

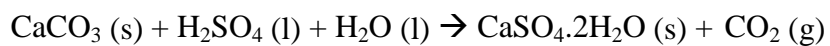
LAMPIRAN

PERHITUNGAN REAKTOR

Kode	: R-01
Fase	: Cair – Padat
Bentuk	: Tangki Silinder
Fungsi	: Mereaksikan senyawa CaCO ₃ (batu kapur) sebanyak 38.016,1744 kg/jam dan Asam Sulfat 50% serta air 50% sebanyak 76.032,3488 kg/jam
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304</i>
Kondisi Operasi	: Suhu : 93°C Waktu Tinggal (τ) : 10 menit Tekanan : 1 atm
Konversi	: 90%

1. Perhitungan Neraca Massa Reaktor

Reaksi di Reaktor adalah sebagai berikut :



Tabel A.1. Neraca Massa Reaktor

Komponen	Masuk	Keluar
	(kg/jam)	(kg/jam)
H ₂ SO ₄	38016,174	5193,397
H ₂ O	38130,223	32101,550
CO ₂	0,000	14736,757
CaCO ₃	37214,033	3721,403
SiO ₂	136,858	136,858
MgCO ₃	361,154	361,154
Al ₂ O ₃	64,627	64,627
CaSO ₄	30,413	30,413
Fe ₂ O ₃	95,040	95,040
CaSO ₄ .2H ₂ O	0,000	57607,323
Total	114048,523	114048,523

2. Menentukan Kecepatan Volumetrik (Fv,L/jam)

a. Menentukan volume bahan (cairan)

Tabel A.2. Densitas Cairan

Densitas Cairan

Komponen	massa (kg/jam)	Fraksi Massa (xi)	ρi (kg/m ³)	ρi.xi (kg/m ³)	xi/ρi (kg/m ³)
H ₂ SO ₄ (l)	38016,1744	0,5000	1747,9569	873,9785	0,0003
H ₂ O (l)	38016,1744	0,5000	962,7954	481,3977	0,0005
Total	76032,3488	1,0000	2710,7523	1355,3761	0,0008

$$= \frac{m \text{ cairan}}{\rho \text{ cairan}}$$

$$= \frac{76032,3488 \text{ kg/jam}}{1355,3761 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 56,0969 \text{ m}^3/\text{jam}$$

b. Menentukan volume bahan (padatan)

Tabel A.3. Densitas Padatan

Komponen	massa (kg/jam)	Fraksi Massa (xi)	ρ_i (kg/m ³)	$\rho_i \cdot x_i$ (kg/m ³)	x_i/ρ (kg/m ³)
CaCO ₃	37214,0331	0,9789	2711,0000	2653,7979	0,00036108
SiO ₂	136,8582	0,0036	2650,0000	9,5400	0,00000136
MgCO ₃	361,1537	0,0095	2958,0000	28,1010	0,00000321
Al ₂ O ₃	64,6275	0,0017	3965,0000	6,7405	0,00000043
CaSO ₄	30,4129	0,0008	2329,0000	1,8632	0,00000034
Fe ₂ O ₃	95,0404	0,0025	5250,0000	13,1250	0,00000048
H ₂ O	114,0485	0,0030	962,7954	2,8884	0,00000312
Total	38016,1744	1,0000	20825,7954	2716,0560	0,00037002

$$\begin{aligned}
 &= \frac{m \text{ padatan}}{\rho \text{ padatan}} \\
 &= \frac{38016,1744}{2716,0560} \\
 &= 13,9968 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Total Kecepatan Volumetrik = Volume Bahan Cairan + Volume Bahan Padatan

$$\text{Kecepatan Volumetrik} = 56,0969 \text{ m}^3/\text{jam} + 13,9968 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Kecepatan Volumetrik} = 70,0937 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 70,094 \text{ L/jam}$$

Sehingga di dapatkan kecepatan volumetrik sebesar 70,0940 L/jam.

c. Perancangan Reaktor

a. Volume alat (reaktor)

Pada perancangan reaktor fase yang direaksikan adalah fase cair-padat yang berupa pembentukan gipsum yaitu dengan cara mereaksikan antara asam sulfat dan batu kapur.

Dan reaksinya termasuk reaksi orde satu (pseudo first order-reaction) reaksi terhadap batuan kapur ($-r_A = k \cdot C_A$).

(Primiceriomonti, 2013)

Dalam reaktor waktu tinggal yang dibutuhkan adalah 5-10 menit. Dalam hal ini reaksi akan selesai dalam waktu 10 menit dengan mengumpankan batu kapur ke reaktor dengan eksese 10%. Reaksi dijalankan dengan mencampurkan antara asam sulfat 50% massa dan batu kapur. Suhu reaksi pencampuran 93,3°C.

(US Patents 6.613.141B)

$$\begin{aligned}\text{Volume bahan} &= \theta \times (\text{volume cairan} + \text{volume padatan}) \\ &= 0,1667 \text{ jam} \times (56,0969 + 13,9968) \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 11,6823 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Perancangan reaktor memilih over design 20%, sehingga di dapatkan volume alat sebagai berikut :

$$\text{Volume alat} = 1,2 \times \text{Volume bahan}$$

$$\text{Volume alat} = 1,2 \times 11,6823 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume alat} = 14,0187 \text{ m}^3$$

$$= 495,0671 \text{ ft}^3$$

b. Penentuan Dimensi Reaktor

1. Penentuan tinggi reaktor awal (H) dan diameter dalam (ID)

- Diameter reaktor (ID)

$$H = 2D \quad (\text{Brownell, hal 95})$$

Digunakan reaktor dengan tutup berbentuk *torispherical dished head*

$$\text{Volume head (Vh)} = 0,000049 D^3 \quad (\text{Pers. 5.11, } \textit{Brownell}, \text{ hal 88})$$

$$\text{Volume Shell reaktor} = \frac{1}{4} \pi \times D^2 \times H + (0,000049 \times (D^3))$$

$$\text{Volume Reaktor} = \text{volume shell reaktor} + 2 \text{ volume head torispherical}$$

$$495,0671 \text{ ft}^3 = \frac{1}{4} \pi \times D^2 \times 2D + (0,000049 \times (D^3))$$

$$495,0671 \text{ ft}^3 = D^3 \left\{ \frac{2}{4} \pi + 0,000049 \right\}$$

$$495,0671 \text{ ft}^3 = D^3 \left\{ \frac{2}{4} \times 3,14 + 0,000049 \right\}$$

$$495,0671 \text{ ft}^3 = D^3 \times 1,5700$$

$$D^3 = \frac{495,0671}{1,5700}$$

$$D^3 = 314,4556$$

$$D = \sqrt[3]{315,3195}$$

$$D = 6,8064 \text{ ft}$$

$$= 81,6767 \text{ in}$$

$$= 2,0746 \text{ m}$$

- Tinggi reaktor (H)

$$H = 2D$$

$$H = 2 \times 6,8064 \text{ ft}$$

$$H = 13,6128 \text{ ft}$$

$$= 163,3534 \text{ in}$$

$$= 4,1492 \text{ m}$$

2. Penentuan tebal reaktor (t_s)

- Tekanan Hidrostatik

$$\text{Volume cairan} = h \text{ cairan} \times (\pi D^2/4)$$

$$11,6823 \text{ m}^3 = h \text{ cairan} \times (3,14 \times (2,0746\text{m})^2)/4$$

$$h \text{ cairan} = \frac{11,6823 \text{ m}^3}{3,3786 \text{ m}^2}$$

$$h \text{ cairan} = 3,4578 \text{ m}$$

$$\text{Tekanan hidrostatik} = \rho \times g \times h \text{ cairan}$$

$$\text{Tekanan hidrostatik} = 1.355,3761 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 3,3786 \text{ m}$$

$$\text{Tekanan hidrostatik} = 45.928,2733 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Tekanan hidrostatik} = 45.928,2733 \text{ N/m}^2 \times 0,000145038$$

$$\text{Tekanan hidrostatik} = 6,6613 \text{ psia}$$

$$= 0,4533 \text{ atm}$$

- Tekanan desain

$$\text{Tekanan operasi} = 1 \text{ atm}$$

$$= 14,7 \text{ psia}$$

$$P_{\text{desain}} = 14,7 + 6,6613 \text{ psia}$$

$$P_{\text{desain}} = 21,3613 \text{ psia}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,4531 \text{ atm}$$

- Tebal tangki (t_s)

$$\text{Rumus : } t_s = \frac{P \times r_i}{(f \times E - 0,6 P)} + C \quad (\text{Brownell, 1959.p.254., 13.1})$$

Pertimbangan : cairan dalam reaktor mengandung asam (sifatnya korosif) Sehingga, berdasarkan tabel 23-3 Perry , dipilih bahan konstruksi yaitu *Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304*. Pemilihan bahan material untuk reaktor cukup kuat dan terhadap korosi serta mudah di fabrikasi dan harga relatif murah.

Data-data didapatkan sebagai berikut :

$$\text{Allowable stress (f)} = 18847,948 \text{ psia}$$

$$\text{Sambungan yang dipilih} = \text{Double welded but joint}$$

$$\text{Effisiensi sambungan (E)} = 80 \%$$

$$\text{Corrosion allowance (C)} = 0,125 \text{ in}$$

$$\text{Jari-jari raktor (ri)} = 40,8384 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan (P)} &= \text{tekanan operasi} + \text{tekanan hidrostatik} \\ &= 14,7 \text{ psia} + 6,6613 \text{ psia} \\ &= 21,3613 \text{ psia} \\ &= 1,4531 \text{ atm} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$t_s = \frac{21,3613 \text{ psia} \times 40,8384 \text{ in}}{(18847,948 \text{ psia} \times 80\%) - (0,6 \times 21,3613 \text{ psia})} + 0,125 \text{ in}$$

$$t_s = \frac{872,3613 \text{ psia.in}}{15065,5416 \text{ psia}} + 0,125 \text{ in}$$

$$t_s = 0,0579 \text{ in} + 0,125 \text{ in}$$

$$t_s = 0,1829 \text{ in}$$

Jadi, tebal shell minimum yang dibutuhkan sebesar 0,1829 in Berdasarkan tabel 5.6 Brownell & Young, maka dipilih th standar :

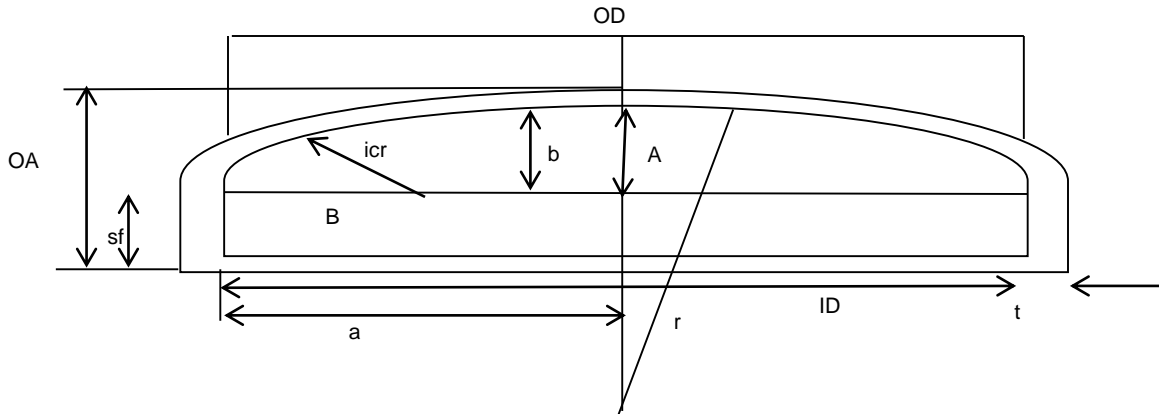
$$\begin{aligned}th &= 5/16 \text{ in} \\ &= 0,3125 \text{ in} \\ \text{ID shell} &= 81,6767 \text{ in} \\ \text{OD shell} &= \text{ID} + 2ts \\ &= 81,6767 \text{ in} + (2 \times 0,3125 \text{ in}) \\ &= 82,3017 \text{ in}\end{aligned}$$

Berdasarkan tabel 5.7 (*Brownell & Young, 1959*), untuk OD standar maka diambil OD terdekat yaitu :

$$\begin{aligned}\text{OD} &= 84 \text{ in} \\ &= 2,1336 \text{ m} \\ \text{ID} &= \text{OD} - 2ts \\ &= 84 \text{ in} - (2 \times 0,3125 \text{ in}) \\ &= 83,3750 \text{ in} = 6,9479 \text{ ft} = 2,1177 \text{ m} \\ H &= 2 \times D \\ &= 2 \times 83,3750 \text{ in} \\ &= 166,7500 \text{ in} = 13,8958 \text{ ft} = 4,2355 \text{ m} \\ icr &= 5,125 \text{ in} \\ rc &= 84 \text{ in}\end{aligned}$$

d. Menghitung Dimensi Head Reaktor

Dipilih head dengan bentuk *Torispherical Flanged & Dished Head*, dengan pertimbangan harganya cukup ekonomis dan digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar.



Keterangan gambar :

ID : diameter dalam head

icr : inside corner radius

OD : diameter luar head

b : deep of dish

a : jari-jari head

sf : straight of flanged

t : tebal head

OA : tinggi head

r : jari-jari dalam head

a. Menghitung tebal head

$$t_h = \frac{P \times r_c \times W}{(2 \times f \times E) - (0,2 \times P)} + C \quad (\text{Brownell \& Young 1959, Page 138})$$

$$W = \frac{1}{4} \times \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}} \right)$$

$$W = \frac{1}{4} \times \left(3 + \sqrt{\frac{84 \text{ in}}{5,125 \text{ in}}} \right)$$

$$W = 1,7621$$

Sehingga :

$$t_h = \frac{21,3613 \text{ psia} \times 84 \text{ in} \times 1,7621}{(2 \times 18847,948 \text{ psia} \times 80\%) - (0,2 \times 21,3613 \text{ psia})} + 0,125 \text{ in}$$

$$t_h = \frac{3161,8227 \text{ psia. in}}{30152,4445 \text{ psia}} + 0,125 \text{ in}$$

$$t_h = 0,1049 \text{ in} + 0,125 \text{ in}$$

$$t_h = 0,2299 \text{ in}$$

Berdasarkan tabel 5.6 Brownell & Young, dipilih t_h standar :

$$t_h = 1/4 \text{ in} = 0,25 \text{ in}$$

b. Menghitung tinggi head

Berdasarkan tabel 5.8 (Brownell & Young, hal. 93), maka digunakan s_f :

$$S_f = 3 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} ID &= OD - 2t_h \\ &= 84 \text{ in} - (2 \times 0,25 \text{ in}) \\ &= 83,5 \text{ in} \\ &= 2,1209 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= ID/2 \\ &= 83,5/2 \\ &= 41,75 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AB &= a - i_{cr} \\ &= (41,75 - 5,125) \text{ in} \\ &= 36,6250 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= r_c - i_{cr} \\ &= (84 - 5,125) \text{ in} \\ &= 78,8750 \text{ in} \end{aligned}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$= \sqrt{78,8750^2 - 36,6250^2}$$

$$= 69,8561 \text{ in}$$

$$b = rc - AC$$

$$= (84 - 69,8561) \text{ in}$$

$$= 14,1439 \text{ in}$$

Tinggi *head* total :

$$AO = sf + b + th$$

$$= (3 + 14,1439 + 0,25) \text{ in}$$

$$= 17,3939 \text{ in} = 0,4418 \text{ m}$$

e. Menghitung Dimensi Pengaduk

Pada reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dibutuhkan pengaduk untuk mencampurkan beberapa senyawa menjadi satu agar tercampur secara homogen. Berikut perhitungan pengaduk :

- Volume cairan yang diaduk $= 11,6823 \text{ m}^3$
 $= 3086,1372 \text{ gallon}$
- Kekentalan cairan yang diaduk (μ) $= 1,0166 \text{ cp}$
 $= 0,000683 \text{ lb/ft.s}$

Sehingga, berdasarkan nilai kekentalan cairan yang diaduk (μ) sebesar 0,000683 cp jenis pengaduk yang dipilih adalah *marine propeller with 3 blades and pitch 2Di*, dengan alasan cocok untuk cairan dengan viskositas mencapai 4000 cp.

Dalam perancangan untuk pengaduk dilakukan dengan prinsip similaritas menggunakan model yang sesuai dengan referensi di buku (*Brown , Fig 477, no 15 , hal 507*) dan tabelnya.

$$\frac{D_t}{D_i} = 3$$

$$\frac{Z_l}{D_i} = 3,9$$

$$\frac{Z_i}{D_i} = 1,3$$

Keterangan :

D_t = Diameter Tangki

D_i = Diameter Pengaduk

Z_i = Jarak Pengaduk dari Dasar Tangki

Z_l = Tinggi cairan dalam pengaduk

Dari data diatas maka diperoleh perhitungan sebagai berikut :

a. Diameter Pengaduk (D_i)

$$\begin{aligned} D_i &= \frac{D_t}{3} \\ &= \frac{83,3750 \text{ in}}{3} \\ &= 27,7917 \text{ in} \\ &= 0,7059 \text{ m} \\ &= 2,3160 \text{ ft} \end{aligned}$$

b. Tinggi Cairan dalam Pengadukan (Z_l)

$$\begin{aligned} Z_l &= D_i \times 3,9 \\ &= 27,7917 \text{ in} \times 3,9 \end{aligned}$$

$$= 108.3875 \text{ in}$$

$$= 2,7530 \text{ m}$$

$$= 9,0323 \text{ ft}$$

c. Jarak Pengaduk dari Dasar Tangki (Z_i)

$$Z_i = D_i \times 1,3$$

$$= 27,7917 \text{ in} \times 1,3$$

$$= 36,1292 \text{ in}$$

$$= 0,9177 \text{ m}$$

$$= 3,0108 \text{ ft}$$

f. Menghitung jumlah pengaduk

(sesuai referensi Wallas, hal 288)

$$\begin{aligned} \text{Rasio tinggi permukaan cairan dan diameter tangki} &= H/D \\ &= 3,4578/2,1177 \\ &= 1,6328 \end{aligned}$$

Berdasarkan referensi Wallas, maka jumlah pengaduk yang dipakai = 1 buah

g. Trial nilai rpm (N)

- Diambil $\pi DN = 21,0160 \text{ ft/s}$

$$N = \frac{21,0160 \text{ ft/s}}{\pi D}$$

$$N = \frac{21,0160 \text{ ft/s}}{3,14 \times 2,3160 \text{ ft}}$$

$$N = 2,8899 /s$$

- Menghitung nilai Re

$$Re = \frac{\rho \times N \times Di^2}{\mu}$$

$$Re = \frac{84,8952 \text{ lb/ft}^3 \times 2,8899/\text{s} \times (2,3160 \text{ ft})^2}{0,000683 \text{ lb/ft.s}}$$

$$Re = 1926277,524$$

Power number (Po) yang didapat dari Fig. 477 Brown = 0,8

Sehingga :

$$P = \frac{N^3 \times Di^5 \times \rho \times Po}{gc}$$

$$P = \frac{(2,8899/\text{s})^3 \times (2,3160 \text{ ft})^5 \times 84,8952 \text{ lb/ft}^3 \times 0,8}{32,174 \text{ ft/s}^2}$$

$$P = 3394,6807 \text{ lb.ft/s}$$

$$P = 6,1721 \text{ hp}$$

Pada reaksi dengan transfer panas, nilai Hp/1000 gallon = 1,5-5

Diambil Hp/1000 gallon = 2

Hp = 2 Hp/1000 gallon x volume cairan

$$= 2 \text{ Hp/1000 gallon} \times 3086,1372 \text{ gallon}$$

$$= 6,1723 \text{ Hp}$$

h. Menghitung Dimensi Coil Pendingin

$$OD = 84 \text{ in} = 2,1336 \text{ m} = 7 \text{ ft}$$

$$ID = 83,375 \text{ in} = 2,1177 \text{ m} = 6,9479 \text{ ft}$$

$$H = 166,7500 \text{ in} = 4,2354 \text{ m} = 13,8958 \text{ ft}$$

$$\text{Luas Selimut (A)} = \pi \cdot OD \cdot H$$

$$= 3,14 \times 7 \text{ ft} \times 13,8958 \text{ ft}$$

$$= 305,4304 \text{ ft}^2$$

$$Q \text{ pendinginan} = 14357734,003 \text{ kJ/jam}$$

$$= 13611131,835 \text{ Btu/jam}$$

1. Menghitung suhu LMTD (ΔT_{LMTD})

Hot fluid

$$T_{in} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K} = 86 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_{out} = 93 \text{ }^\circ\text{C} = 366 \text{ K} = 199,40 \text{ }^\circ\text{F}$$

Cold fluid

$$t_{in} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K} = 86 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_{out} = 45 \text{ }^\circ\text{C} = 318 \text{ K} = 113 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\Delta t_1 = (113 - 86) \text{ }^\circ\text{F}$$

$$= 27 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\Delta t_2 = (199,40 - 86) \text{ }^\circ\text{F}$$

$$= 113,40 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln\left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}\right)}$$

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(113,40 - 27)^\circ\text{F}}{\ln\left(\frac{113,40 \text{ }^\circ\text{F}}{27 \text{ }^\circ\text{F}}\right)}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 60,2055 \text{ }^\circ\text{F}$$

2. Menghitung Luas Transfer Panas

Untuk *cold fluid* = water dan *hot fluid* = aqueous of solution

$$U_d = 250-500 \text{ btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam} \quad (\text{Kern, Tabel 8 Hal.840})$$

Diambil harga $U_d = 500 \text{ btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam}$

$$A = \frac{Q}{Ud \times \Delta T_{LMTD}}$$

$$A = \frac{13611131,8349 \text{ btu/jam}}{500 \text{ btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam} \times 60,2055 \text{ }^\circ\text{F}}$$

$$A = 452,1557 \text{ ft}^2$$

Luas selimut < A terhitung, sehingga luas selimut tidak mencukupi sebagai luas transfer panas, maka digunakan *coil* pendingin.

3. Menghitung Kebutuhan Air Pendingin

Sifat fisis air pada $T_f = 99,5 \text{ }^\circ\text{F}$:

$$C_p = 4183,7938 \text{ j/kg} \cdot \text{K} = 0,9999 \text{ btu/lb} \cdot \text{F}$$

$$\rho = 1016,0968 \text{ kg/m}^3 = 63,4044 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 0,6991 \text{ cp} = 1,6919 \text{ lb/ft} \cdot \text{jam}$$

$$k = 0,3596 \text{ btu/jam} \cdot \text{ft} \cdot \text{F}$$

$$m_{\text{air}} = \frac{Q_{\text{pendinginan}}}{C_p \text{ air} \times \Delta T}$$

$$m_{\text{air}} = \frac{14357734,0031 \text{ kj/jam}}{4,1838 \text{ kj/kg} \cdot \text{K} \times 15 \text{ K}}$$

$$m_{\text{air}} = 4118099,906 \text{ kg/jam}$$

$$= 9080410,293 \text{ lb/jam}$$

i. Menghitung Kecepatan Volumetrik Air

$$Q_v = \frac{m_{\text{air}}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$Q_v = \frac{4118099,9060 \text{ kg/jam}}{1016,0968 \text{ kg/m}^3}$$

$$Q_v = 4052,8618 \text{ m}^3/\text{jam}$$

j. Menentukan Diameter Standar

Dipilih diameter standard berdasarkan buku *Kern, 1965, table 11, page 844*

Nominal Pipe Size (IPS)	= 3 in	
OD	= 3,50 in	= 0,2917 ft
ID	= 3,068 in	= 0,2557 ft
Flow area per pipe (A')	= 7,380 in ²	= 0,0513 ft ²
Surface per lin (A'')	= 0,917 ft ² /ft	

k. Menghitung nilai ho

$$Re = \frac{L^2 \times N \times \rho}{\mu}$$

Dengan :

L	= diameter Impeller	= 2,3160 ft
N	= kecepatan putar pengaduk	= 10403,7647 rad/jam
ρ	= densitas fluida panas	= 84,5755 lb/ft ³
μ	= viskositas fluida panas	= 2,4603 lb/ft.jam
k	= konduktivitas panas	= 0,3020 btu/jam.ft.F
cp	= kapasitas panas	= 0,6517 btu/lb.F

sehingga,

$$Re = \frac{(2,3160 \text{ ft})^2 \times 10814,9498/\text{jam} \times 84,5755 \text{ lb}/\text{ft}^3}{2,4603 \text{ lb}/\text{ft.jam}}$$

$$Re = 1918299,543$$

Berdasarkan buku Kern, Fig.28 hal 838 maka didapatkan nilai JH = 13412

$$h_o = JH \times \frac{k}{De} \times \left(\frac{c\mu}{k}\right)^{1/3} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$$

$$h_o = 13412 \times \frac{0,3020}{6,9479} \times \left(\frac{0,6517 \times 2,4603}{0,3020}\right)^{1/3} \times (1)^{0,14}$$

$$h_o = 1016,8920 \text{ btu/ft}^2 \cdot \text{jam. F}$$

l. Menghitung nilai hio

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

$$Re = \frac{63,4044 \text{ lb/ft}^3 \times 2792691,9727 \text{ ft/jam} \times 0,2557 \text{ ft}}{1,6919 \text{ lb/ft} \cdot \text{jam}}$$

$$Re = 26757618,9733$$

Berdasarkan buku Kern, Fig.24 hal 834 maka didapatkan nilai JH = 26738

$$h_i = JH \times \frac{k}{De} \times \left(\frac{c\mu}{k}\right)^{1/3} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$$

$$h_i = 26738 \times \frac{0,3596}{0,2557} \times \left(\frac{0,9999 \times 1,6919}{0,3596}\right)^{1/3} \times (1)^{0,14}$$

$$h_i = 63019,1502 \text{ btu/ft}^2 \cdot \text{jam. F}$$

$$h_{io} = h_i \times \frac{ID}{OD}$$

$$h_{io} = 63019,1502 \times \frac{0,2557}{0,2917}$$

$$h_{io} = 55240,7865 \text{ btu/ft}^2 \cdot \text{jam. F}$$

m. Menghitung Uc

$$= \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o}$$

$$U_c = \frac{55240,7865 \times 1016,8920}{55240,7865 + 1016,8920}$$

$$U_c = 998,5111$$

n. Menghitung nilai Rd

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d}$$

$$R_d = \frac{998,5111 - 500}{998,5111 \times 500}$$

$$R_d = 0,001$$

Syarat :

Rd terhitung \geq Rd yang diperlukan

$$0,001 \geq 0,001 \quad (\text{memenuhi syarat})$$

o. Menghitung jumlah lilitan

$$\begin{aligned} \text{Luas satu lilitan (a)} &= \pi \times D \times \text{surface per lin ft} \\ &= \pi \times (0,8 \times \text{ID reaktor}) \times \text{surface per lin ft} \\ &= 3,14 \times (0,8 \times 6,9479 \text{ ft}) \times 0,917 \text{ ft}^2/\text{ft} \\ &= 16,0046 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lilitan} &= A/a \\ &= 452,1557 \text{ ft}^2 / 16,0046 \text{ ft}^2 \\ &= 28,2517 \\ &= 28 \text{ lilitan} \end{aligned}$$

p. Menentukan tinggi tumpukan coil

x = jarak antar lilitan

$$\begin{aligned} \text{Diambil x} &= 0,4 \text{ OD} \\ &= 0,4 \times 0,0889 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 0,0356 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tumpukan coil} = (N_{\text{lilitan}} - 1) * x + N_{\text{lilitan}} * OD$$

$$= (28-1) * 0,0356 \text{ m} + (28 * 0,0889 \text{ m})$$

$$= 3,4493 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi cairan dalam shell} = 3,4578 \text{ m}$$

Sehingga *coil* masih tercelup di dalam cairan.