

LAMPIRAN

PERHITUNGAN REAKTOR

Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Fungsi Na ₂ CO ₃ dan	: Tempat terjadinya proses reaksi pembentukan H ₃ PO ₄
Kondisi Operasi	: Suhu = 90 °C Tekanan = 1 atm Waktu tinggal = 1,7 jam atau 102 menit
Bahan	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304</i>

Reaktor yang dipilih adalah reaktor tangki alir berpengaduk (CSTR) dengan jaket pendingin. Alasan memilih jenis reaktor ini adalah sebagai berikut:

- Reaksi yang berlangsung merupakan reaksi dalam fase cair – cair.
- Reaksi berjalan secara kontinyu.
- Jenis reaksinya adalah eksotermis dan karena luas transfer panas kurang daripada luas selubung reaktor, sehingga digunakan jenis jaket pendingin.

1. Menghitung Neraca Massa di Sekitar Reaktor (R01):

Aliran massa masuk reaktor (R-01) adalah: Aliran 2 yaitu aliran massa dari Mixer (M-01) dan aliran 4 yaitu aliran massa dari Tangki Asam Fosfat (T-01).

Reaksi yang terjadi adalah:



komponen	Input (Arus3)	Input (Arus4)	Input (Arus9)	Output (Arus5)
	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam
NaCl	1854.2568	-	97.5925	97.5925
H ₃ PO ₄	-	1553.1382	81.7411	81.7441
Na ₂ HPO ₄	-	-	45.9279	2296.3934
HCl	-	-	-	1156.9295
H ₂ O	240.3666	1323.0437	70.6197	5720.2626
Sub Total	6180.8561	2876.1819	295.8841	9652.9221
Total	9352.9221			9352.9221

2. Menghitung Panas Reaksi

Data panas pembentukan (ΔH_f)

Komponen	ΔH_f (Kj/Kmol)
Na ₂ HPO ₄	-1746401,60
NaCl	-411002,68
H ₃ PO ₄	-1281140,80
HCl	-92311,59
Total	-3530856,68

(Perry, 1999)

Panas reaksi :

$$\Delta H_{f298} = \Delta H_{f298} \text{ produk} - \Delta H_{f298} \text{ reaktan}$$

Diketahui:

- $$\begin{aligned} \Delta H_{f298} \text{ produk} &= \Delta H_{f298} \text{ Na}_2\text{HPO}_4 + (2 \times \Delta H_{f298} \text{ NaCl}) \\ &= -1931024,78 \text{ Kj/Kmol} \end{aligned}$$

- $$\Delta H_{f298} \text{ reaktan} = (2 \times \Delta H_{f298} \text{ NaCl}) + \Delta H_{f298} \text{ H}_3\text{PO}_4$$

$$= -2103146,18 \text{ KJ/Kmol}$$
- $$\Delta H_{f298} \text{ pembentukan} = \Delta H_{f298} \text{ produk} - \Delta H_{f298} \text{ reaktan}$$

$$= -1931024,78 - (-2103146,18)$$

$$= 172121,38 \text{ KJ/Kmol}$$

Harga ΔH_f menunjukkan harga positif, maka reaksinya bersifat endotermis (membutuhkan panas).

3. Menghitung Volume Reaktor (R-01)

Komponen	Fi, kg/jam	BM	Fn, kmol/jam	Fv, m ³ /jam	wi	ρ_i , kg/m ³	wi/ ρ_i	μ , cP	wi/ μ
NaCl	1951,8493	58,5	33,36495	1,0254	0,2097	1903,4224	0,00011	106,9222	0,0020
H ₂ O	5720,2626	18	317,7924	5,9230	0,6146	965,7752	0,00064	0,3118	1,9714
H ₃ PO ₄	1634,8823	98	16,68247	0,8975	0,1757	1821,6121	9,6E-05	0,6811	0,2579
Total	9306,9943	174,5	367,8398	7,8459	1	4690,80972	0,00084		2,23128

- $$F_v = 7,8459 \text{ m}^3/\text{jam}$$
- $$\text{Waktu Tinggal} = 102 \text{ menit}$$
- $$C_{ao} = \frac{n_a}{\sum F_v}$$

$$= 2,1262 \text{ kmol/m}^3$$
- $$C_{bo} = \frac{n_b}{\sum F_v}$$

$$= 4,2525 \text{ kmol/m}^3$$

- Ratio mol (M) = $\frac{C_{ao}}{C_{bo}}$

$$= 2$$

- Konstantan Kecepatan Reaksi (k) = 5 m³/kmol jam

(Doan Palm Minh, dkk. Amerika Chemical Society, 2015)

Untuk RATB
$$V = F_V \frac{X_A}{k \cdot C_{A0} \cdot (1 - X_A) \cdot (M - X_A)}$$

Volume RATB yang didapatkan : 13,3543 m³

$$t = \frac{V \cdot \rho_{camp}}{F_i}$$

sehingga didapatkan waktu tinggal : 1,7 jam

- Untuk Menentukan Volume Desain Reaktor Digunakan *Safety Factor* 20% (Peter and Timmerhaus,1991).

Volume desain reaktor ditentukan dengan menggunakan persamaan: $V_{reaktor} = 1,2 \times V_t$

$$V_{reaktor} = 1,2 \times 8,6677 \text{ m}^3$$

$$V_{reaktor} = 10,4012 \text{ m}^3 \text{ atau } 367,3160 \text{ ft}^3$$

- Menentukan Diameter dan Tangki Reaktor

Rasio tinggi tangki dengan diameter tangki lebih kecil dari dua ($H_s/D_s < 2$) (Ulrich, 1984, Tabel 4.27, hal. 248), sehingga

dipilih $H/ID = 1,5$ Adapun untuk jenis tutup dipilih :

Torispherical head (atas dan bawah)

$$\begin{aligned}
 V_{\text{reaktor}} &= V_{\text{shell}} + 2 \cdot V_{\text{torispherical}} \\
 V_{\text{reaktor}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot ID^2 \cdot H + 2 \cdot 0,000049 ID^3 \\
 367,3160 \text{ ft}^3 &= 1,1776 ID^3 \\
 ID^3 &= 311,9197 \text{ ft}^3 \\
 ID &= 6,7818 \text{ ft} \\
 H &= 10,1728 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

- Menentukan Tekanan Desain Reaktor

-Poperasi = 1 atm = 14,7 psi

-Phidrostatik = $(\rho_{\text{mix}} \cdot (g/gc) \cdot HL) / 144$
= 5,0322 psia

-Tekanan = Poperasi + Phidrostatik
= 19,7322 psi

- Menentukan Tebal Shell

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0.6P} + C$$

(Brownell, 1959. p. 254.,eq

13.1)

*Pertimbangan : Cairan dalam reactor mengandung asam

Dipilih bahan konstruksi, yaitu: Stainless steel 316 AISI (18 Cr,12Ni,2.5Mo)

karena cukup kuat dan tahan terhadap korosi serta mudah di fabrikasi dan harga relatif murah.

-Allowable strees : 18847,948

-sambungan yang dipilih : double welded butt joint

-efisiensi sambungan(E) : 80%

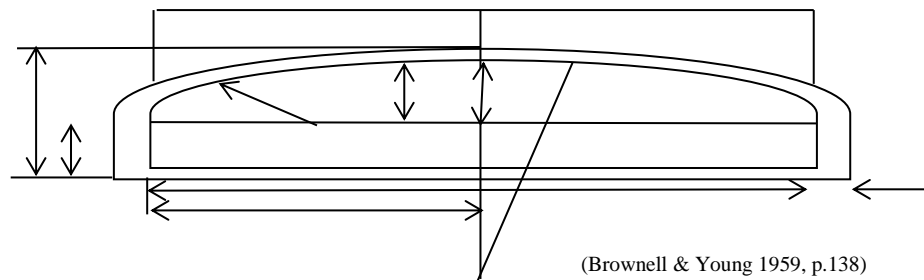
-corrosion allowance(C) : 0,125 in

-jari-jari reactor (ri) : 9,7923 in

-Tekanan(P) : 19,7322 psi

-maka ts : 0,1378 in

- Merancang Head Tangki



Perancangan Dimensi Head

Menentukan jenis dan ukuran *head* dan *bottom* reaktor:

Pertimbangan yang dilakukan dalam pemilihan jenis head meliputi :

1. *Flanged & Standard Dished Head*

umumnya digunakan untuk tekanan operasi rendah, harganya murah dan digunakan untuk tangki dengan diameter kecil

2. *Torispherical Flanged & Dished Head*

digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar dan harganya cukup ekonomis

3. *Elliptical Dished Head*

digunakan untuk tekanan operasi tinggi dan harganya cukup mahal

4. Hemispherical Head

Digunakan untuk tekanan operasi sangat tinggi. Kuat dan ukuran yang tersedia sangat terbatas. Dari pertimbangan-pertimbangan diatas dan tekanan operasi perancangan yang dibuat, maka dipilih bentuk *torispherical flanged & dished head*

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

Maka didapat nilai W : 1,7606

$$th = \frac{P \cdot rc \cdot W}{2 \cdot f \cdot E - 0,2P} + C$$

Didapatkan nilai th : 0,2356 in

Digunakan th standar sebesar : 0,25 in

Maka digunakan sf standar : 2,5 in = 0,0635 m

$$ID = OD - 2th$$

$$ID = 95,5000 \text{ in} = 2,4257 \text{ m}$$

$$a = ID/2$$

$$a = 47,75 \text{ in}$$

$$AB = a - irc$$

$$AB = 41,875$$

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

$$AC = 79,8060$$

$$B = rc - AC$$

$$B = 16,1940 \text{ in} = 0,1434 \text{ m}$$

$$AO = sf + b + thead$$

$$AO = 18,9440 \text{ in} = 0,4812 \text{ m}$$

Volume sebuah head untuk *Torispherical dished head* adalah:

$$\begin{aligned} \text{Volume head, } V_h &= 0,000049 \times ID^3 \\ &= 42,6782 \text{ in}^3 = 0,024698038 \text{ ft}^3 = \\ &0,000699369 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{volume flanged, } V_{sf} &= (\pi/4) \times ID^2 \times sf \\ &= 0,29330 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, volume *head* total adalah:

$$\begin{aligned} \text{Volume } head \text{ total, } V_{ht} &= V_h + V_{sf} \\ &= 0,2940 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume cairan dalam } shell &= \text{Vol.cairan} - \text{Vol.}head \text{ total} \\ &= 13,0603 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan cairan (} A_t) &= \pi/4 \times D_i^2 \\ &= 4,6190 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cairan dalam } shell \text{ (} h_s) &= V_{\text{cairan dalam } shell} : A_t \\ &= 2,8275 \text{ m} = 111,3202 \text{ in} \end{aligned}$$

Sehingga tinggi cairan total dalam reaktor :

$$\begin{aligned} h \text{ total} &= h_{shell} + b + sf \\ &= \pi.D.H + 2(\pi/4.D.e^2) \\ &= 3,0344 \text{ m} = 119,4644046 \text{ in} \end{aligned}$$

- **Menentukan Luas Muka Reaktor**

Luas muka reaktor untuk tebal *head* < 1 in, digunakan persamaan 5-12

Brownell & Young, 1959

$$De = OD + \frac{OD}{42} + 2 \cdot sf + \frac{2}{3} icr$$

dengan : De = diameter ekuivalen (in)

$$De = 107,202381$$

$$A_{total} = A_{shell} + 2 A_{tiap\ head}$$

$$= \pi \cdot D \cdot H + 2(\pi/4 \cdot De^2)$$

$$= 61111,8926 \text{ in}^2 = 39,42694863 \text{ m}^2$$

- **Perancangan Pengaduk**

$$\rho_{camp} = 1186,2225 \text{ kg/m}^3 = 1,1862 \text{ kg/L}$$

$$\text{Volume cairan yang diaduk} = 13,3543 \text{ m}^3 = 3527,8265 \text{ gal}$$

Maka jenis pengaduk yang dipilih yaitu *marine propeller with 3 blades*

and pitch 2 Di dengan alasan cocok untuk cairan dengan viskositas

mencapai 4000 cp. Perancangan untuk pengaduk dilakukan dengan

prinsip similaritas menggunakan model sesuai dengan referensi buku

brown pada Fig.477 kurva no.15

$$Dt/Di = 3$$

$$ZL/Di = 3,9$$

$$Zi/Di = 1,3$$

maka diperoleh :

$$\text{Diameter pengaduk (Di)} = Dt/3$$

$$\begin{aligned}
&= 31,3314 \text{ in} = 0,7958 \text{ m} \\
&= 2,6110 \text{ ft} \\
\text{Tinggi cairan dalam pengaduk (Zl)} &= \text{Di} \times 3,9 \\
&= 122,1925 \text{ in} = 3,1037 \text{ m} \\
&= 10,1827 \text{ ft} \\
\text{Jarak pengaduk dari dasar tangki (Zi)} &= \text{Di} \times 1,3 \\
&= 40,7308 \text{ in} = 1,0346 \text{ m} \\
&= 3,3942 \text{ ft} \\
\text{Lebar } \textit{baffle} \text{ (wb)} &= \text{Di} \times 0,17 \\
&= 5,3263 \text{ in} = 0,1353 \text{ m} \\
&= 0,4439 \text{ ft}
\end{aligned}$$

- **Menghitung Kecepatan Putar Pengaduk (N)**

$$N = \frac{600}{\pi * \text{Di(ft)}} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 * \text{Di(in)}}} \quad 60,76140702 \text{ rpm} = 1,012690117 \text{ rps}$$

dimana :

Di : Diameter pengaduk , ft

Zl : Tinggi cairan dalam tangki , m

Sg : Spesific gravity

WELH (*Water Equivalent Liquid Height*) , ft

$$\boxed{Sg = \frac{\rho \text{ cairan}}{\rho \text{ air}}} \quad 1,186222532 \text{ kg/L}$$

$$\text{WELH} = \text{Sg} \times \text{Zl}$$

$$= 3,5995$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Pengaduk} &= \text{WELH/ID} \\ &= 1,5077 = 2 \text{ pengaduk} \end{aligned}$$

Kecepatan Pengaduk (N) standar yang digunakan adalah 68 rpm.

(P.288 Wallas)

IMPELLER SPEED

With commercially available motors and speed reducers, standard speeds are 37, 45, 56, 68, 84, 100, 125, 155, 190, and 320rpm. Power requirements usually are not great enough to justify the use of continuously adjustable steam turbine drives. Two-speed drives may be required when starting torques are high, as with a settled slurry.

Menghitung Power Pengaduk

Viskositas larutan umpan masuk reaktor

komponen	feed (kg/jam)	μ, C_p
Total	9306,9943	0,448173154

$$\mu = 0,0045 \text{ g/cm.s}$$

$$\rho = 1,1862 \text{ g/cm}^3$$

$$D_i = 79,5818 \text{ cm}$$

$$N_i = 1,1333 \text{ rps}$$

$$\boxed{Re = \frac{\rho \cdot N \cdot D_i^2}{\mu}} = 1899788,4060$$

$$P_o = N_p = 2,1 \quad (\text{power number fig.477 brown hal 507})$$

$$\boxed{N_p = \frac{P_a}{\rho \cdot N_i^3 \cdot D_i^5}}$$

$$\boxed{P_a = N_p \cdot \rho \cdot N_i^3 \cdot D_i^5}$$

$$P_a = 11575147930 \text{ g.cm}^2/\text{s}^3$$

$$= 1,1575 \text{ kw}$$

Efisiensi motor elektrik untuk Pa (Kw)

$$\eta = 80\% \text{ (fig.4.2 Ulrich, 1984)}$$

$$= 1,4469 \text{ kw}$$

$$= 1,9403 \text{ hp}$$

$$\text{Dipilih Power standard (P)} = 2 \text{ Hp}$$

PERANCANGAN JAKET PEMANAS REAKTOR-01

> Menghitung ΔT_{LMTD}

$$\text{Suhu masuk reaktor (T}_1\text{)} = 90^\circ\text{C} = 194^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu keluar reaktor (T}_2\text{)} = 30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu panas masuk (t}_1\text{)} = 110^\circ\text{C} = 230^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu panas keluar (t}_2\text{)} = 110^\circ\text{C} = 230^\circ\text{F}$$

Inisial	Fluida Panas (°F)		Fluida Dingin (°F)	ΔT
ΔT_2	230	<i>Higher Temp</i>	194	36
ΔT_1	230	<i>Lower Temp</i>	86	144

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(\Delta T_2 - \Delta T_1)}{\ln \left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right)} = 77,90553221^\circ\text{F}$$

- **Menghitung Luas Transfer Panas**

Untuk fluida dingin (viskositasnya >2 cP) dan steam, nilai $U_d = 100 -$

500 Btu/ft².°F.jam

$$\text{Harga } U_d = 150 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{°F.jam}$$

$$Q = 7,069, \text{E}+05 \text{ kg/jam}$$

$$= 6,700, \text{E}+05 \text{ Btu/jam} = 57,33161195 \text{ ft}^2$$

- **Menghitung Luas Selubung Reaktor**

$$\boxed{L = \pi \times D \times H} = 295,142 \text{ ft}$$

Luas transfer panas < luas selubung tangki maka menggunakan jaket

- **Menentukan Konduktivitas Thermal**

Komponen	Massa (Kg/Jam)	Xi	k (Btu/ft.hr.°F)	k camp (Btu/ft.hr.°F)
NaCl	1951,8493	0,2097	3,5425	0,7429
H ₂ O	5720,2626	0,6146	0,3864	0,237489
H ₃ PO ₄	1634,8823	0,1757	0,8420	0,1479
Total	9306,9943	1,0000	4,7709	1,1283

- **Menentukan Dimensi Jaket Pemanas Reaktor**

Panas spesifik (C) = 1,0000 Btu/lb.°F

Diameter reaktor (ID) = 93,9942 inch = 2,3875 m = 7,8328 ft

Diameter *impeler* (Di) = 0,7958 m = 2,6110 ft

Rotasi pengaduk (N) = 60,7614 rpm = 3646 rph = 1,012690117 rps

Untuk pendingin jaket dan pengaduk digunakan persamaan :

$$\frac{h_j D_t}{k} = 0.76 \left(\frac{D_a^2 n \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.24}$$

(Peter Harriot pers. 5.1)

$$\frac{h_j D_t}{k} = 0.76 \left(\frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.24}$$

- **Menentukan hi**

Sifat fisis fluida :

Densitas (ρ) = 1186,2225 kg/m³ = 74,0535 lb/ft³

Viskositas (μ) = 0,4482 cp = 0,0004 kg/m.s = 1,0841 lb/ft.jam

Konduktivitas termal (k) = 1,1283 Btu/ft.hr.°F

Kapasitas panas (Cp) = 56,1168 Btu/lb. °F

$$\frac{h_i D_t}{k} = 0.76 \left(\frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.24}$$

hi = 82,20916436 Btu/jam.ft². °F

- **Menentukan hio**

ID = 93,994 in = 7,833 ft

OD = 96,000 in = 8,000 ft

$$\boxed{hio = hi \frac{ID}{OD}} = 80,492 \text{ Btu/jam.ft}^2. \text{ °F}$$

- **Menentukan ho**

$$\frac{hD}{k} = 0.76 \left(\frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.24}$$

Sifat fisis *steam* :

Temperature (T) = 110°C = 383,0 K

Densitas (ρ) = 945,59 kg/m³ = 59,0313 lb/ft³

Viskositas (μ) = 0,25 cP = 0,0002 lb/ft.s

Konduktivitas (k) = 3,3539 W/m.K = 1,9378 Btu/ft.jam.°F

Kapasitas panas (Cp) = 1,0063 Btu/lb. °F

$$\frac{h_o D_t}{k} = 0.76 \left(\frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.24}$$

ho = 9,823 Btu/jam.ft². °F

hi : koefisien transfer panas pada diameter dalam reaktor

ho : koefisien transfer panas pada diameter luar reaktor

hio : hi yang dipandang pada diameter luar reaktor

- **Menentukan U_c**

$$U_c = \frac{h_o \cdot h_i}{h_o + h_i}$$

hio = 80,492 Btu/jam.ft².°F

ho = 9,823 Btu/jam.ft².°F

U_c = 8,7548 Btu/jam.ft².°F

- **Menentukan U_d**

Diambil : R_d 0,003 ft/hr °F/Btu (Kern tabel 12 pg. 845)

$$\frac{1}{U_d} = \frac{1}{U_c} + R_d$$

1/ U_d = 0,1172 Btu/hr.ft².°F

U_d = 8,5308 Btu/hr.ft².°F

- **Menentukan Luas Perpindahan Panas yang Tersedia pada Reaktor**

$$A^{\ominus} = \pi \cdot D_R \cdot h_R + \frac{1}{4} \pi \cdot D_R^2$$

ID = 7,833 ft = 2,3875 m

H = 9,955 ft = 3,0344 m

Ao = 293,016 ft²

- **Menentukan Tinggi Jacket**

$$h_j = \frac{\left(A - \frac{1}{4}\pi \cdot D_R^2\right)}{\pi \cdot D_R}$$

$$h_j = 10,0418 \text{ ft} = 3,0607 \text{ m}$$

- **Menentukan Lebar Jacket**

$$W = 316,949 \text{ kg/jam}$$

$$\rho_{\text{steam}} = 945,5900 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_{\text{steam}} = 0,3352 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,000093 \text{ m}^3/\text{detik} = 0,0033 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

Asumsi :

$$\text{Kecepatan steam} = 10 \text{ fps}$$

$$\text{Waktu kontak} = 5 \text{ menit} = 300 \text{ detik}$$

$$\text{Volume pemanas} = 0,0279 \text{ m}^3 = 0,9864 \text{ ft}^3 = 1704,5296 \text{ inch}^3$$

$$h_j = 10,0418 \text{ ft} = 120,5013 \text{ inch}$$

$$ID = 7,8329 \text{ ft} = 93,9942 \text{ inch}$$

$$V_{\text{col}} + V_R = \left(\frac{1}{4}\pi D_j^2 H_j\right) + (0,000049 D_j^3)$$

$$V_R \text{ setinggi } h_j = \left(\frac{1}{4}\pi D_r^2 H_j\right) + (0,000049 D_r^3)$$

$$V_R \text{ setinggi } h_j = 835766,4924 \text{ inch}^3$$

$$V_{\text{col}} + V_R \text{ setinggi } h_j = 837471,0220 \text{ inch}^3$$

Digunakan *goal seek* dengan tebakan Dj, agar nilai Vcol + VR sama dengan yang diketahui.

$$D_j = 325,6160 \text{ inch}$$

Vcol + VR	$0.25 \times 3.14 \times D_j^2 \times H_j$	$0.000049 \times D_j^3$
837471,0220	835779,3616	1691,6604

Maka, $D_j = 325,6160 \text{ inch} = 27,1238 \text{ ft}$

$$l_j = \frac{(D_j - D_t)}{2}$$

$l_j = 0,9645 \text{ ft} = 0,2940 \text{ m} = 29,3994 \text{ cm}$

- **Menentukan Tebal Jacket**

$$t_j = \left(\frac{P \cdot R_i}{f \cdot E - 0.2P} \right) + C$$

$R_i = 0,4823 \text{ ft} = 5,7873 \text{ inch}$

Untuk bahan jacket dipilih bahan : *SA 285 grade B*

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

$E = 0,8$

$F = 12650 \text{ psi}$

$c = 0.1250$

$t_j = 0,1334 \text{ in}$

$t_j \text{ standar} = 0,1875 \text{ in}$