APPENDIKS C
SPESIFIKASI ALAT

1. Storage Metanol (F-111)

Fungsi: Untuk menampung bahan baku metanol (CH_3OH)

Tipe: Tangki berbentuk silinder, tutup atas standar dish dan tutup bawah datar

Direncanakan:

Bahan kontruksi : Carbon steel SA 167 Grade 3 Type 304

F allowable : 18750

Tipe pengelasan : Double welded butt join, E = 0,80

Faktor korosi : 1/16

Waktu tinggal : 7 hari = 168 jam

Jumlah storage : 6

Kondisi:

Temperatur (T) : 30 °C = 303,2 K

Tekanan (P) : 1 atm = 14,7 psia = 0 psig

Perhitungan *density*

1 g/cm^3 = 62,4286 lb/ft^3

1 ft = 12,0001 in

1 kg = 2,2046 lb

Density = $A \times B^{-(1-T/Tc)n}$ (*[8] Density of Liquid*)

Bahan	A	B	n	Tc
CH_3OH	0,2792	0,2791	0,2331	512,5800
H_2O	0,3471	0,2740	0,28571	647,1300

Bahan	m (kg/jam)	xi (massa)	ρ (g/cm^3)	xi.ρi
CH_3OH	2516,7490	0,4975	0,7865	0,3913
H_2O	2542,17118	0,5025	1,0229	0,5140
Total	5058,9202	1,0000	1,8094	0,9053

$$\rho \text{ campuran} = \frac{\sum xi.\rho i}{\sum xi}$$

$$= \frac{0,9053}{1} = 0,9053 \text{ g/cm}^3 = 56,5163 \text{ lb/ft}^3$$

Rate massa CH_3OH masu = 5058,9202 kg/jam

= 11152,8954 lb/jam

Perhitungan:

a. Menentukan volume tangki

$$\text{Volume liquid} = \frac{m}{\rho} \times q = \frac{11152,895}{56,5163} \times 168$$

$$= 33153,0305 \text{ ft}^3$$

Volume ruang kosong = 20% volume tangki

Volume tangki = Volume liquid + 20% volume tangki

80% volume tangki = 33153,03053 ft^3

Volume tangki = 41441,2882 ft^3 = 1173,493 m^3

b. Menentukan dimensi tangki

Asumsi Ls = 1,5 di

Volume tangk = Volume silinder + Tutup atas

$$41441,2882 = \frac{\pi}{4} di^2 Ls + 0,0847\ di^3$$

$$= \frac{\pi}{4} di^2 . 1,5 . di + 0,0847\ di^3$$

Jumlah tangki = 6 buah, jadi volume per tangki = 6906,8814 ft^3

$$6906,8814 = 1,2622\ di^3$$

$$di^3 = 5472,097\ ft$$

$$di = 17,6218\ ft$$

$$= 211,4621\ in = 5,3711\ m$$

c. Menghitung tinggi liquida

$$\text{Tinggi liquida (HL)} = \frac{\text{Volume liquida}}{\frac{1}{4} \pi \times di^2}$$

$$= \frac{33153,0305}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 18,4431^2}$$

$$= 136,0038\ ft$$

$$= 1632,046\ in$$

d. Menghitung tekanan design

$$\text{Tekanan hidrostatik (Pl} = \frac{\rho\ (HL-1)}{144} = \frac{56,516 \times 136,0038 - 1}{144}$$

$$= 52,986\ psia = 38,290\ psig$$

Tekanan design (Pi) = P operasi + P hidrostatik

$$= 0 + 38,2895$$

$$= 38,2895\ psig$$

e. Menghitung tebal silinder

$$\text{Tebal silinder (ts} = \frac{Pi \times di}{2(f.E - 0,6Pi)} + C$$

$$= \frac{38,2895 \times 211,4621}{2\ (\ 18750 \times 0,85 - 0,6 \times 33,5211)} + \frac{1}{16}$$

$$= 0,3328 \times \frac{16}{16}$$

$$ts = \underline{5,3249}\ in \approx \underline{5}$$

$$do = di + 2(ts) = 211{,}4621 + 2 \times \frac{5}{16} = 212{,}0871 \text{ in}$$

Berdasarkan [10] tabel 5.7 hal 90, didapatkan :

do_{st}	=	228	in		
icr	=	13 3/4	in	=	55
r	=	180	in		
ts	=	1	in		

di baru = dost - 2 ts
= 228 - 2
= 226 in
= 18,833 ft

f. Menghitung tinggi silinder

Tinggi silinder (Ls) = 1,5 di
= 339 in
= 28,2 ft

g. Menghitung dimensi tutup atas dan tutup bawah

Bentuk tutup atas adalah standart dished dan tutup bawah adalah flat, sehingga:

Tebal tutup atas (tha) $= \frac{0{,}885 \times Pi \times r}{fE - 0{,}1Pi} + C$

$= 0{,}5718 \times \frac{16}{16}$

$= \frac{9{,}1481}{16} \approx \frac{9}{16}$

Tinggi tutup atas (ha) = 0,169 di
= 38,1940 in

h. Menghitung tinggi tangki (H)

Tinggi tangki (H) = Tinggi silinder + Tinggi tutup atas
= 339 + 38,1940
= 377,1940 in
= 31,4325

Spesifikasi alat:

Fungsi	:	Penyimpanan bahan baku metanol (l)
Jumlah tangki	:	6 buah
Waktu tinggal	:	7 hari
Bahan kontruksi	:	Carbon steel SA-167 Grade 3 Type 304
Volume tangki	:	41441,2882 ft^3

Diameter dalam (di : 226 in
Diameter luar (do) : 228 in
Tebal silinder (ts) : 1 in
Tinggi silinder (Ls) : 339 in
Tinggi tangki (H) : 377,1940 in
Tebal tutup atas (th : 9/16 in
Tinggi tutup atas (h : 38,1940 in

2. Pompa (L-112)

Fungsi: Untuk mengalirkan metanol dari storage menuju vaporizer
Tipe : Pompa sentrifugal

Direncanakan:

Bahan kontruksi : Carbon steel
Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi

Suhu (T) : 30 °C = 303,15 K
Tekanan (P) : 1 atm = 14,7 psia = 0 psig
Densitas bahan : 56,5163 Ib/ft^3 = 905,3063 kg/m^3
= 3,5282 Ibm/jam

Viskositas bahan:

Bahan	A	B	C	D
CH_3OH	-9,0562	1,2542E+03	2,2383E-02	-2,3538E-05
H_2O	-10,2158	1,7925E+03	1,7730E-02	-1,2631E-05

Dikutip dari [8], Viscosity of liquid

$\log 10\ \mu = A+B/T+CT+DT^2$

Bahan	m (kg/jam)	xi (massa)	μ (cP)	μ (Ib/ft.s)	xi. μi
CH_3OH	5033,5000	0,9985	0,5050	0,0003	0,00034
H_2O	7,5616	0,0015	0,8150	0,0005	8,2E-07
Total	5041,06157	1,0000	1,3200	0,0009	0,00034

$$\mu \text{ campuran} = \frac{\sum xi.\mu i}{\sum xi}$$

$$= \frac{0,0003397}{1} = 0,000340 \text{ b/ft.s} = 1,2228 \text{ Ib/ft.jam}$$

Rate bahan masuk: 5041,0616 kg/jam
11113,524 Ib/jam

Perhitungan:

a. Menghitung rate volumetrik (Q)

$$Q = \frac{\text{Rate bahan masuk}}{\rho \text{ bahan masuk}}$$

$$= \frac{11113,5243}{56,5163}$$

$$= 196,6428 \ ft^3/jam$$

= 0,0546 ft^3/s
= 24,5181 gal/mnt

$Di_{optimum}$ = $3,9\ Q^{0,45} \times \rho^{0,13}$ [12]
= $3,9 \times 0,0546^{0,45} \times 56,5163^{0,1}$
= 1,7810 in
= 0,1484 ft

Standarisasi Di = 2 in sch 40 [12]
Outside diameter (OD) = 2,375 in = 0,1979 ft
Inside diameter (ID) = 2,067 in = 0,1723 ft
Luas (A) = 0,0233 ft^2

b. Menentukan kecepatan aliran fluida

Kecepatan aliran fluida (v) = $\frac{Q}{A}$

= $\frac{196,6428}{0,0233}$

= 8439,607 ft/jam
= 2,3443 ft/s

c. Menentukan bilangan reynold

Bilangan reynold (N_{Re}) = $\frac{D \times v \times \rho}{\mu}$

= $\frac{0,1723 \times 8439,6067 \times 56,5163}{1,2228}$

= 67191,0001 ≥ 4000 (Aliran turbulen)

Dari Geankoplis, Fig. 2.10-3, hal. 94 didapatkan:
Equivalen rougness (ε) = 0,000046 m = 0,000151 ft
Relative rougness (ε/D) = 0,0008761
Faktor friksi (f) = 0,01
α = 1 aliran turbulen

d. Menentukan panjang pipa

Asumsi:
Panjang pipa lurus = 25 ft
Elbow 90° = 1 buah
Globe valve = 1 buah
Perhitungan:
- Panjang pipa lurus = 25 ft
- Elbow 90° = 1 buah
  Le/D = 35 [12]
  L elbow = 35 ID

= 35 × 1 × 0,1723
= 6,0288 ft

- Gate valve = 1 buah
  Le/D = 9 [12]
  L elbow = 9 ID
  = 9 × 1 × 0,1723
  = 1,5503 ft
- Globe valve = 1 buah
  Le/D = 300 [12]
  L elbow = 300 ID
  = 300 × 1 × 0,1723
  = 51,6750 ft
- Panjang pipa total (L) = Pipa lurus + Elbow 90° + Gate Valve + Globe Valve
  = 25 + 6,0288 + 1,550 + 51,6750
  = 84,2540 ft
  = 1011,048 in

e. Menentukan friksion Loss

1. Friksi pada pipa lurus

$$F_f = 4f \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2g_c} \quad [12]$$

$$= 4 \times 0,01 \times \frac{84,2540}{0,1723} \times \frac{2,3443^{\,2}}{2 \times 32,17}$$

= 1,6711 Ibf.ft/Ibm

2. Kontraksi pada keluaran tangki

$$hc = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)^2 \times \frac{v_2^{\,2}}{2 \alpha g_c}$$

$$= 0,55 \times (1 - 0)^2 \times \frac{2,3443^{\,2}}{2 \; 1 \; 32,17}$$

= 0,0470 lbf.ft/lbm

3. Elbow 90°, 1 buah

K_f = 0,75 [12]

$$hf = 1K_f \frac{v^2}{2\,gc} \quad [12]$$

$$= 1 \times 0,75 \times \frac{2,3443^{\,2}}{2 \times 32,174}$$

= 0,0641 lbf.ft/lbm

4. Globe valve wide open, 1 buah

K_f = 6 [12]

$$hf = 1K_f \frac{v^2}{2\,gc} \quad [12]$$

$$= 1 \times 6 \times \frac{2{,}3443^{2}}{2 \times 32}$$

$$= 0{,}5125 \text{ lbf.ft/lbm}$$

5. Sudden expansion

$$h_{ex} = \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)^2 \times \frac{v_2^{2}}{2\,\alpha\,g_c}\ [12]$$

$$= (1 - 0)^{2} \times \frac{2{,}344^{2}}{2 \quad 1 \quad 32{,}2}$$

$$= 0{,}0854 \text{ lbf.ft/lbm}$$

6. Gate valve wide open, 1 buah

$$K_f = 0{,}17 \quad [12]$$

$$hf = K_f \frac{v^{2}}{2\,gc} \quad [12]$$

$$= 0 \times \frac{2{,}3443^{2}}{2 \times 32{,}17}$$

$$= 0{,}0145 \text{ lbf.ft/lbm}$$

Sehingga:

Total friksi (ΣF) $= F_f + hc + \Sigma hf + hex$

$= 1{,}6711 + 0{,}0470 + 0{,}5910 + 0{,}085$

$= 2{,}3945$ lbf.ft/lbm

f. Menentukan Kesetimbangan mekanik

Direncanakan:

$\Delta Z = 15$ ft

$\Delta P = 0$ lb/ft^2 (Karena $P_1=P_2$)

$v_1 = 0$ ft/s (karena fluida diam dalam tangki penampungan)

$v_2 = 2{,}3443$ ft/s

$\alpha = 1$ (aliran turbulen)

Sehingga mechanical energy balance:

$$\frac{V_2^{2} - V_1^{2}}{2.\alpha.gc} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + Ws = 0$$

(Geankoplis, Pers.2-7.28 Hal 68)

$$\frac{5{,}4959 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}2} + 15\frac{32{,}2}{32{,}2} + 0 + 2{,}3945 = Ws$$

$-Ws = 17{,}4799$

$Ws = -17{,}4799$ lbf.ft/lbm

Dari fig. 14.37 hal.520[11], didapatkan:

Efisiensi pompa (η) $= 42\%$

$Ws = -\eta\ Wp$

$-17{,}4799 = -42\% \times Wp$

$Wp = 41{,}6188$ Ibf.ft/Ibm

Mass flow rate (m) $= Q \times \rho$

$= 24{,}5181 \times 56{,}5163$

$= 1385{,}6713$ Ibm/jam

$= 0{,}3849$ Ibm/s

Pump horsepower $= Wp \times m \times \frac{1}{550}$ $\frac{Hp}{ft.Ibf/s}$

$= 41{,}6188 \times 0{,}3849 \times \frac{1}{550}$

$= 0{,}0291$ Hp

Dari fig.14.38 hal.521[11], didapatkan:

Efisiensi motor = 80%

Daya $= \frac{\text{pump horsepower}}{\text{efisiensi motor}}$

$= \frac{0{,}0291}{80\%}$

$= 0{,}0364$ Hp $\approx$ 1 Hp

Broken horsepower $= \frac{\text{pump horsepower}}{\eta}$

$= \frac{0{,}0291}{42\%}$

$= 0{,}0693 \approx 1$ Hp

Spesifikasi alat:

Nama Alat : Pompa sentrifugal

Kode Alat : L-112

Fungsi : Untuk mengalirkan metanol dari storage menuju vaporizer

Type : Carbon Steel

Kapasitas : 196,6428 ft^3/jam

Suhu Operasi : 30 °C

Efisiensi pompa : 42%

Efisiensi motor : 80%

Daya : 1 Hp

Dimensi pompa : OD = 2,3750 in NPS = 2 in

ID = 2,0670 in sch = 40

A = 0,0233 ft^2

3. Vaporizer (V-110)

Fungsi : Menguapkan metanol liquid menjadi gas

Type : Double Pipe Heat Exchanger (DPHE)

Data Perancangan

- Faktor kekotoran gabungan minimum (Rd = 0,001 jam.ft^2.°F/Btu
- Penurunan tekanan aliran maksimal (Δp) = 10 psi
- Δp maksimum steam = 2,5 psi

Kondisi operasi :

- Suhu masuk CH_3OH (t_1 = 30 °C = 86,00 °F
- Suhu keluar vaporizer (= 65 °C = 149,00 °F
- Suhu steam masuk (T_1) = 300 °C = 572,00 °F
- Suhu steam keluar (T_2) = 300 °C = 572,00 °F
- Massa bahan masuk (M = 5058,920 kg/jam = 11152,90 Ib/jam
- Kebutuhan steam (m) = 124,5689 kg/jam = 274,62 Ib/jam
- Panas yang dibawah ste: = 41261,96 kkal/jam = 163634,1 Btu/jam

Viscocity bahan pada suhu tc 126.5 F [13]

Bahan	m (kg/jam)	xi (massa)	μ (lb/ft.s)	xi.μ i
CH_3OH	2516,7500	0,9900	0,0006	0,000599
H_2O	25,4517	0,0100	0,0007	0,000007
Total	2542,2017	1,0000	0,0013	0,000605

$$\mu \text{ campuran} = \frac{\Sigma xi.\mu i}{\Sigma xi}$$

$$= \frac{0,000605}{1} = 0,000605 \text{ Ib/ft.s} = 2,1796 \text{ Ib/ft.jam}$$

Perhitungan:

a. Menghitung Δt

Δt_1 = 572,00 °F - 149,00 °F = 423,00 °F

Δt_2 = 572,00 °F - 86,00 °F = 486,00 °F

$$\Delta T_{LM} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\text{In } \Delta t_1/\Delta t_2}$$

$$= \frac{423,00 - 486,00}{\text{In } \frac{423,00}{486,00}}$$

= 453,771 °F

b. Menghitung suhu kalorik (Tc dan tc)

$$Tc = \frac{(T_1 + T_2)}{2} = \frac{572 + 572}{2} = 572 \text{ °F}$$

$$tc = \frac{(t_1 + t_2)}{2} = \frac{86 + 149}{2} = 117,5 \text{ °F}$$

c. Trial ukuran DPHE

dicoba ukuran DPHE 3 × 2" IPS sch 40 dengan aliran steam dibagian pipa.
dari tabel 6.2. "Kern" hal. 110 didapatkan:

a_{an} = 2,93 in^2 = 0,0203 ft^2

a_p = 3,35 in^2 = 0,0233 ft^2

de = 1,57 in = 0,1308 ft

de' = 0,69 in = 0,0575 ft

dari tabel 11 [13] hal. 844 didapatkan:

do_p = 2,38 in = 0,1983 ft

di_p = 2,067 in = 0,1723 ft

a" = 0,622 ft^2/ft

Evaluasi Perpindahan Panas

Bagian *Anulus* (Bahan)	Bagian Pipa (Steam)
1. Menghitung N_{Re} $G_{an} = \frac{M}{a_{an}} = \frac{11152,8954}{0,0203} = 548128,6491$ Ib/jam.ft^2 (fig. 14 "Kern", hal. 823) pada tc = 117,5 μ = 0,9 cp = 2,1771 Ib/ft.jam $NRe_{an} = \frac{G_{an} \times de}{\mu} = \frac{548128,6491 \quad 0,1308}{2,1771} = 32939,9193$	1'. Menghitung N_{Re} $G_p = \frac{m}{a_p} = \frac{274,6246}{0,0233} = 11804,7588$ Ib/jam.ft^2 μ = 0,02 cp = 0,0484 Ib/ft.jam $NRe_p = \frac{G_p \times di}{\mu} = \frac{11804,8 \times 0,1723}{0,0483800} = 42029,13812$
2. J_H = 400	2'. Mencari faktor panas (J_H) J_H tidak perlu dicari karena steam
3. Menghitung harga koefisien film Cp = 0,59 Btu/lb.°F *"Kern fig. 2 hal. 804"* k = 0,124 Btu/Jam.ft^2.°F/ft *"Kern Tabel 4 hal. 800"* $(Cp.\mu/k)^{1/3}$ = 2,1799 $ho = Jh \frac{k}{De}\left(\frac{C\mu^{1/3}}{k}\right) x\left(\frac{\mu}{\mu w}\right)^{0,14}$ $ho = 400 \frac{0,124}{0,131} \times 2,18 \times 1$ = 826,4175 Btu/Jam.ft^2.°F	3'. Menghitung koefisien film perpindahan panas h_{io} = 1500 Btu/jam.ft^2.°F

d. Mencari tahanan panas pipa bersih

$Uc = \frac{ho \times hio}{ho + hio} = \frac{826,42 \times 1500}{}$

$$= \frac{826{,}42 + 1500}{532{,}8477} \text{ Btu/Jam.ft}^2\text{.°F}$$

e. Mencari diri faktor (faktor kekotoran) pipa terpakai

$$Rd = \frac{Uc - U_D}{Uc \times U_D}$$

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_C} + Rd$$

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{532{,}848} + 0{,}0010$$

$$U_D = 347{,}6195 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{.°F}$$

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta T}$$

$$= \frac{163634{,}052}{347{,}619 \times 453{,}7713}$$

$$= 1{,}0374 \text{ ft}^2 \quad (\text{A kurang dari 100-200 ft}^2, [13])$$

$$L = \frac{A}{a''}$$

$$= \frac{1{,}0374}{0{,}622}$$

$$= 1{,}6678 \text{ ft}$$

$$Rd = \frac{Uc - U_D \text{ koreksi}}{Uc \times U_D \text{ koreksi}} = \frac{532{,}85 - 347{,}619}{532{,}85 \times 347{,}619}$$

$$= 0{,}0010$$

Rd ketetapan = 0,0010

Rd hitung > Rd ketetapan jadi Ok

Hasil		
1500	h outside	826,4175
U_C		532,8477
U_D		347,6195
Rd terhitung		0,0010
Rd tetapan		0,0010

L(ft)	Hairpin	N_{pakai}	L_{baru}	A_{baru}	UD_{baru}	Rd_{baru}	$Rd_{over\ desain}$
12	0,1390	1	24	14,4	18,907	0,05	50,0134
16	0,1042	1	32	19,2	14,180	0,07	67,6434
20	0,0834	1	40	24,0	11,344	0,09	85,2734

Jadi diambil over desain terkecil, yai = 50,0134

L = 12 ft

n = 1 buah

Evaluasi ΔP	
Bagian *Anulus* (Metanol)	Bagian *pipa* (steam)
1. Menghitung Nre dan friksi Nre = 32939,9193 *Kern fig.29, hal.839* f = 0,0018 2. Mencari ΔP karena panjang pipa $\rho = 56,5163\ Ib_m/ft^3$ $\Delta P_l = \frac{4 \times f \times G_{an}^2 \times L}{2 \times g \times \rho^2 \times de'} \frac{\rho}{144}$ $= \frac{4\ 0,0018\ 548129\ 12\ 56,5163}{2\ 4,18\times10^6\ 56,5163\ 0,0575\ 144}$ = 6,6354 hasil ΔP karena panjang pipa ΔP allow = 10 psi $\Delta P_{(p)} < \Delta P_{allow}$ 6,635 < 10,0 Psi ***desain memenuhi***	1'. Menghitung Nre dan friksi Nre = 42029,1381 $f = 0,0035 + \frac{0,264}{(Nre\ an)^{0,42}}$ $= 0,0035 + \frac{0,264}{42029,138^{0}}$ = 0,0035 + 0,003 = 0,007 Dari steam tabel, untuk kondisi: Saturated steam T = 572 °F sv = 6,304 [12] didapatkan: ρ steam $= \frac{1}{sv} \times 62,5$ $= 9,9143\ Ib/ft^3$ 2'. Menghitung ΔP pipa $\Delta Fa = \frac{4 . f . G_a^2 . L}{2 . g . \rho^2 . Di}$ = 468,5179 ΔPp = 0,021207 psi $\Delta P_p < \Delta p_{tetapan}$ 0,0212 < 2,5 Maka memenuhi syarat

Spesifikasi Alat

Fungsi	:	Untuk menguapkan larutan metanol				
Tipe	:	Double Pipe Heat Exchanger				
Bahan Konstruksi	:	Carbon steel				
Kapasitas	:	6930,0276	m^3	=	244733,9262	ft^3
Rate steam	:	124,5689	kg/jam	=	274,6246	Ib/jam
Jumlah hairpin	:	1 buah				
Diameter luar pipa	:	2,38	in	=	0,1983	ft
Diameter dalam pij	:	2,067	in	=	0,1723	ft
Panjang	:	12 ft				
Jumlah	:	1 buah				

4. Air Filter (H-115)

Fungsi: Membersihkan udara dari debu dan serangga agar tidak masuk terhisap

Type : Dry Filter

Direncanakan:

Bahan: Carbon steel

Dasar perancanaan:

Rate aliran udara : 5359,1030 kg/jam = 3,2818551 Ib/jam

Suhu : 30 °C

Densitas : 1,1598 Ib/ft^3

Perhitungan:

a. Menghitung kecepatan volumetrik

$$Q = \frac{5359,1030}{1,1598} = 4620,7131 \ m^3/jam = 2734,1497 \ ft^3/menit$$

b. Menghitung berat debu dalam udara

$$\text{Berat debu} = \frac{1 \ gr}{1000 \ ft^3} \times 2734,1497 \ ft^3/meni^{[3]}$$

$$= 2,7341 \ gr/menit$$

c. Menentukan jumlah filter

Ditetapkan ukuran filter: 26 × 26 ikapasitas 1 dry filter = 6500 ft^3/menit

$$N = \frac{Q}{\text{kapasitas}} = \frac{2734,1497}{6500}$$

$$= 0,4206 = 1 \text{ buah}$$

Spesifikasi Air Filter

Fungsi : Membersihkan udara dari debu dan serangga agar tidakterhisap

Bahan kontruksi : Carbon steel

Kapasitas : 2734,1497 ft^3/menit

Ukuran : 26 × 26 in

Jumlah : 1 buah

5. Heater Udara (E-125)

Fungsi: Untuk memanaskan suhu udara dari 30 °C menjadi 300 °C sebelum masuk reaktor

Type : Double Pipe Heat Exchanger

Direncanakan:

- Faktor kekotoran gabungan minimum (Rd = 0,001 jam.ft^2.°F/Btu
- penurunan tekanan aliran maksimum (ΔP) = 10 psi
- Δp maksimum steam = 3 psi

Dasar perencanaan:

- massa bahan masuk = 5359,103 kg/jam = 11814,68 Ib/jam
- suhu bahan masuk (t_1) = 30 °C = 86 °F
- suhu bahan keluar (t_2) = 280 °C = 536 °F

- kebutuhan steam (m) = #REF! kg/jam = #REF! Ib/jam
- panas yang dibawa stea = #REF! kkal/jan = #REF! Btu/ja
- suhu steam masuk (T_1) = 300 °C = 572 °F
-suhu steam kondensat (T = 300 °C = 572 °F 0,0624

Bahan	m (kg/jam)	xi (massa)	ρ (Ib/ft^3)	xi.ρi
O_2	1258,3747	0,2348	19,4095	4,5576
N_2	4100,7287	0,7652	27,2195	20,8281
Total	5359,1034	1,0000	46,6290	25,3856

Perhitungan

a. Menghitung Δt

Δt_1 = 572 - 536 = 36 °F

Δt_2 = 572 - 86 = 486 °F

$$\Delta T_{LM} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \Delta t_1/\Delta t_2}$$

$$= \frac{36 - 486}{\ln 22/423}$$

= 172,8981 °F

b. Menghitung suhu Kalorik (Tc dan tc)

Tc = $(T_1 + T_2) / 2$ = 572 °F

tc = $(t_1 + t_2) / 2$ = 311 °F

c. Trial Ukuran DPHE

dicoba ukuran DPHE : 3 × 2" IPS sch 40 dengan aliran steam dibagian pipa.

dari tabel 6.2. "Kern" hal.110, didapatkan:

a_{an} = 2,93 in^2 = 0,0203 ft^2

a_p = 3,35 in^2 = 0,0233 ft^2

de = 1,57 in = 0,1308 ft

de' = 0,69 in = 0,0575 ft

dari tabel 11 "Kern" hal.884, didapatkan:

do_p = 2,38 in = 0,1983 ft

di_p = 2,067 in = 0,1723 ft

a" = 0,622 ft^2/ft

Evaluasi Perpindahan Panas	
Bagian *Anulus* (Bahan)	Bagian Pipa (Steam)
1. Menghitung N_{Re}	1'. Menghitung N_{Re}
$G_{an} = \frac{M}{a_{an}}$	$G_p = \frac{m}{a_p}$
$= \frac{11814,6785}{0,0203}$	$= \frac{\text{\#REF!}}{0,0233}$

$= 580804{,}7550$ Ib/jam.ft^2	$= \#REF!$ Ib/jam.ft^2
$\mu = 0{,}0069$ cp	$\mu = 0{,}02$ cp
$= 0{,}0167$ Ib/ft.jam	$= 0{,}0484$ Ib/ft.jam
$NRe_{an} = \frac{G_{an} \times de}{\mu}$	$NRe_p = \frac{G_p \times di}{\mu}$
$= \frac{580804{,}7550 \quad 0{,}1308}{0{,}0167}$	$= \frac{\#REF! \times 0{,}1723}{0{,}0483800}$
$= 4552643{,}15$	$= \#REF!$
2. $J_H = 600$	2'. Mencari faktor panas (J_H)
	J_H tidak perlu dicari karena steam
3. Menghitung harga koefisien film	
Cp = 0,27 Btu/lb.°F	3'. Menghitung koefisien film
"Kern fig. 2 hal. 804"	perpindahan panas
k = 0,01 Btu/Jam.ft^2.°F/ft	$h_{io} = 1500$ Btu/jam.ft^2.°F
"Kern Tabel 4 hal. 800"	
$(Cp.\mu/k)^{1/3} = 0{,}7667$	
$ho = Jh \frac{k}{De} \left(\frac{C\mu^{1/3}}{k}\right) x \left(\frac{\mu}{\mu w}\right)^{0{,}14}$	
$ho = 600 \frac{0{,}01}{0{,}023} \times 0{,}77 \times 1$	
$= 197{,}7874$ Btu/Jam.ft^2.°F	

d. Mencari tahanan panas pipa bersih

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

$$= \frac{197{,}79 \times 1500}{197{,}79 + 1500}$$

$$= 174{,}7457 \text{ Btu/Jam.ft}^2\text{.°F}$$

e. Mencari diri faktor (faktor kekotoran) pipa terpakai

$$Rd = \frac{Uc - U_D}{Uc \times U_D}$$

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_C} + Rd$$

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{174{,}7457} + 0{,}0010$$

$$U_D = 148{,}7519 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{.}^{o}\text{F}$$

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta T}$$

$$= \frac{\text{\#REF!}}{148{,}8 \times 172{,}8981}$$

$$= \text{\#REF!} \quad ft^2 \quad (\text{A kurang dari 100-200 } ft^2, \text{ Kern hal.103})$$

$$L = \frac{A}{a''}$$

$$= \frac{\text{\#REF!}}{0{,}622}$$

$$= \text{\#REF! ft}$$

$$Rd = \frac{Uc - U_D \text{ koreksi}}{Uc \times U_D \text{ koreksi}} = \frac{174{,}75 - 148{,}752}{174{,}75 \times 148{,}752}$$

$$= 0{,}0010$$

Rd ketetapan = 0,0010

Rd hitung > Rd ketetapan jadi Ok

Hasil		
0	h outside	197,7874
U_C		174,7457
U_D		148,7519
Rd terhitung		0,0010
Rd tetapan		0,0010

L(ft)	Hairpin	N_{pakai}	L_{baru}	A_{baru}	UD_{baru}	Rd_{baru}	$Rd_{\text{ over desain}}$
12	#REF!	7	168	104,4960	#REF!	#REF!	#REF!
15	#REF!	6	180	111,9600	#REF!	#REF!	#REF!
20	#REF!	4	160	99,5200	#REF!	#REF!	#REF!

Jadi diambil over desain terkecil, yai = #REF!

L = 12 ft

n = 7 buah

Evaluasi ΔP	
Bagian Anulus (Metanol)	Bagian pipa (steam)
1. Menghitung Nre dan friksi	1'. Menghitung Nre dan friksi
Nre = 4552643,152	Nre = #REF!
Kern fig.29, hal.839	*f* = 0,00018
f = 0,000049	
2. Mencari ΔP karena panjang pipa	2'. Menghitung ΔP pipa
$\rho = 46{,}6290 \quad lb_m/ft^3$	$\rho = 63{,}8567 \quad lb_m/ft^3$
$\Delta P_1 = \frac{4 \times f \times G_{an}^2 \times L}{2 \times g \times \rho^2 \times de'} \frac{\rho}{144}$	$\Delta Pp = \frac{4 \,.\, f \,.\, Gt^2 \,.\, L}{2 \,.\, g \,.\, \rho^2 \,.\, Di}$
$= \frac{4 \;\; 0{,}000049 \;\; 580805 \;\; 12 \;\; 46{,}6290}{2 \;\; 4{,}18\times10^6 \;\; 46{,}629 \;\; 0{,}0575 \;\; 144}$	= #REF!
	$\Delta P_p < \Delta p_{tetapan}$

= 0,2458 psi $V = \frac{G}{3600 \times \rho}$ $= \frac{580804,7550}{3600 \times 46,6290}$ = 3,4600 fps $FI = 3 \times \frac{v^2}{2g}$ $= 3 \times \frac{3,4600^2}{2 \times 32,174}$ = 0,5581 $\Delta pa = \Delta P_1 + FI$ = 0,2458 + 0,5581 = 0,8039 psi hasil ΔP karena panjang pipa ΔP allow = 10 psi $\Delta P_{(a)} < \Delta P_{allow}$ 0,8039 < 10,0 psi memenuhi syarat	#REF! < 2,5 Maka memenuhi syarat

Spesifikasi Heater Udara

Fungsi	:	Menaikkan suhu udara dari 30 °C menjadi 280 °C sebelum masuk reaktor
Type	:	Double Pipe Heat Excanger
Bahan kontruksi	:	HAS SA 240 Grade M type 316
Kapasitas	:	7341,2370 m^3 = 259255,7842 ft^3
Rate steam	:	#REF! kg/jam = #REF! Ib/jam
Jumlah hairpin	:	7 buah
Diameter luar pipa	:	2,38 in
Diameter dalam pij	:	2,07 in
Panjang	:	12 ft
Jumlah	:	1 buah

6. Kompresor Metanol (G-124 A)

Fungsi: Menarik uap metanol ke reaktor (R-110)

Type : Recyprocating compressor

Direncanakan:

Jumlah : 1 buah

Bahan : Carbon steel

Dasar Perancangan:

Rate bahan masuk	:	5359,1030	kg/jam	= 11814,7	Ib/jam
Suhu masuk	:	280 °C	=	553,15 K	
Tekanan masuk reaktor (P_1)	:	1 atm	=	101325	N/m^2

Tekanan keluar reaktor (P_2) : 1 atm = 101325 N/m^2

Perhitungan:

a. Menghitung dimensi gas dapat didekati dengan persamaan gas ideal

$$\rho_v = \frac{Pt \times BM_v}{R \times T}$$

dimana: ρv = densitas gas
Pt = tekanan operasi
BM_v = berat molekul gas masuk
R = konstanta gas ideal 8314,34 N m/kg.mol.K
T = Temperatur

Komponen	m (kg/jam)	xi (massa)	BM	BM_v
CH_3OH	2516,7500	0,9900	32,0000	31,6796
H_2O	25,4517	0,0100	18,0000	0,1802
Total	2542,2017	1,0000	50,0000	31,8598

$$\rho_v = \frac{Pt \times BM_v}{R \times T} = \frac{101325 \times 31,8598}{8314,3 \times 553,15}$$

$= 0,7019 \ kg/m^3$

$= 0,0438 \ Ib/ft^3$

$$\text{Rate gas} = \frac{m}{\rho_v} = \frac{2542,2017 \ kg/jam}{0,0438 \ kg/m^3}$$

$= 58041,14301 \ m^3/jam$

Menggunakan kompresorisothermal sehingga:

$T_1 = T_2$

$T_2 = 280 \ °C$

b. Menghitung daya yang dibutuhkan kompresor

$$-Ws = \frac{2,302 \times R \times T_1}{Mr} \times \text{Log} \frac{P_2}{P_1} = \frac{2,302 \times 8314,34 \times 553,15}{31,8598} \times \log \frac{1}{1}$$

$= 0,0000 \ J/kg$

$$\text{brake kW} = \frac{-Ws \times m}{\eta \times 1000} = \frac{0,0 \times 1,4886}{}$$

$$= \frac{80\%}{0} \times \frac{1000}{}$$

$$= 0 \text{ Hp} \approx 1 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Kompresor metanol (G-124 A)

Fungsi : Menarik uap metanol ke reaktor (R-110)
Type : Recyprocating compressor
Power : 1 Hp
Pabs : 1 atm
Jumlah : 1 buah
Kapasitas : 58041,14301 m^3 = 2049722,9654 ft^3

7. Kompresor Udara (G-124 B)

Fungsi: Menarik udara ke reaktor (R-110)
Type : Recyprocating compressor

Direncanakan:

Jumlah : 1 buah
Bahan : Carbon steel

Dasar Perancangan:

Rate bahan masuk : 5359,1030 kg/jam = 11814,68 Ib/jam
Suhu masuk : 30 °C = 303,15 K
Tekanan masuk reaktor (P_1) : 1 atm = 101325 N/m^2
Tekanan keluar reaktor (P_2) : 1,5 atm = 151987,5 N/m^2

Perhitungan:

a. Menghitung dimensi gas dapat didekati dengan persamaan gas ideal

$$\rho_v = \frac{Pt \times BM_v}{R \times T}$$

dimana: ρv = densitas gas
Pt = tekanan operasi
BM_v = berat molekul gas masuk
R = konstanta gas ideal 8314,34 N m/kg.mol.K
T = Temperatur

Komponen	m (kg/jam)	xi (massa)	BM	BM_v
O_2	1258,3747	0,2348	32,0000	7,5139
N_2	4100,7287	0,7652	28,0000	21,4253
Total	5359,1034	1,0000	60,0000	28,9392

$$\rho_v = \frac{Pt \times BM_v}{R \times T}$$

$$= \frac{101325 \times 28,9392}{8314,3 \times 303,15}$$

$= 1{,}1634 \ kg/m^3$

$= 0{,}0726 \ Ib/ft^3$

$$\text{Rate gas} = \frac{m}{\rho_v}$$

$$= \frac{5359{,}1034 \ kg/jam}{0{,}0726 \ kg/m^3}$$

$= 73822{,}564 \ m^3/jam$

Menggunakan kompresorisothermal sehingga:

$T_1 = T_2$

$T_2 = 30 \ ^\circ C$

b. Menghitung daya yang dibutuhkan kompresor

$$-Ws = \frac{2{,}302 \times R \times T_1}{Mr} \times \text{Log} \frac{P_2}{P_1}$$

$$= \frac{2{,}302 \times 8314{,}34 \times 303{,}15}{28{,}9392} \times \log \frac{1{,}5}{1}$$

$= 35305{,}4140 \ J/kg$

$$\text{brake kW} = \frac{-Ws \times m}{\eta \times 1000}$$

$$= \frac{35305 \times 1{,}4886}{80\% \times 1000}$$

$= 0{,}0039$

$= 0{,}0052 \ Hp \approx 1 \ Hp$

Spesifikasi Kompresor Udara (G-117B)

Fungsi : Menarik udara ke heater
Type : Recyprocating compressor
Power : 1 Hp
Pabs : 1 atm
Jumlah : 1 buah
Kapasitas : 73822,564 m^3 = 2607043,8478 ft^3

8. Kompresor formaldehid (G-125)

Fungsi: Menarik uap Formaldehid ke cooler (E-126)
Type : Recyprocating compressor

Direncanakan:

Jumlah : 1 buah
Bahan : Carbon steel

Dasar Perancangan:

Rate bahan masuk : 79012746,0000 kg/jam = 174191500 lb/jam
Suhu masuk : 280 °C = 553,15 K

Tekanan masuk reaktor (P_1) : 1 atm = 101325 N/m^2

Tekanan keluar reaktor (P_2) : 1 atm = 101325 N/m^2

Perhitungan:

a. Menghitung dimensi gas dapat didekati dengan persamaan gas ideal

$$\rho_v = \frac{Pt \times BM_v}{R \times T}$$

dimana: ρv = densitas gas
Pt = tekanan operasi
BM_v = berat molekul gas masuk
R = konstanta gas ideal 8314,34 N m/kg.mol.K
T = Temperatur

Komponen	Massa (kg/jam)	xi (massa)	BM	BMv
CH_3OH	2516,7500	0,3185	32	10,1927
H_2O	25,4517	0,0032	18	0,0580
O_2	1258,3747	0,1593	32	5,0964
N_2	4100,7287	0,5190	28	14,5318
Total	7901,3051	1,0000	110	29,8789

$$= \frac{}{R \times T}$$

$$= \frac{101325 \times 29,8789}{8314,3 \times 553,15}$$

$$= 0,6583 \ kg/m^3$$

$$= 0,0411 \ Ib/ft^3$$

$$\text{Rate gas} = \frac{m}{\rho_v}$$

$$= \frac{5359,1034 \ kg/jam}{0,0411 \ kg/m^3}$$

$$= 130465,7822 \ m^3/jam$$

Menggunakan kompresorisothermal sehingga:

$T_1 = T_2$

$T_2 = 280$ °C

b. Menghitung daya yang dibutuhkan kompresor

$$-Ws = \frac{2,302 \times R \times T_1}{Mr} \times Log \frac{P_2}{P_1}$$

$$= \frac{2,302 \times 8314,3400 \times 553,15}{29,8789} \times \log \frac{1}{1}$$

$$= \quad 0{,}0000 \quad J/kg$$

$$\text{brake kW} = \frac{-Ws \times m}{\eta \times 1000}$$

$$= \frac{0{,}0 \times 21947{,}99}{80\% \times 1000}$$

$$= \quad 0$$

$$= \quad 0 \quad Hp \quad \approx \quad 1\ Hp$$

Spesifikasi Kompresor formaldehid (G-126)

Fungsi : Menarik uap metanol ke reaktor (R-110)
Type : Recyprocating compressor
Power : 1 Hp
Pabs : 1 atm
Jumlah : 1 buah
Kapasitas : 130465,7822 m^3 = 4607399,1000 ft^3
tc = $(t_1 + t_2)/2$ = °F

9. Cooler I (E-121A)

Fungsi : Untuk menurunkan suhu produk keluar reaktor
Type : Shell and Tube

Direncanakan:

- faktor kekotoran gabungan minimum (Rd) = 0,001 jam. ft^2. °F/Btu
- penurunan tekanan aliran maksimum (ΔP) = 10 psi
- ΔP maksimum aliran downterm A = 2,5 psi
- digunakan pipa ukuran 1 in OD, BWG 12, L = 20 ft, P_T = 1,25 in
- susunan segitiga (triangular)

Dasar Perencanaan:

- massa bahan masuk = 7901,3051 kg/jam
  = 17419,2172 Ib/jam
- suhu bahan masuk (T_1) = 280 °C = 536 °F
- suhu bahan keluar (T_2) = 30 °C = 86 °F
- kebutuhan air pendingin = 3794,0308 kg/jam
  = 8364,3203 Ib/jam
- panas yang diserap pendingin = 2196762,778 kkal/jam
  = 8711636,245 Btu/jam
- suhu air pendingin masuk (t_1) = 25 °C = 77 °F
- suhu air pendingin keluar (t_2) = 270 °C = 518 °F

Viscosity bahan pada suhu Tc 401 °F (dikutip dari Yaws tabel 21-1)

Bahan	m (kg/jam)	xi (massa)	μ (Ib/ft.s)	xi.μi
CH_2O	3737,3737	0,2850	0,0000091	0,000002585
H_2O sisa	2248,4735	0,1714	0,0000023	0,000000398

O_2 sisa	527,2648	0,0402	0,0000021	0,000000084
N_2	6561,1972	0,5003	0,0000020	0,000000985
CH_3OH	40,2680	0,0031	0,0000075	0,000000023
Total	13114,5772	1,0000	0,00002294	0,000004075

$$\mu \text{ campuran} = \frac{\Sigma xi.\mu i}{\Sigma xi}$$

$$= \frac{0,00000408}{1,0000} = 0,000004075 \text{ Ib/ft.s}$$

$$= 0,01467 \text{ Ib/ft.jam}$$

Perhitungan:

a. Menghitung Δt

$$\Delta t_1 = 536 - 518 = 18 \text{ °F}$$

$$\Delta t_2 = 86 - 77 = 9 \text{ °F}$$

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \Delta t_1 / \Delta t_2}$$

$$= \frac{18 - 9}{\ln 18 / 9}$$

$$= 12,9843 \text{ °F}$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = \frac{536 - 86}{518 - 77} = 1,02 \text{ °F}$$

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} = \frac{518 - 77}{536 - 77} = 0,961 \text{ °F}$$

Dari Kern fig.21, hal.831 didapatkan harga FI yang cocok adalah:

$$Ft = 0,96$$

Jadi:

$$\Delta t = Ft \times \Delta T_{LMTD}$$

$$= 0,96 \times 12,9843$$

$$= 12,4649 \text{ °F}$$

b. Menghitung suhu kalorik (Tc dan tc)

$$Tc = (T_1 + T_2)/2 = 311 \text{ °F}$$

$$tc = (t_1 + t_2)/2 = 595 \text{ °F}$$

c. Trial UD

Dari tabel 8 "Kern" hal.840 range UD = 40 -75 Btu/jam.ft^2.°F

Dicoba UD = 75 Btu/jam.ft^2.°F

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta t} = \frac{8711636,2450}{75 \times 12,4649}$$

$$= 9318,590 \text{ ft}^2$$

Dari tabel 10 "Kern" hal.843, karena digunakan pipa ukuran DO 1 in,

maka diperoleh harga:

a' = 0,479 in2

a" = 0,2618 ft^2/ft

ID = 0,782 in

$$Nt = \frac{A}{a" \times L} = \frac{9318,5897}{0,2618 \times 20}$$

$$= 1779,7154 \text{ buah}$$

Dari tabel 9 "Kern" hsl.842, karena susunan segitiga (triangular) dengan pipa ukur maka diperoleh harga:

IDS = 15,25 in

n = 8

Nt = 80

$$UD_{koreksi} = \frac{Nt}{Nt_{standart}} \times U_{D\ trial}$$

$$= \frac{1779,7154}{80} \times 75$$

$$= 1668,4832 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{.°F}$$

Kesimpulan sementara hasil perancangan:

Type HE: 4 - 8

Bagian *Shell*				Bagian *Tube* (Downtherm A)			
ID_S	=	15,25	in	do	= 1 in	BWG	= 12
n'	=	4		L	= 20 ft	Nt	= 80
B	=	7,4	in	Susunan segitiga, n = 8			
Pt	=	1,25	in	a'	= 0,4790 in^2		
de	=	0,72	in	a"	= 0,2618 ft^2/ft		
	=	0,06	ft	di	= 0,782 in		
c"	=	0,25			0,0652 ft		

Evaluasi Perpindahan Panas (Rd)	
Bagian *Shell* (Produk)	**Bagian *Tube* (Downtherm A)**
1. Menghitung Nre	1'. Menghitung Nre pipa
$a_s = \frac{IDs \times C \times B}{n \times Pt \times 144}$	$a_t = \frac{Nt \times a'}{n \times 144}$
$= \frac{15 \times 0,25 \times 7,4}{8 \times 1,25 \times 144}$	$= \frac{80 \times 0,4790}{8 \times 144}$
$= 0,0196$	$= 0,0333$
$G_s = \frac{M}{a_s}$	$G_t = \frac{m}{a_t}$
$= \frac{17419,2172}{0,0196}$	$= \frac{8364,3203}{0,0333}$
$= 889097,84$ Ib/jam.ft^2	$= 251453,5$ Ib/jam.ft^2

$\mu = 0{,}0125$ Cp	$\mu = 1{,}55$ Cp
$Nres = \frac{Gs \times de}{\mu \times 2{,}42}$	$Nret = \frac{Gt \times di}{\mu \times 2{,}4}$
$= \frac{889097{,}84 \times 0{,}06}{0{,}0125 \times 2{,}42}$	$= \frac{251453{,}5 \quad 0{,}0652}{1{,}55 \quad 2{,}42}$
$= 1763499{,}8473$	$= 4370{,}7721$
2. JH = 400 Kern, 838	2'. JH = 200
3. Menghitung harga koefisien film	3'. Menghitung koefisien film
Cp = 0,36 Btu/Ib.°F	Cp = 0,41 Btu/Ib.°F
k = 0,02 Btu/jam.ft^2.°F/ft	k = 0,05 Btu/jam.ft^{2}t
$k(Cp.\mu/k)^{1/3} = 0{,}6082$	$k(Cp.\mu/k)^{1/3} = 2{,}3337$
	hio = 388,9531 Btu/jam
$ho = Jh \frac{k}{De}\left(\frac{C\mu^{1/3}}{k}\right) x\left(\frac{\mu}{\mu w}\right)^{0{,}14}$	
$ho = 400 \frac{0{,}02}{0{,}060} \times 0{,}61 \times 1$	
$= 81{,}0960$ Btu/Jam.ft^2.°F	

d. Mencari tahanan panas pipa bersih

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

$$= \frac{81{,}096 \times 388{,}9531}{81{,}096 + 388{,}9531}$$

$$= 67{,}1048 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{.°F}$$

e. Mencari dirt factor (faktor kekotoran) pipa terpakai

$$Rd = \frac{Uc - U_D}{Uc \times U_D}$$

$$= \frac{67{,}105 - 1668{,}4832}{67{,}105 \times 1668{,}4832}$$

$$= -0{,}014$$

Karena harga Rd hitung > Rd tetapan, maka rancangan HE memenuhi

Evaluasi ΔP	
Bagian *Shell* (Produk)	**Bagian *Tube* (Dowtherm A)**
1. Menghitung Nre	1'. Menghitung Nre
Nre = 1763499,85	Nre = 4370,7721
dari fig.29 "Kern" hal.839, diperoleh:	dari fig.26 "Kern" hal.836, diperoleh
f = 0,0005	f = 0,0009
2. Menghitung harga (N+1)	'. Menghitung ΔP karena panjang pip
$N + 1 = (12 \times L)/B$	sg = 1

$= 32,43$ karena passes maka, $N + 1 = 4 \times 32,4324$ $= 129,7$ harga sg $= 1,94$ $\Delta P = \frac{f \times Gs^2 \times IDs \times (N+1)}{5,22 \times 10^{10} \times de \times sg \times \phi}$ $= 0,8043$ psi $\Delta Ps < \Delta P$ tetapan (memenuhi) $0,8043 < 10$	$\Delta P_1 = \frac{f \times Gs^2 \times L \times n}{5,22 \times 10^{10} \times de \times sg \times \phi}$ $= 0,06688$ psi '. Menghitung ΔP karena tube proces dari fig.27 "Kern" hal.837, diperoleh $\left(\frac{v^2}{2\,gc}\right)\frac{\rho}{144} = 0,0036$ sehingga $\Delta Pn = 4n \left(\frac{v^2}{2\,gc}\right)\frac{\rho}{sg\ 144}$ $= 0,1152$ psi 4'. Mencari ΔP total pada bagian tube $\Delta P_{total} = \Delta P_1 + \Delta Pn$ $= 0,1821$ psi $\Delta P_{total} < \Delta P_{tetapan}$ memenuhi $0,1821 < 2,5$

Spesifikasi Cooler I (E-121A):

Fungsi	:	Untuk menurunkan suhu produk keluar reaktor						
Type	:	Shell and Tube						
Bahan Kontruksi	:	HAS SA 240 Grade M Type 316						
Kapasitas	:	10823,7056	m^3	=	382239,1638	ft^3		
Jumlah Dowtherm	:	3794,0308	kg/jam	=	8364,3203	Ib/jam		
Bagian Shell	:	IDs = 15,25 in			Pt = 1,25 in			
	:	B = 7,4 in			de = 0,06 in			
Bagian Tube	:	L = 20 ft			a" = 0,2618	ft^2/ft		
	:	a' = 0,4790	in^2		di = 0,782 in			
Jumlah	:	1 buah						

10. Absorber (D-120)

Perancangan Alat Utama Oleh (CLARA AFRANCY DEY NIM.2014017)

11. Tangki Produk Formaldehid (F-136)

Fungsi : Untuk menampung produk formaldehid

Type : Tangki berbentuk silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standart dished dan dasar berbentuk conical.

Direncanakan:

Bahan kontruksi	:	Carbon steel SA-240 Grade M type 316
Allowable stress (*f*	:	18750 psi
Tipe pengelasan	:	Single welded but joint E = 0,85

Faktor korosi (C) : 1/16
Waktu tinggal : 6 jam
Volume ruang kosc : 20% volume total
Jumlah tangki : 1 buah

Konsdisi operasi:

Suhu operasi : 30 °C = 303,15 °F
Tekanan operasi : 1 atm = 14,7 psia = 0 psig
Rate massa CH_2O masuk : 2335,858 kg/jam = 5149,633 Ib/jam

Density = A x $B^{-(1-T/Tc)n}$ (*Carls and Yaws Density of Liquid*)

Bahan	A	B	n	Tc
CH_2O	0,2619	0,2224	0,2857	408,0000
H_2O sisa	0,3471	0,2740	0,28571	647,1300
CH_3OH	0,2792	0,2791	0,2331	512,5800

Bahan	m (kg/jam)	xi (massa)	ρ (g/cm^3)	xi.ρi
CH_2O	2335,8580	0,3700	0,7261	0,2687
H_2O	3952,1040	0,6260	1,0229	0,6403
CH_3OH	25,1675	0,0040	0,7865	0,0031
Total	6313,1295	1,0000	2,5355	0,9121

$$\rho \text{ campuran} = \frac{\sum xi.\rho i}{\sum xi}$$

$$= \frac{0,9121}{1} = 0,9121 \text{ g/cm}^3 = 56,9428 \text{ Ib/ft}^3$$

Direncanakan bin digunakan untuk menampung produk selama 6 jam

Perhitungan:

a. Menentukan diameter tangki

$$\text{Volume produk} = \frac{m}{\rho}$$

$$= \frac{5149,6325}{56,9428}$$

$$= 90,4352 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$Ls = 90,4352 \times 6$$

$$= 542,6114 \text{ ft}^3$$

Volume produk mengisi 80% dari volume tangki, maka:

$$\text{Volume tangki} = \frac{\text{volume produk}}{80\%}$$

$$= \frac{542,6114}{80\%} = 678,26431 \text{ ft}^3$$

Asumsi: Ls = 1,5 di

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$= \frac{\pi \times d^3}{24 \text{ tg. } ½ \alpha} + \frac{\pi}{4} d^2.Ls + 0,0847 \ d^3$$

$678{,}26431 = 0{,}4883\ d^3 + 1{,}1775\ d^3 + 0{,}0847\ d^3$

$678{,}26431 = 1{,}7505\ d^3$

$d^3 = 387{,}4741$

$d = 7{,}2903$ ft

$= 87{,}4840$ in

b. Menentukan tekanan design (Pi)

Volume produk dalam shell = Volume produk - Volume tutup bawah

$= \text{Volume produk} - \frac{\pi \times d^3}{24\ \text{tg.}\ ½\ \alpha}$

$= 678{,}2643 - 189{,}1945$

$= 489{,}0698\ ft^3$

Tinggi produk dalam shell $= \frac{\text{volume produk dalam shell}}{\frac{\pi}{4} di^2}$

$= \frac{489{,}0698}{41{,}7220}$

$= 11{,}722117$ ft

$Pi = P_{operasi} + P_{hidrostatik}$

$P_{hidrostatik} = \frac{\rho\ (H_L - 1)}{144} = \frac{56{,}9428 \times 11{,}722 - 1}{144}$

$= 4{,}2399$ psia

$P_{operasi} = 1$ atm $= 14{,}7$ psia

$Pi = P_{operasi} + P_{hidrostatik}$

$= 14{,}7 + 4{,}2399$

$= 18{,}9399$ psia

$= 6{,}7934$ psig

c. Menentukan tebal silinder

Tebal silinder (ts $= \frac{Pi\ .\ di}{2\ (f.E - 0{,}6\ Pi)} + C$

$= \frac{6{,}793368 \times 87{,}4840}{2\ \ 18750\ \ 0{,}85 - 0{,}6\ \ 6{,}7934} + 0{,}0$

$= 0{,}0811 \times \frac{16}{16}$

$= \frac{1{,}3}{16} \approx \frac{3}{16}$

Standarisasi do

$do = di + 2ts$

$= 87{,}4840 + 2 \times \frac{3}{16}$

$= 87{,}8590$ in

Berdasarkan Brownell and Young tabel 5.7 hal.90, didapatkan:

do_{st} = 144
icr = 8,75
r = 132
ts = 6/16 = 0,375 in
di_{baru} = dost - 2 ts
= 144 - 2 × 0,375
= 143,25 in
= 11,938 ft

d. Menghitung tinggi silinder

Tinggi silinder (Ls) = 1,5 di
= 1,5 11,94
= 17,9063 ft = 214,88 in

e. Menghitung dimensi tutup

- Tutup atas

Bentuk tutup atas adalah standart dished, sehingga:

Tebal tutup (tha) = $\frac{0,885 \times Pi \,.\, di}{2\,(f.E - 0,6\,Pi)} + C$

= $\frac{0,885 \quad 6,79337 \quad 143,25}{2 \quad 18750 \quad 0,85 - 0,6 \quad 6,8} + 0,06$

= $0,0895 \times \frac{16}{16}$

= $\frac{1,4324}{16} \approx \frac{3}{16}$

Tinggi tutup (ha) = 0,169 × di
= 0,169 × 143,25
= 24,2093 in
= 2,0174 ft

- Tutup bawah

Bentuk tutup bawah adalah conical, dengan sudut puncak (α) 60°, maka:

Tebal tutup (thb) = $\frac{Pi \,.\, di}{2\,(f.E - 0,6\,Pi)\cos ½\,\alpha} + C$

= $\frac{6,793368 \times 143,25}{2 \quad 18750 \quad 0,85 - 0,6 \quad 6,79 \cos 30} + 0,06$

= $0,0930 \times \frac{16}{16}$

= $\frac{1,4886}{16} \approx \frac{3}{16}$

Tinggi tutup (hb) = $\frac{½\ di}{tg\ ½\ \alpha}$

= $\frac{0,5 \times 143,25}{0,2679}$

= 267,30814 in

= 22,2757 ft

f. Menghitung tinggi storage

Tinggi storage (H = Ls + ha + hb
= 17,9063 + 2,0174 + 22,2757
= 42,1994 ft
= 506,3924 in

Spesifikasi alat:

Fungsi : Menampung produk formaldehid (CH_2O) sebelum masuk ke tangki produk

Type : Tangki berbentuk silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standa dished dan dasar berbentuk conical.

Bahan kontruksi : Carbon Steel SA 240 Grade M type 316

Tipe pengelasan : Single welding butt join

Jumlah storage : 1 buah

Volume tangki (V_T)	:	387,474	ft^3	
Diameter tangki (D_T)	:	11,9375	ft	
Diameter luar (do)	:	144	in	
Diameter dalam (di)	:	87,4840	in	
Tebal silinder (ts)	:	0,375	in	
Tebal tutup atas (tha)	:	0,1875	in	
Tinggi tutup atas (ha)	:	24,2093	in	= 2,0174 ft
Tebal tutup bawah (thb)	:	0,1875	in	
Tinggi tutup bawah (hb)	:	267,30814	in	= 22,276 ft
Tinggi tangki (H)	:	42,1994	ft	

12. Mesin Pengemas (P-137)

Fungsi : Mengemas produk formaldehid (CH_2O) dari tangki produk

Waktu tinggal = 0,5 jam

Kapasitas bahan = 2335,858 kg/jam = 5149,6325 Ib/jam

Kapasitas mesin = 5149,6325 × 0,5 jam
= 2574,816273 Ib

Densitas (ρ) = 56,9428 Ib/ft^3

$$\text{Volume mesin} = \frac{\text{Kapasitas mesin}}{\text{Densitas } (\rho)}$$

$$= \frac{2574,816273}{56,9428} = 45,2176 \; ft^3 = 15,0725 \; ft^3$$

Spesifikasi alat:

Fungsi : Mengemas produk formaldehid (CH_2O) dari bin produk

Waktu tinggal : 0,5 jam

Bahan kontruksi : Carbon Steel

Volume mesin : 15,0725 ft^3
Jumlah : 1 buah

13. Gudang Produk (F-138)

Fungsi : Menyimpan produk formaldehid 37% selama 30 hari
Type : Bangunan gedung
Fase : Liquid

Dasar perencanaan:

Kapasitas CH_2O = 5149,6325 Ib/jam
ρ CH_2O = 56,9428 Ib/ft^3
Waktu tinggal = 30 hari

Perhitungan:

- Menghitung volume CH_2O selama 30 hari

$$\text{Volume} = \frac{\text{massa}}{\text{densitas}} = \frac{5149,6325}{56,9428} = 90,4352 \ ft^3/jam$$

Produk disimpan selama 30 hari, maka:

V_L = 90,4352 × 24 jam × 30 hari
= 65113,37336 ft^3
= 1842,7085 m^3

Asumsi: Produk mengisi gudang sebesar 80% dari volume total, maka:

$$\text{Volume total gudang} = \frac{V_L}{80\%} = \frac{65113,373}{80\%}$$
= 81391,72 ft^3
= 2303,3856 m^3

Volume gudang = p × l × t
p = 2 × lebar
t = 15 meter

Sehingga:

Volume = (2 × l) × l × t
2303,3856 = 2 l^2 × 15
l^2 = 76,78
l = 8,7624 meter = 20 meter
p = 2 × 20
= 40 meter

Jadi, dimensi gudang produk:

Panjang = 40 meter
Lebar = 20 meter
Tinggi = 15 meter

Spesifikasi alat:

Fungsi : Menyimpan produk formaldehid 37% selama 30 hari
Type : Bangunan gedung
Bahan Kontruks : Beton

Waktu tinggal	:	30	hari		
Panjang	:	40	meter	=	480 in
Lebar	:	20	meter	=	240 in
Tinggi	:	15	meter	=	180 in
Jumlah	:	1	buah		

31,1307

)6

ırt