 12750 \times 0,8 \times 0,707} + 0,125$$

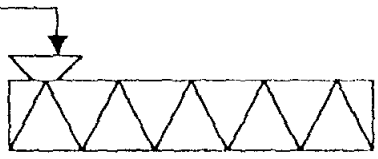
$$= 0,208 \ in$$

Digunakan tebal plate 3/8 0,375 in

Jadi spesifikasi product storage :

a. Kapasitas : 60913,093 Kg/hari
b. Diameter silinder : 98,442 in
c. Diameter lubang silinder : 30 in
d. Tinggi silinder : 49,221 in
e. Tinggi konis : 34,221 in
f. Tebal silinder : 0,1875 in
g. Tebal konis : 0,375 in

33.A' SCREW CONVEYOR II (J-176)



Fungsi : Mengeluarkan AlF_3 dari Rotary cooler menuju Bucket Elevator

Type : Plant Spout or Clutes

Data : Kapasitas : 60931,093 Kg/hari 2538,045 Kg/jam

Elevansi : Horisontal

Bulk Density : 192,298 lb/cuft

Perhitungan :

Rate pengeluaran = 2538,045 Kg/jam = 5595,374 lb/jam

Volume = 5595,374 : 192,298 = 29,097 cuft/jam = 0,4849cuft/menit

Panjang screw = 15ft

$$Hp = \frac{Cx \quad Lx \quad Wx \quad F}{33000}$$

Dimana :

C : Kapasitas screw conveyor , cuft/menit

L : Panjang, ft

W : berat material, lb/cuft

F : Material faktor ≈ 2

$$Hp = \frac{Cx \quad Lx \quad Wx \quad F}{33000}$$

$$= \frac{0{,}4849x \quad 15x \quad 192{,}298x \quad 2}{33000}$$

$$= 0{,}0847 \quad Hp$$

Hp < 2 ; maka dikalikan 2 menjadi:

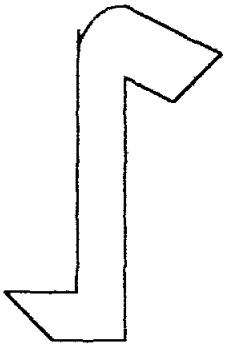
Hp = 2 x 0,0847 = 0,169 Hp dengan tambahan rata-rata 0,75 Hp

Maka digunakan tenaga penggerak 0,169 + 0,75 0,9119 Hp ≈ 1 Hp

Jadi spesifikasi Screw Conveyor :

a. Jenis : Plant Spout or Clutes
b. Kapasitas : 2538,045 Kg//jam
c. Speed : 12 Rpm
d. Diameter : 9 in
e. Power : 1 Hp
f. Jumlah alat : 1

34.AlF_3 BUCKET ELEVATOR (J-177)



Fungsi : Mengangkut AlF_3 dari screw conveyor menuju storage product

Type : Centrifugal Bucket Elevator

Perhitungan :

Bahan yang diangkut = 60913,093 Kg/hari

Bulk Density = 192,298 lb/cuft

Tinggi Bucket Elevator = 25 ft

Sudut elevansi = 90^0

Bersadarkan Perryy ed 5, tabel 7-8

Ukuran Bucket = 8 x 5 x 5,5 in

Spacing = 14 in

Kecepatan = 225 fpm

Kapasitas = 27 tton/jam

Spesifikasi diatas berdasarkan material dengan bulk density 100 lb/cuft. Untuk bahan dengan bulk density 192,298 lb/cuft dan kapasitas 2,538 ton/jam diperoleh:

Speed belt = 2,538/27 x 100/192.,298 x 225 = 10,998 fpm

Tenaga bucket elevator = 2,538 x 2 x 25 / 1000 = 4,8

Efisiensi 60 %.

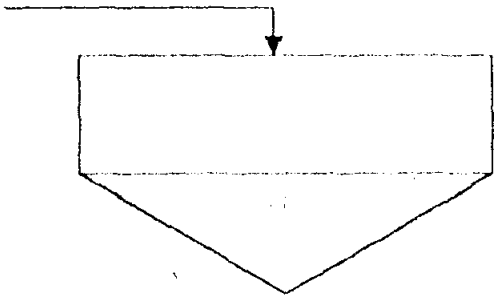
Maka 4,8 : 0,6 = 8 Hp

Digunakan tenaga penggerak 8 Hp

Jadi spesifikasi AlF_3 Bucket elevator

a. Type	: Centrifugal Bucket Elevator
b. Ukuran Bucket	: 8 x 5 x 5,5 in
Spacing	: 14 in
Tinggi Bucket Elevator	: 25 ft
Tenaga penggerak	: 8, 5 Hp
Jumlah	: 1 buah

35. **STORAGE 2 (F-178)**



Fungsi : Untuk menampung sementara $Al_2O_3.3H_2O$

Type : Silinder tegak dengan bejana bawah berbentuk konis, bagian atas terbuka dan bagian bawah dihubungkan dengan screw conveyor.

Data : Kapasitas = 60913,093 Kg/hari

Bulk Density = 192,298 lb/cuft

Perhitungan:

Lubang pengeluaran = 30 in

Sudut konis = 45^0

Tinggi H = ½ D = R

Berat bahan = 60913,095 Kg/hari

= 20304,365 lb/sift = 44763,003 lb/shift

Volume bahan $= \frac{44763,003}{192,298} = 232,779$ *cuft* = 1741,422 gallon

Tangki terisi =70 - 90 %

= 0,8 x 232,779 = 290,973 cuft = 217,769 gallon

= 502801,344 in^3

Berat bahan = 290,973 x 192,298 = 55953,525 lb

Volume tangki = (1/3 x π R^2T - 1/3 π r^3) + π R^3 , r = 30/2 in = 15 in

II = ½ D = R

= 1/3 π R^3 - 1/3 π r^3 + π R^3

= 4/3 π R^3 - 1/3 π r^3

= 4,1867 R^3 - 3532,5 volume = 502801,344 in^3

II = ½ D = R

499268,844 = 4,1867 R^3

R^3 = 119251,163

R = 49,221 in = 4,101 ft

Diameter = 2 x R

= 2 x 49,221 in = 98,442 in = 4,101 ft.

Tinggi bahan dalam silinder = II = R = 49,221 in = 4,101 ft

Tinggi bahan dalam konis = (R- 15) in = (49,221 - 15) in = 34,221in =

=2,851 ft

Tinggi total bahan dalam tangki = Tinggi tangki

(4,101 + 2,851) ft 6,952 ft

Tekanan vertikal, Ps $= \frac{R \quad \rho b \quad \left(\frac{g}{gc}\right)}{2\mu^1 \quad K^1} \left(1 - e^{2\mu \quad K^1 \quad Z/ \quad R}\right)$ (Mc.Cabe,hlm248)

Dimana : Ps = Tekanan vertikal pada dasar bejana (lb/in^2)

ρb = Bulk density bahan (lb/in^2)

μ^1 = Friksi koefisien = 0,35 - 0,55 ; diambil 0,45

K' = Ratio pressure = 0,35 – 0,65 ; diambil 0,50

ZT = Tinggi total material (ft)

R = Jari-jari (ft)

$$Ps = \frac{4,101 \times 192,298}{2 \times 0,45 \times 0,5} x\left(1 - e^{2 \mu K' Z T / R}\right)$$

$$= 935,291 \ lb/ft^2 = 6,49 \ lb/in^2$$

Tekanan lateral pada tangki

Pl = K x Ps

= 0,5 x 6,49 = 6,79 lb/in^2

Tekanan total = Ptotal = Ps + Pl

= (6,49 + 3,24) lb/in^2

= 9,737 lb/in^2

Tekanan design = Pdesign = 1,2 x Ptotal

= 1,2 x 9,737 lb/in^2

= 11,684 lb/in^2

Tebal Silinder :

$$Ts = \frac{P \ D}{2 \ fe - P} + C$$

$$= \frac{11,684 \times 98,442}{2x \ 12750x \ 0,8 - 11,684} + 0,125$$

$$= 0,17 \ in$$

Digunakan tebal plate = 0,5 in

Tebal konis :

$$Ts = \frac{P \ D}{2 \ fe \cos\alpha} + C$$

$$= \frac{11,684 \times 98,442}{2x \ 12750x \ 0,8x \ 0,707} + 0,125$$

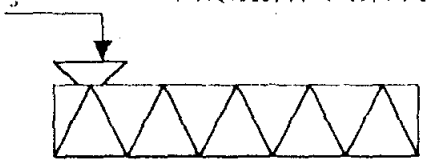
$$= 0,205 \ in$$

Digunakan tebal plate = 3/8 = 0,375 in

Jadi spesifikasi product storage :

a.	Kapasitas	: 2176,769 gallon
b.	Diameter silinder	: 98,442 in
c.	Diameter lubang silinder	: 30 in
d.	Tinggi silinder	: 49,221 in
e.	Tinggi konis	: 34,221 in
f.	Tebal silinder	: 0,1875 in
g.	Tebal konis	: 0,375 in
g.	Bahan	Carbon steel
h.	Jumlah	1

36. : **SCREW CONVEYOR III (J-179)**



Fungsi : Mengeluarkan AlF_3 dari Rotary cooler menuju Bucket Elevator

Type : Plant Spout or Chutes

Data : Kapasitas : 60931,093 Kg/hari = 2538,045 Kg/jam

Elevansi : Horisontal

Bulk Density : 192,298 lb/cuft

Perhitungan :

Rate pengeluaran = 60931,093 Kg/hari = 2538,045 Kg/jam = 5595,374 lb/jam

Volume = 5595,374 : 192,298 = 29,097 cuft/jam = 0,4849cuft/menit

Panjang screw =15ft

$$Hp = \frac{Cx \;\; Lx \;\; Wx \;\; F}{33000}$$

Dimana :

C : Kapasitas screw conveyor , cuft/menit

L : Panjang, ft

W : berat material, lb/cuft

F : Material faktor ≈ 2

$$Hp = \frac{Cx \;\; Lx \;\; Wx \;\; F}{33000}$$

$$\frac{0{,}4849x \;\; 15x \;\; 192{,}298x \;\; 2}{33000}$$

$$= 0{,}0847 \;\; Hp$$

Hp < 2 ; maka dikalikan 2 menjadi

Hp = 2 x 0,0847 = 0,169 Hp dengan tambahan rata-rata 0,75 Hp

Maka digunakan tenaga penggerak = 0,169 + 0,75 = 0,9119 Hp ≈ 1 Hp

Jadi spesifikasi Screw Conveyor :

a. Jenis : Plant Spout or Clutes
b. Kapasitas : 2538,045 Kg//jam
c. Class material : d
d. Speed : 12 Rpm
e. Diameter : 9 in
f. Power : 1 Hp
g. Jumlah alat :1

APPENDIX D

PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

APPENDIX D
PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

1. Metode Penafsiran Harga Alat

Harga-harga alat produksi dapat berubah setiap saat, tergantung pada kondisi pada saat itu. Untuk memperkirakan harga alat-alat tersebut maka perlu ditanyakan langsung ke produsen peralatan di dalam negeri yang sudah bisa membuat peralatan-peralatan dari pabrik Aluminium Fluorida ini.

Sebagai contoh, misal evaporator, reactor, storage dapat dipesan dari PT. Meco Inox Prima di Jalan Kalijaten 114 Sepanjang. Untuk conveyor, misal dapat dipesan di PT. Piramid Mas Perdana yang berkantor di Jalan Kranggan 70 Surabaya (Sumber : petunjuk telepon Surabaya tahun 2002-2003, yellow page, halaman 282).

Sedangkan untuk peralatan-peralatan lainnya yang umum misal pompa, blower dan lain-lain dapat dibeli di pasaran yang ada di Surabaya. Pembelian peralatan ini diusahakan dibeli di dalam negeri karena bila dibeli dari luar negeri akan lebih mahal, apalagi dengan nilai rupiah begitu rudah dibanding dengan nilai dollar.

2. Metode Penaksiran Harga Bahan Baku dan Produk

Untuk harga beli bahan baku dapat diperkirakan/ditanyakan langsung ke pasaran di Surabaya. Sebagai misal di Brata Chem di Jl. Tidar 89 Surabaya (Sumber : petunjuk telepon Surabaya tahun 2002-2003, yellow page, halaman 202)

Sedangkan untuk produk Aluminium Fluorida dapat diperkirakan harga jualnya dari Biro Statistik tahun 1998 halaman 35. Sama halnya dengan harga peralatan, harga barang baku dan produk ini sering berubah (berbeda harganya) mengingat masih kurang stabilnya keadaan negara.

2. Perhitungan Bahan Baku

2.1. Harga Barang Baku

- $Al_2O_3.3H_2O$

Harga beli Per kilogram	= Rp. 4.000,-
Kebutuhan Perhari	57.972,662 Kg

Harga beli Perhari = 57.972,662 Kg x 4000
= Rp. 231.890.648
Harga beli Pertahun = 330 x Rp 231.890.648
= Rp. 76.523.913.840

- H_2SiF_6 (Asam Fluosilika) 20%

Harga beli Per kilogram = Rp. 100,-
Kebutuhan Perhari = 263.552,64 Kg
Harga beli Perhari = 263.552,64 Kg x 100
Rp. 26.355.264
Harga beli Pertahun = 330 x Rp 26.355.264
= Rp. 8.697.237.120

Total Pembelian bahan baru & pembuatan Rp 85.221.150.960 ≈ 85.221.200.000

2.1Harga Jual Produk

- Produk Aluminium Floride (AlF_3)

Harga jual Per kilogram = Rp. 10.000,-
Produksi Perhari = 60913,093 Kg
Harga jual Perhari = 60913,093 Kg x Rp 10.000
= Rp. 609.130.930
Harga jual Pertahun = 330 x Rp 609.130.930
= Rp. 201.013.206.900

2.2.Hasil Samping

- Silika.

Harga jual Per kilogram = Rp. 500,-
Produksi Perhari = 29105,576 Kg
Harga jual Perhari = 29105,576 Kg x Rp 500
= Rp. 14.552.788
Harga jual Pertahun = 330 x Rp 14.552.788
= Rp. 4.802.421.000

Total harga penjualan produk = 201.013.206.900 + 4.802.421.000
= 205.816.000.000

3. Perhitungan Gaji Karyawan

Gaji Karyawan Perbulan Rp. 136.850.000,-

Ditetapkan 1 tahun produksi 13 bulan gaji

(Termasuk tunjangan hari Raya, 1 bln gaji)

Gaji 1 tahun Rp 136.850.000 x 13 bln

Rp 1.475.500.000

4. Perhitungan Biaya Utilitas

a. Air

Kebutuhan Perhari = 100 m^3

Harga air M3 = Rp. 7000

Harga Air Perhari Rp. 7000 x 100 M^3 Rp 700.000

Harga Air Pertahun = 330 x Rp. 700.000

Rp 231.000.000

b. Fuel Oil

Kebutuhan Fuel Oil tiap jam = 37.758 Lt/hr

Harga Fuel Oil = Rp. 2000/Lt

Harga Fuel Oil Perhari = Rp. 2000 x 37.758 75.516.000,-

Harga Fuel Oil Pertahun = 330 x Rp 75.516.000,-

= Rp. 24.920.280.000

Harga Utilitas = Rp. 25.151.280.000

5. Perhitungan Harga Tanah & Bangunan

Luas tanah & bangunan = 10.000 m2

Luas bangunan = 4107 m^2

Harga tanah Rp. 200.000 x 10.000 m^2

Rp. 2.000.000.000

Harga Bangunan Rp. 150.000 x 4107 M^2

Rp. 616.050.000

Total harga tanah & bangunan = Rp. 2.616.050.000

6. biaya Pengemasan

a. Aluminium Florida

Berat produk tiap bagian = 50 Kg

Biaya tiap bag = Rp. 1500

Biaya kemasan pertahun = $\frac{60913,093 \times 330 \times \text{Rp } 1500}{50}$

= 603.039.620

b. Raw Silika

Berat produk tiap bagian = 50 Kg

Biaya tiap bagian = Rp. 1500

Biaya kemasan pertahun = $\frac{29105,576 \times 330 \times \text{Rp } 1500}{50}$

= Rp. 288.145.200

Total Biaya Kemasan = Rp. 971.184.820 ≈ 971.185.000

Tabel D.1. Harga Peralatan Pabrik Aluminium Fluorida

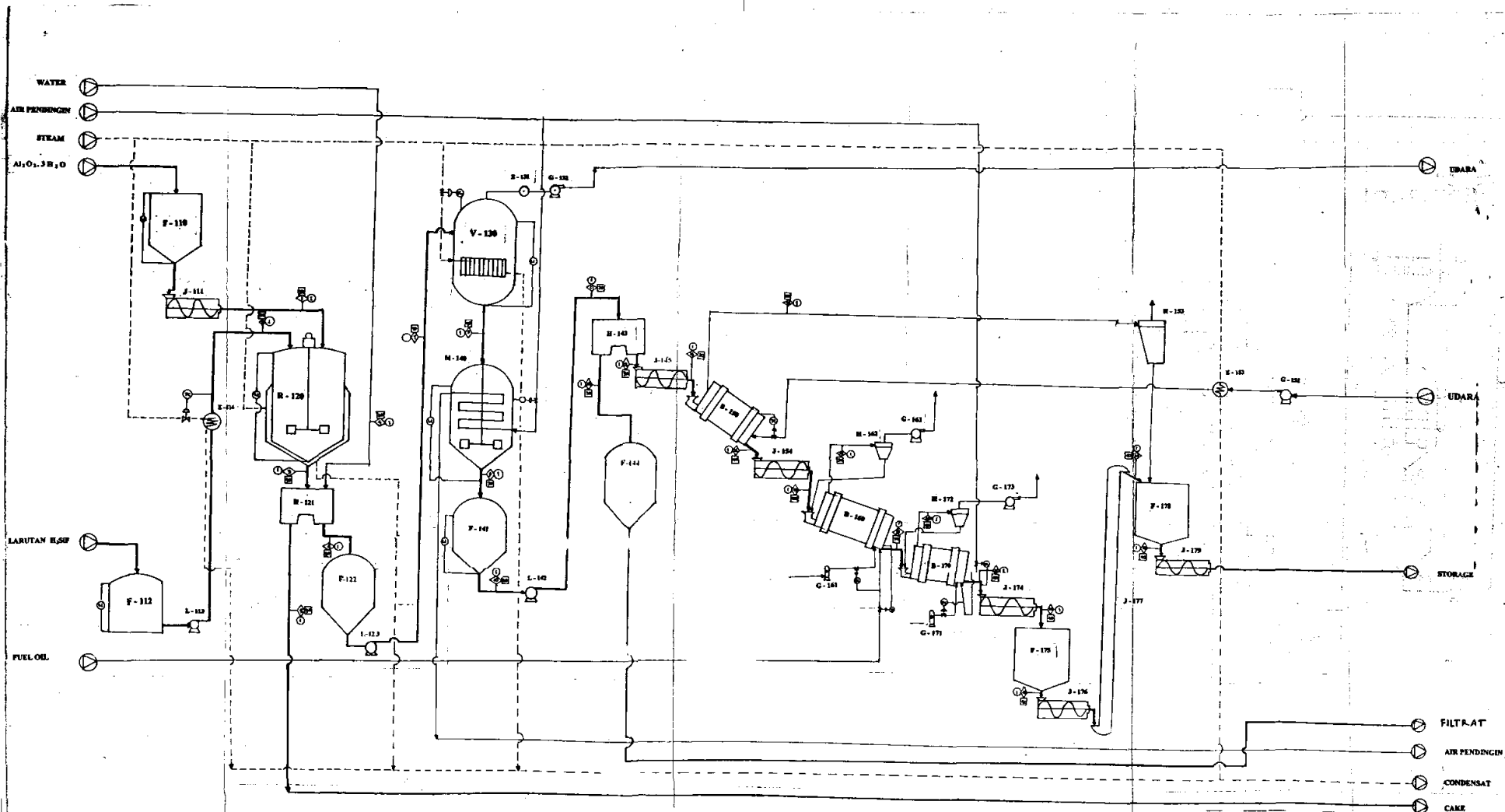
No.	Kode	Nama Alat	Jumlah	Total Rp x 1000
1.	F-112	20 % H_2SiF_6 Storage	2	200.000
2.	L-113	20 % H_2SiF_6 Pump	1	1.500
3.	E-114	20 % H_2SiF_6 Heater	1	161.200
4.	F-110	$Al_2O_3.3H_2O$ Storage	1	50.000
5.	J-111	$Al_2O_2.3H_2O$ Screw Conveyor	1	40.000
6.	R-120	Reaktor	1	200.000
7.	H-121	SiO_2 Centrifuge	2	449.000
8.	F-122	AlF_3 filtrat storage	1	100.000
9.	L-123	AlF_3 Filtrat Pump	1	1.500
10.	V-130	AlF_3 evaporator	1	400.000
11.	E-131	AlF_3 evaporator barometic condeser	1	5.000
12.	G-132	AlF_3 evaporator exhaust fan	1	10.000
13.	M-140	AlF_3 crystallizer	1	1.216.000
14.	F-141	$AlF_3.3H_2O$ Storage	1	701.500
15.	L-142	$AlF_3.3H_2O$ Storage pump	1	1.000
16.	H-143	$AlF_3.3H_2O$ Centrifuge	2	449.000
17.	F-144	$AlF_3.3H_2O$ filtrat storage	1	75.000
18.	J-145	$AlF_3.3H_2O$ kristal screw conveyor	1	40.000
19.	B-150	$AlF_3.3H_2O$ Rotary dryer	1	294.500
20.	G-151	Blower	1	94.600
21.	E-152	Heater	1	161.100
22.	H-153	Separator	1	47.300
23.	J-154	$AlF_3.3H_2O$ Screw conveyor	1	40.000
24.	B-160	Rotary kiln	1	354.500
25.	G-161	Kiln air blower	1	141.000
26.	H-162	Kiln cyclone	1	47.300
27.	G-163	Kiln exhaust fan	1	10.000
28.	B-170	Rotary cooler	1	140.000

29.	G-171	Blower	1	94.600
30.	G-17	Cooler exhaust fan	1	47.300
31.	J-174	AlF_3 screw conveyor	1	10.000
32.	F-175	AlF_3 storage	1	100.000
33.	J-176	AlF_3 Bucket elevator	1	40.000
34.	F-178	AlF_3 Storage	1	100.000
35.	J-179	AlF_3 Screw conveyor	1	40.000
		Peralatan Utilitas		
36.	F-410	Bak penampung air PDAM	2	4.600
37.	L-411	Pompa bak penampung air PDAM	1	1.500
38.	F-412	Menara air	1	2.200
39.	F-413	Tangki penampung air untuk demineralisasi	1	2.200
40.	L-414	Pompa demineralisasi	1	1.000
41.	P-415	Cooling tower	1	401.072
42.	F-416	Bak air cooling tower	1	2.175
43.	L-417	Pompa cooling tower	2	3.000
44.	F-418	Bak air hangat	1	2.175
45.	L-419	Pompa air hangat	2	3.000
46.	E-420	Tabung demineralisasi	1	749.613
47.	F-421	Tangki penampung air	1	2.175
48.	L-422	Pompa air umpan boiler	1	1.000
49.	P-430	Boiler	1	183.652
50.	L-431	Pompa fuel oil	2	2.000
51.	F-432	Tangki fuel oil	2	48.000
52.	P-433	Generator	2	180.000
		TOTAL		7.441.103

Tabel D2 Gaji karyawan Pabrik Aluminium Fluorida

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/orang Rupiah (Rp)	Gaji Total Rupiah (Rp)
01.	Direktur Utama	1	8.500.000	8.500.000
02.	Direktur teknik dan produksi	1	6.000.000	6.000.000
03.	Direktur keuangan dan administrasi	1	6.000.000	6.000.000
04.	Kabag teknik	1	2.000.000	2.000.000
05.	Kabag produksi	1	2.000.000	2.000.000
06.	Kabag keuangan	1	2.000.000	2.000.000
07.	Kabag pemasaran	1	2.000.000	2.000.000
08.	Kabag umum	1	2.000.000	2.000.000
09.	Kasie utilitas	1	1.500.000	1.500.000
10.	Kasie perbaikan, gudang, sparepart	1	1.500.000	1.500.000
11.	Kasie bahan baku, pengepakan, gudang produk	1	1.500.000	1.500.000
12.	Kasie proses	4	1.500.000	6.000.000
13.	Kasie pembukuan	1	1.500.000	1.500.000
14.	Kasie keuangan	1	1.500.000	1.500.000
15.	Kasie penjualan, promosi	1	1.500.000	1.500.000
16.	Kasie pembelian	1	1.500.000	1.500.000
17.	Kasie humas dan umum	1	1.500.000	1.500.000
18.	Karyawan utilitas	8	750.000	6.000.000
19.	Karyawan perbaikan & pemeliharaan gudang sparepart	16	750.000	12.000.000
20.	Karyawan bahan baku, pengepakan, gudang produk	16	750.000	12.000.000
21.	Karyawan proses	20	750.000	15.000.000
22.	Karyawan laboratorium	4	750.000	3.000.000
23.	Karyawan pembukuan	4	750.000	3.000.000
24.	Karyawan keuangan	4	750.000	3.000.000
25.	Karyawan penjualan, promosi	4	750.000	3.000.000

26.	Karyawan pembelian	4	750.000	3.000.000
27.	Karyawan humas, umum dan keamanan	32	750.000	24.000.000
28.	Karyawan harian	10	600.000	6.000.000
	Total	139		136.850.000



NO	CODE	NAME
36	J-179	AlF_3 Product Screw Conveyor 110
35	F-178	Product storage II
34	J-177	AlF_3 Bucket Elevator
33	J-176	AlF_3 Product Screw Conveyor II
32	F-175	Product storage I
31	J-174	AlF_3 Product Screw Conveyor I
30	G-173	Cooler Exhaust Fan
29	B-172	Cooler Cyclone
28	G-171	Cooler Blower
27	B-170	Rotary Cooler
26	G-163	Kiln Exhaust Fan
25	B-162	Kiln Cyclone
24	G-161	Kiln Air Blower
23	B-160	Rotary Kiln
22	J-154	$AlF_3.3H_2O$ Dry Screw Conveyor
21	E-152	Heater
20	G-151	Dryer Exhaust Fan
19	B-150	Rotary Dryer
18	J-145	$AlF_3.3H_2O$ Centrifuge Screw Conveyor
17	F-144	Tangki Penampung Sementara
16	B-143	$AlF_3.3H_2O$ Centrifuge
15	L-142	AlF_3 Crystallizer Filtrat Pump
14	F-141	Tangki Penampung Sementara
13	M-140	Crystallizer
12	G-132	Evaporator Exhaust Fan
11	E-131	Evaporator Barometric Condenser
10	V-130	AlF_3 Evaporator
9	L-123	SiO_2 Centrifuge Pump
8	F-122	Tangki Penampung Sementara
7	B-121	SiO_2 Centrifuge
6	R-120	Reaktor
5	E-114	H_2SiF_6 Heater
4	L-113	H_2SiF_6 Sollution Pump
3	F-112	H_2SiF_6 Sollution Storage
2	J-111	$Al_2O_3.3H_2O$ Screw Conveyor
1	F-110	$Al_2O_3.3H_2O$ Storage

UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA SURABAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK KIMIA

FLOW SHEET PABRIK
ALUMUNIUM FLOURIDA

Disusun Oleh :
NAMA : ELOK PUDJASTUTI / NINA MARANDAYANI
NRP : 5203097042 / 5203097049

Disetujui Oleh :
Ir. M. BASAD, MT
Dosen Pembimbing

Control Instrument
L.I = Level Indicating
P.I = Pressure Indicating
T.I = Temperature Indicating

Symbol
= Mass Stream Number
= Pressure Condition, atm
= Temperature Condition, °C

Neraca Massa (Kg/hari)

Senyawa (Umur)	Nomor Aliran 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$Al_2O_3.3H_2O$	57103,072																							
SiO_2	69,567		22031,387		21811,965	220,332	988,332	220,332	220,332	220,332	220,332		220,332	220,332		220,332	220,332		220,332	220,332	220,332	220,332	220,332	220,332
Fe_2O_3	17,391		17,391		17,218	0,173	0,173	0,173	0,173	0,173	0,173		0,173	0,173		0,173	0,173		0,173	0,173	0,173	0,173	0,173	0,173
P_2O_5	2,898		2,898			2,898	2,898	2,898	2,898	2,898	2,898		2,898	2,898		2,898	2,898		2,898	2,898	2,898	2,898	2,898	2,898
H_2O	779,732	210842,112	343699,116	87316,725	7276,393	323699,646	323699,646	307641,3708	204530,815	204530,815	204530,815	149856,264	54674,551	54674,551	54674,551			103110,560						
H_2SiF_6		52710,528																						
AlF_3			61528,275			61528,275	61528,275	61528,275	838,576	838,576	838,576	838,576								60689,699	60689,699	60689,699	60689,699	60689,699
$AlF_3.3H_2O$									163800,299	163800,299	163800,299		163898,359	163898,359		163800,299	163800,299							
Total	57972,662	263552,640	327149,366	87316,725	29105,575	385361,119	385361,119	369393,844	369393,844	369393,844	369393,844	150694,840	218698,364	218698,364	54674,551	164823,653	164823,653	103110,560	60913,093	60913,093	60913,093	60913,093	60913,093	60913,093