

LAMPIRAN A

REAKTOR

Alogaritma perhitungan :

1. Menentukan jenis reaktor
2. Menghitung jumlah reaktor optimum
3. Menentukan dimensi reaktor
4. Menentukan tinggi cairan
5. Menentukan tekanan desain
6. Menentukan tebal shell
7. Menentukan tebal head
8. Perancangan pengaduk
9. Menentukan kecepatan putaran
10. Menghitung power motor
11. Menentukan kebutuhan pendingin
12. Menentukan luas transfer panas dan luas selubung reaktor
13. Perancangan Koil Pendingin

1. Menentukan jenis reaktor

Jenis reaktor : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Fungsi : Mereaksikan RBDPS dengan NaOH

Dipilih reaktor jenis ini melalui beberapa pertimbangan sebagai berikut :

- a) Zat pereaksi berupa fasa cair dan fasa cair
- b) Hasil konversi maksimal, karena dapat digunakan reaktor dalam jumlah lebih dari satu.

2. Menghitung jumlah reaktor optimum

Menentukan jumlah reaktor adalah dengan menggunakan optimasi jumlah reaktor. Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan jumlah reaktor sebagai berikut:

Kecepatan reaksi : $r_A = k C_A C_B$

Konstanta kecepatan reaksi :

$$k = \frac{F_{A0} X_A}{\tau \cdot v_0 C_{A0}^2 (1-X_A)(\theta_B - X_A)} = 4,746 \text{ L/mol.jam}$$

Orde reaksi : 2

Volume optimasi : $V = \frac{F_{A0} X_A}{k C_{A0}^2 (1-X_A)(\theta_B - X_A)}$

Berdasarkan rumus volume optimasi diatas maka dapat diperoleh hasil optimasi sebagai berikut:

No	V (L)	V (gal)	Harga @ (US \$)	Harga alat (US \$)
1	189.280	50.002	328.900	328.900
2	12.303	3.250	70.100	140.200
3	4477	1.183	46.900	140.700
4	2527	668	35.400	141.600

Hasil optimasi diatas dapat dibuatkan grafik hubungan antara jumlah

reaktor (n) dengan total harga (\$US) sebagai berikut:



Berdasarkan hasil optimasi yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan menggunakan 2 reaktor akan lebih ekonomis apabila dibandingkan dengan menggunakan 1 reaktor.

3. Menentukan dimensi reaktor

Berdasarkan hasil optimasi, volume design masing-masing reaktor sebesar . Adapun rasio H/D yang digunakan 1:1,5. Dengan diketahuinya besar volume masing-masing reaktor maka dapat dihitung pula besarnya nilai D dan H dengan menggunakan persamaan:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot \text{Volume shell}}{\pi}}$$

$$D : 2,1861 \text{ m}$$

$$H : 3,2792 \text{ m}$$

4. Menentukan tinggi cairan

a. Volume *Shell* : 0,6707 m³

b. Volume *Head* : 0,0582 m³

c. Volume *bottom*: ½ volume *head*

Volume *bottom*: 0,0291 m³

d. Volume cairan : volume *shell* – volume *bottom*

Volume cairan : 0,6416 m³

e. Tinggi cairan : $4V/\pi D^2$

Tinggi cairan : 1,2435 m

5. Menentukan tekanan desain

a. Tekanan operasi : 1 atm

b. Tekanan hidrostatik

$$P_{\text{Hidrostatik}} = \frac{\rho gh}{gc}$$

Dengan:

ρ campuran : 963,4199 kg/m³

gc : 9,8 m/s²

h : 1,24 m

Ph : 1,70 psi

P *absolute* : P operasi + P hidrostatik

P *absolute* : 14,7 psi

P desain : 1,2 P *absolute*

P desain : 16,40 psi

6. Menentukan tebal *shell*

$$ts = \frac{Pr}{(fE - 0.6P)} + C$$

Dengan:

d = diameter dalam *shell*, in

f = maksimum *allowable stress* bahan yang digunakan

(Brownell, tabel 13-1, p.251)

ts = tebal *shell*, in

E = efisiensi pengelasan

P = tekanan desain, psi

C = faktor korosi, in

Bahan yang digunakan untuk reaktor adalah *Carbon steel* (283 Grade

C). Adapun alasan pemilihan bahan karena bahan yang bereaksi bersifat

korosif.

E : 0,80

f : 12650 psi

P : 0,608 psi

C : 0,125 in

Maka nilai ts yang didapatkan sebesar 0,1257 in

Dipilih tebal dinding reaktor standar 3/16 (Brownell and Young, ha 88)

7. Menentukan tebal head

$$t_h = \frac{Pr_w}{(2fE - 0.2P)} + C$$

Untuk menghitung besarnya tebal head standar digunakan rumus sebagai berikut:

Tekanan operasi	: 14,7 psi
P desain	: 16,4028 psi
P	: 1,7028 psi
OD	: 33.01 in
OD standar	: 34 in
r	: 34 in
icr	: 2,125 in
th	: 0,1732 in

dipilih tebal head reaktor standar 3/16 in (Brownell and Young, hal 90)

dengan tebal head reaktor standar 3/16 in diperoleh sf 2 in.

8. Perancangan pengaduk

a. Reaktor 1

Jenis pengaduk : Marine propeler with 3 blades and 4 baffles

Diameter Impeler : 0,7287 m

Tinggi cairan pengadukan (Zl) : 2,8419 m

Jarak pengaduk -dasar tangki (Zi) : 0,9473 m

Menghitung kecepatan pengadukan :

Menghitung jumlah impeler (pengaduk):

Menghitung jumlah pengaduk (sesuai referensi Wallas halaman 288)

Rasio tinggi permukaan cairan dan diameter tangki $H/D=$

$$\begin{aligned} \text{à impeller} &= \frac{3,2794}{2,1861} m \\ &= 1,5001 m \end{aligned}$$

Putaran pengaduk :

$$\frac{WELH}{2.DI} = \left(\frac{\pi.DI.N}{600} \right)^2$$

$$\begin{aligned} N &= \sqrt{(WELH/(2.DI)) \times (600/(\pi.DI))} \\ &= 79,9257 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Dengan :

$$\begin{aligned} N &: 79,9257 \text{ rpm} && = 1,3321 \text{ rps} \\ \rho &: 981,4495 \text{ kg/m}^3 && = 84,8952 \text{ lb/ft}^3 \\ gc &: 32,2 \text{ ft/s}^2 \\ \mu &: 6,4843 \text{ cp} && = 0,0044 \text{ lb/ft}\cdot\text{s} \\ Di &: 0,7287 \text{ m} && = 2,3908 \text{ ft} \end{aligned}$$

Bilangan Reynold :

$$\boxed{Re = \frac{N \times Di^2 \times \rho}{\mu}} \quad (\text{Brown, page 508})$$

$$\begin{aligned} Re &= \frac{1,3321 \text{ rps} \cdot 2,3908 \text{ ft}^2 \cdot 84,8952 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}}{0,0044 \frac{\text{lb}}{\text{ft}\cdot\text{s}}} \\ &= 48.3416,5 \end{aligned}$$

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

$$N_p = P_o = 0,9$$

$$p = \frac{0,9 \cdot 84,8952 \frac{lb}{ft^2} \cdot 1,3321 rps^3 \cdot 2,3908 ft^5}{32,2 ft/s^2}$$

$$P = 0,7971 \text{ hp}$$

$$\text{Efisiensi motor} : 80\%$$

$$\text{Daya motor} : \frac{17,7}{80\%}$$

$$\text{Daya motor} = \frac{P}{\eta} = 22 \text{ HP}$$

$$\text{Dipakai standar NEMA} = 22 \text{ HP}$$

9. Menentukan kecepatan putaran

Didapatkan nilai kecepatan putaran 427,3111 rpm

10. Menentukan power motor

$$N_{Re} : 48.3416,5$$

Jenis aliran : turbulen

$$\eta : 80\%$$

$$P (Pa/\eta) : 22 \text{ Hp}$$

$$P \text{ standar} : 22 \text{ Hp}$$

11. Kebutuhan pendingin

A. Reaktor 1

Q air pendingin :	634407.2811	kJ/jam	601418.1025	Btu/jam
T in :	90	°C	363,00	K
T out :	90	°C	363,00	K

Komponen	A	B	C	D
Air	92.053	-4.00E-02	-2.11E-04	5.35E-07

Cp:	4183,7938	J/kg.K	1,6919	lb/ft.jam
Keb. Air pendingin :	2352,7535	kg/jam	5187,821495	lb/jam

Suhu fluida panas masuk :	90	°C	194	°F
Suhu fluida panas keluar :	90	°C	194	°F
Suhu fluida dingin masuk :	30	°C	86	°F
Suhu fluida dingin keluar :	45	°C	113	°F

Inisial	Fluida panas (°F)		Fluida dingin (°F)	ΔT (°F)
ΔT_2	203	Lower Temp	86	108
ΔT_1	203	Higher Temp	113	27

1) Menentukan luas transfer panas dan luas selubung reaktor

Luas transfer panas : $Q / U_d \times \Delta T_{LMTD}$

Luas selubung reaktor : $\pi \times OD \times H$

UD : 15 Btu/ft².°F.jam

OD : 7,5000 ft

H : 11,2031 ft

Maka,

Luas transfer panas : 427,2030 ft²

Luas selubung reaktor : 263,834 ft²

Karena luas selubung reaktor < luas transfer panas, maka dipilih coil pendingin.

2) Perancangan koil pendingin

A. Reaktor 1

a. Menghitung kecepatan volumetric

Kecepatan alir volumetric dapat dihitung dengan rumus membagi

kebutuhan air pendingin dengan massa jenis air.

Kebutuhan air pendingin :

Tin air : 30°C

Tout air : 45°C

ΔT : 14°C

b. Menentukan diameter koil

Untuk aliran dalam koil/tube, batasan kecepatan antara 1,5-2,5 m/s (Culson pg, 527). Dipilih kecepatan 2,5 m/s, maka:

Kecepatan pendingin : 2,5 m/s

Kecepatan volumetrik : 9,9488 m³/jam

Didapatkan besarnya luas penampang sebesar 0,0011 m²

Nilai diameter dapat dihitung dengan rumus:

$$A = (\pi \cdot ID^2)/4$$

Nilai ID hitung didapat sebesar 0,0375 m = 1,4774 in

Dipilih ID standar dari buku Kern tabel 11 pd 844:

IPS : 1,5 in

Schedule Number : 40

Outside diameter (OD) : 1,9 in

Inside diameter (ID) : 1,61 in

Luas penampang (A') : 2,04 in²

Luas perpan/panjang (a'') : 0,498 ft/ft²

c. Menghitung hi

ρ air pendingin : 1.016,0968 kg/m³ = 63,4044 lb/ft³

μ air pendingin : 0,669 cP = 1,6912 lb/ft jam

k air pendingin : 0,3596 W/m.K = 0,2079 btu/ft jam °F

Cp air pendingin : 232,4330 kJ/kg = 99,9462 btu/lb

- Menghitung nilai Gt = kebutuhan pendingin/luas penampang, didapatkan besarnya nilai Gt sebesar 1.573.430,4385 lb/ft²jam

- Kecepatan pendingin terhitung : Gt/massa jenis

Kecepatan pendingin terhitung : 2.101 m/s

- Menghitung bilangan Reynold dan menentukan jenis aliran

Besarnya N_{Re} terhitung 13179.8208 dengan jenis turbulen

- Menentukan nilai jH

Berdasarkan Kern fig 24 pd 834 diperoleh jH sebesar 40

- Menghitung nilai hi

$$jH = \frac{hi \cdot D}{k} \left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{-1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0.14}$$

Dengan menggunakan persamaan tersebut, nilai hi dapat dihitung sebesar 5479,3396 Btu/ft²jam°F.

d. Menghitung hio

- Menghitung hio pipa

$$hio = hi \frac{ID}{OD}$$

Dengan menggunakan persamaan diatas, nilai hio pipa adalah 578,5638 Btu/ft²jam°F.

- Menghitung hio koil

$$hio_{\text{koil}} = hio_{\text{pipa}} \left(1 + 3.5 \frac{D_{\text{koil}}}{D_{\text{spiral koil}}} \right)$$

- hio pipa :
- D spiral koil : 80%*Diameter tangki

D spiral koil : 72 in

D spiral koil : 5,9976 ft

Maka hio yang didapat sebesar 583,3469 Btu/ft²jam^oF.

e. Menghitung ho

Untuk tangki berpengaduk yang dilengkapi koil, maka koefisien perpindahan panas dihitung dengan rumus:

$$ho = 0.87 \left(\frac{k}{D} \right) \left(\frac{Lp^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.4}$$

Nilai ho diperoleh 17.768,3013 Btu/ft²jam^oF.

f. Menghitung Uc

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

Uc diperoleh 564,8040 Btu/ft²jam^oF.

g. Menghitung Ud

$$U_D = \frac{h_D * Uc}{h_D + Uc}$$

Untuk kecepatan air 2,5 m/s maka nilai RD : 0,001 (Kern tabel 12 pg 845), sehingga diperoleh nilai hd sebesar 769,2308

Btu/ft²jam^oF. Ud terhitung sebesar 325,6771 Btu/ft²jam^oF.

h. Menghitung luas bidang transfer

$$A = Q_{\text{total}} / (U_d \times \Delta T_{\text{LMTD}})$$

$$U_d \quad \quad \quad : 325,6771 \text{ Btu/ft}^2\text{jam}^\circ\text{F}$$

$$\Delta T_{\text{LMTD}} \quad \quad : 35,24 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$A \quad \quad \quad : 19,6761 \text{ ft}^2$$

i. Menghitung panjang koil

$$L_{\text{pipa koil}} \quad \quad \quad = A/a''$$

$$A \quad \quad \quad : 19,6761 \text{ ft}^2$$

$$\text{Luas perpan/panjang (a'')} \quad : 0,275 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

$$L_{\text{pipa koil}} \quad \quad \quad : 39,5102 \text{ ft} = 12,0427 \text{ m}$$

j. Menghitung jumlah lengkungan koil

$$AB = ID \text{ dan } BC = x$$

Teorema pythagoras nilai AC dapat dihitung dengan

menggunakan rumus:

$$\text{Busur } AB = \frac{1}{2} \pi DC$$

$$\text{Busur } AC = \frac{1}{2} \pi AC$$

$$\text{Dipilih } x = \frac{1}{2} OD$$

$$\text{Besarnya nilai } x \text{ sebesar } 0,38 \text{ in} = 0,0317 \text{ ft}$$

Panjang lengkungan koil dinyatakan dengan simbol Klilitan

Klilitan didefinisikan sebagai jumlah dari $\frac{1}{2}$ putaran miring

dengan $\frac{1}{2}$ putaran datar atau secara matematis dituliskan sebagai

berikut:

$$\text{Klilitan} = \frac{1}{2} \pi(DC) + \frac{1}{2} \pi(AC)$$

Dengan menggunakan rumus diatas, besarnya nilai K lilitan satu putaran sebesar 21,1068 ft.

k. Menghitung banyak lilitan

Banyak lilitan koil didefinisikan sebagai perbandingan antara panjang lengkungan koil dengan panjang lengkungan koil satu putaran. Banyak lilitan koil yang diperoleh sebanyak 2 lilitan.

l. Menghitung tinggi tumpukan dan tinggi cairan setelah ada koil

- Tinggi tumpukan

Tinggi tumpukan koil = $(N_{\text{lilitan}} - 1) \times X + N_{\text{lilitan}} \times \text{OD}$
 Tinggi tumpukan koil yang diperoleh sebesar 0,2515 m

- Tinggi cairan setelah ada koil (Z_c)

V cairan dalam *shell* : 11,8885 m³

V koil : 0,0133 m³

A *shell* : 4,0681 m²

Tinggi cairan setelah ditambah koil (Z_c) = $\frac{V_{\text{cairan dalam shell}} + V_{\text{koil}}}{A_{\text{shell}}}$

tinggi cairan setelah ada koil diperoleh sebesar 2,9256 m.

m. Menghitung *pressure drop*

$$\Delta P_T = \frac{f \times v^2 \times L}{5,22 \times 10^{10} \times \text{ID} \times s \times \theta t}$$

Koefisien friksi : 0,008 ft²/in²

Pressure drop : 0,9063 psi

B. Reaktor 2

Q air pendingin :	96098.2893	kJ/jam	91101,178	Btu/jam
T in :	90	°C	363,00	K

T out :	90	°C	363,00	K
---------	----	----	--------	---

Komponen	A	B	C	D
Air	92.053	-4.00E-02	-2.11E-04	5.35E-07

Cp:	4183,7938	J/kg.K	1,6919	lb/ft.jam
Keb. Air pendingin :	1531,2783	kg/jam	3376,4686	lb/jam

Suhu fluida panas masuk :	90	°C	194	°F
Suhu fluida panas keluar :	90	°C	194	°F
Suhu fluida dingin masuk :	30	°C	86	°F
Suhu fluida dingin keluar :	45	°C	113	°F

Inisial	Fluida panas (°F)		Fluida dingin (°F)	ΔT (°F)
ΔT_2	203	Lower Temp	86	108
ΔT_1	203	Higher Temp	113	27

$\Delta TLMTD$ sebesar 93,8536 °F

- 1) Menentukan luas transfer panas dan luas selubung reaktor

Luas transfer panas : $Q / U_d \times \Delta TLMTD$

Luas selubung reaktor : $\pi \times OD \times H$

UD : 5 Btu/ft².°F.jam

OD : 7,5000 ft

H : 11,2031 ft

Maka,

Luas transfer panas : 194,1346 ft²

Luas selubung reaktor : 263,834 ft²

Karena luas selubung reaktor > luas transfer panas, maka dipilih jaket.

2) Perancangan jaket

a. dari perhitungan :

$$D_i = \text{Diameter reaktor (ID shell)} = 7,4687 \quad \text{ft}$$

$$h_i = \text{koefisien perpindahan panas}$$

$$\rho = \text{densitas campuran} = 60,1174 \quad \text{lb/ft}^3$$

$$C_p = \text{kapasitas panas larutan} = 0,0118 \quad \text{Btu/Lbm.F}$$

$$L = \text{Diameter pengaduk} = 2,3907 \quad \text{ft}$$

$$N = \text{Kecepatan rotasi pengaduk} = 4795,5425 \quad \text{rph}$$

$$k = \text{Konduktivitas panas larutan} = 0,2922 \quad \text{Btu/h.ft.F}$$

$$\mu = \text{Viskositas larutan} = 274,88 \quad \text{lb/ft.hr}$$

$$\frac{h_i \cdot D_i}{k} = 0,62 \cdot \left(\frac{L^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^{2/3} \cdot \left(\frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

b. Mencari harga h_i , h_{io} , dan h_o .

$$h_i = 457,4891 \text{ k/Di}$$

$$h_i = 17,9028 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot \text{F}$$

$$ID = 7,4688 \text{ ft}$$

$$OD = 7,7038 \text{ ft}$$

$$h_{io} = h_i \cdot \left(\frac{ID}{OD} \right) \quad (\text{Kern, hal 97})$$

$$H_{io} = 17,3565723 \quad \text{Btu/hr.ft}^2 \cdot \text{F}$$

Mencari harga h_o :

menghitung properties air pada suhu 30 oC diperoleh :

$$\mu = 7,0905 \quad \text{lb/ ft.jam}$$

$$\rho = 0,0119 \quad \text{lb/ ft}^3$$

$$C_p = 0,2923 \quad \text{btu/ lb. ft}$$

$$K = 0,3596 \quad \text{btu/h. ft. F}$$

$$\frac{h_o \cdot D_i}{k} = 0,62 \cdot \left(\frac{L^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^{2/3} \cdot \left(\frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

$$H_o = 14,2605k/D_i$$

$$H_o = 0,6866 \text{ Btu/hr.ft}^2.$$

c. Menghitung U_c (kern Tabel 12)

$$U_c = \frac{h_o \cdot h_{io}}{h_o + h_{io}}$$

$$U_c = 0,6605 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot \text{F}$$

DIRT FACTOR

$$R_d = 0,003 \text{ ft}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{F/Btu} \quad (\text{Kern Tabel 12}) * \text{Air sungai untuk } 104^\circ\text{C}$$

$$h_d = 1/R_d$$

$$h_d = 333,3333333$$

$$U_d = \frac{U_c \cdot h_d}{U_c + h_d}$$

$$U_d = 50 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot \text{F}$$

U_c = koefisien transfer panas overall saat bersih

U_d = koefisien transfer panas overall desain

Luas kontak perpindahan panas =

Panas yang harus dipindahkan

$$(Q) = 96098,2892 \text{ Kj/jam} = 91081,95859 \text{ btu/jam}$$

suhu pendingin :

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

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

$$T_{reaktor} = 90^{\circ}\text{C} = 194^{\circ}\text{F} = 363 \text{ K}$$

$$\Delta T = 15^{\circ}\text{C} = 59^{\circ}\text{F} = 288 \text{ K}$$

d. Jumlah air pendingin yang dibutuhkan

$$W_t = \frac{Q}{C_p \cdot \Delta T}$$

$$Q = \text{beban panas} = 22952,6823 \text{ kcal/jam} = 96098,2892 \text{ kj/jam}$$

$$W_t = 1141,652 \text{ kmol/jam} = 20568,007 \text{ kg/jam} = 45344,6912$$

$$\text{Luas bidang perpindahan panas yang dibutuhkan} = 12,5693 \text{ lb/s}$$

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

$$\Delta t_{lmtd} = 36,9945$$

$$A = 49,24074158 \text{ ft}^2$$

Jadi Luas bidang perpindahan panas yang dibutuhkan =

$$\text{Luas perpindahan panas yang tersedia di reaktor} : 49,2407 \text{ ft}^2$$

$$= 3,14 \cdot Dt \cdot Hr + 0,25 \cdot 3,14 \cdot Dt^2 = 74,48142215 \text{ ft}^2$$

e. Menghitung tinggi jaket

Luas Perpindahan panas

$$74,4814 = 3,14 \cdot Dt \cdot Hj + 0,25 \cdot 3,14 \cdot Dt^2$$

$$74,4814 = (3,14 \cdot 9,3146 \cdot H_j) + (0,25 \cdot 3,14 \cdot (9,3146)^2)$$

$$74,4814 = 29,2479 H_j + 68,1083$$

$$6,3731 = 29,2479 H_j$$

$$H_j = 0,2179 \text{ ft} = 0,0664 \text{ m}$$

Menghitung lebar jaket

$$H_j = 0,217900245 \text{ ft} = 0,0664 \text{ m}$$

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

volume pendingin + volume reaktor =

$$\text{Kecepatan volumetrik pendingin} = 0,25 \cdot 3,14 \cdot D_j^2 H_j + 0,000049 D_j^3$$

$$\text{kecepatan volumetrik pendingin} = 1057,375158 \quad \text{ft}^3/\text{s}$$

$$\text{waktu tinggal pendingin} = 10 \text{ menit} = 600 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned} \text{volume pendingin} &= \text{kecepatan volumetrik pendingin} \times \text{waktu} \\ &\text{tinggal} \end{aligned}$$

$$= 634425,0948 \quad \text{ft}^3/\text{s}$$

$$\text{volume reaktor setinggi jaket} = 10573,75158 \quad \text{ft}^3/\text{menit}$$

$$= 0,25 \cdot 3,14 \cdot D_j^2 H_j + 0,000049 D_j^3$$

$$= 9,7457 \text{ ft}^3$$

$$634434,8406 = 0,1711 D_j^2 + 0,00049 D_j^3$$

$$D_j = 11,9598 \text{ ft} = 3,6453 \text{ m}$$

$$\text{Tebal jaket} = 0,5 \cdot (D_j - D_t) = 5,9799 \text{ ft} = 1,8226 \text{ m} = 182,2687 \text{ cm}$$