BAB VI
SPESIFIKASI ALAT UTAMA

Nama Alat	:	Reaktor
Kode Alat	:	R-110
Fungsi	:	Reaktor berfungsi untuk mereaksikan antara Etilen, Asam Asetat dan Oksigen dengan bantuan katalis Palladium Klorida
Jenis	:	Fixed Bed Multitubular Reaktor
Reaksi	:	

$$C_2H_4 + CH_3COOH + \tfrac{1}{2}O_2 \xrightarrow{95\%} CH_3COOCH{=}CH_2 + H_2O$$

Etilen   Asam asetat   Oksigen   Vinil asetat   Air

Prinsip Kerja :

Reaktor merupakan tempat terjadinya reaksi antara bahan baku yang digunakan untuk membentuk produk yang diinginkan. Reaksi yang digunakan pada proses ini merupakan reaktor dengan jenis *plug flow type Fixed-Bed* Multitubular Reaktor yang dilengkapi dengan air pendingin pada bagian *shell* -nya bertujuan untuk mengendalikan temperatur operasi pada reaktor, yaitu pada suhu 180°C dan tekanan 5 atm. Karena reaksi yang terjadi bersifat eksotermis, yaitu reaksi yang melepaskan panas dan membutuhkan pendingin. Untuk mengontrol kondisi operasi, maka perlu dipasang instrumentasi temperature kontrol. Bahan baku masuk yaitu Etilena, Asam asetat, dan Oksigen dalam fase gas direaksiikan dengan bantuan katalis Palladium klorida yang berbentuk padatan (bola) didalam tube. Setelah reaksi terbentuk maka produk yang dihasilkan dikeluarkan lewat atas reaktor menuju proses

Kondisi Operasi Reaktor :

Tekanan Operasi	=	5	atm	
Suhu operasi	=	180	^{o}C	
Waktu tinggal reaktor	=	1.8	detik	(Dimian dan Bildea, 2008)[25
Fase	=	Gas		
Type	=	Silinder tegak dengan tutup atas bawah standard dish he		
Bahan Konstruksi	=	SA-240 grade M type 316		
Allowable stress (f)	=	18750		
Tipe Pengelasan	=	Double welded butt joint		
Faktor korosi	=	1/16		
Faktor pengelasan	=	0.8		
Jumlah reaktor	=	1		
Laju alir massa	=	25685.2932	kg/jan =	56626.378416 lb/jam

A. Perhitungan Perancangan Reaktor :

1. Menentukan Volume Reaktor

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Dimana :

P = 5 atm = 73.5 psia = 58.8 psig

R = 0.7302 ft^3 atm/lbmol.°R

T = 180 °C = 806.67 °R

n = 567.673 kmol/jam = 1251.5056 lbmol/jam = 0.3476404 lbmol/det

Sehingga :

$$V_{gas} = \frac{n \cdot R \cdot T}{P}$$

= 40.9542 ft^3/detik

Direncanakan 1 buah reaktor dengan waktu tinggal 1,8 detik, maka :

V_{gas} = 40.9542 ft^3/detik × 1.8 detik

= 73.7175 ft^3

2. Menghitung kebutuhan katalis

Jenis katalis	=	Palladium Klorida
Tipe	=	*Strongly Acidic cation exhcanger*
Bentuk	=	Solid (Bola)
Diameter	=	0,3 - 4 mm
Porositas	=	45%
Regenerasi	=	1 - 2 tahun
r katalis	=	12.023 g/cm^3
e	=	0.45

Porositas reaktor ditetapkan 0,35-0,70 (Tabel 4.22, Ulrich, hal 217)[14]

Sehingga :

$V_{katalis}$ = 0,45 × (70% . V_{gas})

= 23.2210

$$r_{katalis} = \frac{12.023}{1 + 0.45}$$

= 8.2917 g/cm^3 = 517.6523 lb/ft^3

$M_{katalis}$ = $r_{katalis} \times V_{katalis}$

= 517.6523 × 23.2210

= 12020.4096 lb

3. Menentukan Volume Tube

V_{tube} = $Vk_{atalis} + V_{gas}$

= 23.2210 + 73.7175

= 96.9385 ft^3

4. Menentukan tinggi tumpukan yang Terisi Katalis

$$Z = \frac{4 \times W}{\pi \times ID^2 \times \rho_{katalis}}$$

Dimana digunakan pipa dengan ketentuan ukuran minimal 2 sch 40 (Tabel 11, Kern, hal.844)[24]

ID	=	2.067	in =	0.1724	ft
OD	=	2.38	in =	0.1985	ft
A	=	3.35	in^2 =	0.0233	ft^2

$$L = \frac{96.93850}{0.0233} = 4166.5752 \text{ ft}$$

$$Z = \frac{4 \times 12020.410 \text{ lb}}{\pi \times 0.1985^2 \times 0.0459} = 8459813.8410 \text{ ft}$$

Z = 80 % dari tinggi tube yang dipilih
= 80% × 30 ft
= 24.0 ft = 7.20 m

5. Menentukan jumlah Tube

$$N_t = \frac{\text{tinggi katalis keseluruhan}}{\text{tinggi katalis per tube}}$$

$$= \frac{8459813.8410}{24.0}$$

= 173.6073 ›› 174 buah

Maka :

Laju alir tiap 1 pipa :

$$= \frac{V_{gas}}{N_t}$$

$$= \frac{40.9542}{174}$$

= 0.2359 ft^3/detik

Volume tiap panjang tube : a' × L × e

Dimana : a' = flow area (ft^2)
L = panjang tube yang terisi katalis (ft)
e = porositas

Sehingga :

V = 0.02327 × 24 × 0.45
= 0.2513

Cek waktu reaksi :

$$T = \frac{\text{Volume tiap pipa}}{\text{Laju alir tiap pipa}}$$

$$= \frac{0.2513}{0.2359}$$

= 1.065 detik (memenuhi)

6. Menentukan Diameter Reaktor

Susunan pipa dalam reaktor berbentuk segitiga (triangular) dengan :

P_T = OD + ¼ OD
= 2.38 + 0.60
= 2.9750 in

Luas satu pipa :

t = P_T × Sin 60°
= 2.9750 × Sin 60°
= 2.5764 in

Luasan triangular pitch :

A = 1/2 × P_T × t
= 1/2 × 2.9750 × 2.5764
= 3.8324 in^2 = 0.0266 ft^2

Dengan N_t 174 , maka :

Luas Pipa = Nt × Luas segitiga
= 174 × 0.0266
= 4.6208 ft^2

Asumsi luas pipa 80% luas total :

Luas total = $\frac{\text{Luas pipa}}{80\%}$
= 5.7760 ft^2

Menghitung diameter reaktor :

V dished = 0.00847 di^3 Ls = 1,5 di

V silinder = $\frac{\pi}{4} \times di^2 . Ls$

96.9385 ft^3 = π/4x 1,5 di^3 + 0.00847 di^3
96.9385 ft^3 = 1.18 di^3 + 0.00847 di^3
96.9385 ft^3 = 1.1860 di^3
di = 4.33984 ft
di = 52.0781 in
di = 1.32278 m

Menentukan tekanan design :

P_{design} = $P_{hidrostatik}$ + $P_{Operasi}$
= 0 + 58.78
= 58.78 psig

Menghitung tebal silinder (t_s)

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

$= \frac{58.78 \times 52.08}{2(18750 \times 0.8 \times 0.6 \times 58.78} + \frac{1}{16}$

$$= \frac{3061.1529}{1058040} + \frac{1}{16}$$

$= 0.00289 + 0.0625$

$$= 0.06539 \times \frac{16}{16}$$

$$= \frac{1.0463}{16} \rightarrow \frac{3}{16}$$

Standarisasi do & di

do = di + $2t_s$

= 52.1 + 0.38

= 52 in ›› 52 in

di = do - $2t_s$

= 52.5 - 0.38

= 52.1 in = 4.34 ft

Menentukan Tebal tutup Reaktor

$$tha = \frac{0.885 \times Pi \times di}{f \, . \, E - 0,1 \, Pi} + C$$

$$= \frac{0.885 \times 58.78 \times 52.0781}{(18750 \times 0.8 - 0.1 \times 58.78} + \frac{1}{16}$$

$$= \frac{2709.12}{14994.1} + \frac{1}{16}$$

$= 0.1807 + 0.0625$

$$= 0.2432 \times \frac{16}{16}$$

$$= \frac{3.8909}{16} \leftrightarrow \frac{5}{16}$$

Standarisasi diameter tangki (Brownell and young tabel 5.4 hal 89)[12]

do baru = 54 in

di baru = do - 2 ts

$$= 54 - \frac{5}{16} \times 2$$

= 53.4 in

Dari Brownell & Young, tabel 5.4 hal 87[12] untuk tha : 5/16 diperoleh:

sf = 1.5

icr = 15 / 16

Dari Brownell & Young, tabel 5.4 hal 89[12] untuk OD : 54 in diperoleh:

r = 54 in

icr = 3 1/4 in = 3.25 in

a = 1/2 IDs = 1/2 × 52.1 = 26 in

Sehingga :

AB = a - icr = 22.7891

BC = r - icr = 50.75

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

= $\sqrt{(28.125)^2 - (12.9375)^2}$

= 45.3456 in

b = r - AC

= 54 - 45.3456

= 8.6544

OA = tha + b + sf

= $\frac{5}{16}$ + 8.6544 + 1.5

= 10.4669 in

Tinggi tutup = ha = hb = OA = 10.4669 in

Tinggi kolom = Tinggi shell + ha + hb

= 360 + 10.4669 + 10.4669

= 380.934 in = 31.77 ft = 9.6835 m

Kesimpulan dimensi reaktor :

Silinder :	Tube :
- di = 53.4 in	- di = 2.067 in
- do = 54 in	- do = 2.38 in
- ts = 5 / 16 in	- a = 3.35 in^2
- tha = 5 / 16 in	- Pt = 2.975 in
	- Nt = 174 buah

B. Checking Perencanaan Reaktor

Dari App. B diperoleh kebutuhan air pendingin sebagai fluida pendingin yaitu :

Q = 1008112.8037 Kkal/jam

Fluida pendingin = 46304.598 Kg/jam

Suhu feed masuk = 180 °C = 453.15 K

Suhu produk keluar = 180 °C = 453.15 K

Suhu air pendingin masuk = 30 °C = 303.15 K

Suhu air pendingin keluar = 60 °C = 333.15 K

Komponen	kg/jam	xi (massa)	ρ (lb/ft3)	xi . ρi
CH_3COOH	9123.2687	0.3578	0.0534	0.01911
H_2O	186.1892	0.0073	0.0542	0.0004
C_2H_4	4344.4137	0.1704	0.0451	0.00768
CH_4	13.099	0.0005	0.0328	0.00002
C_2H_6	8.732	0.0003	0.0329	0.00001
O_2	2482.522	0.0974	0.0307	0.00299
N_2	9339.0117	0.3663	0.0429	0.01571
Total	**25497.237**	**1.0000**	**0.292**	**0.04592**

ρ campuran = $\frac{\sum xi \cdot \rho i}{\sum xi}$

$= \frac{0.04592}{1}$

$= 0.04592\ lb/ft^3 = 0.73554$

Komponen	kg/jam	xi (massa)	Cp (Btu/lb. ^oF)	xi . Cp
CH_3COOH	9123.2687	0.3578	0.52	0.18606
H_2O	186.1892	0.0073	0.48	0.00351
C_2H_4	4344.4137	0.1704	0.52	0.0886
CH_4	13.0987	0.0005	0.65	0.00033
C_2H_6	8.7325	0.0003	0.56	0.00019
O_2	2482.5221	0.0974	0.23	0.02239
N_2	9339.0117	0.3663	0.26	0.09523
Total	**25497.237**	**1.0000**	**3.22**	**0.39632**

Cp campuran $= \frac{\sum xi\ .\ Cp}{\sum xi}$

$= \frac{0.39632}{1}$

$= 0.39632$ Btu/lb. ^oF

Komponen	kg/jam	xi (massa)	μ (cp)	xi . μi
CH_3COOH	9123.2687	0.3578	0.0125	0.00447
H_2O	186.1892	0.0073	0.0160	0.00012
C_2H_4	4344.4137	0.1704	0.0143	0.00244
CH_4	13.099	0.0005	0.0155	8E-06
C_2H_6	8.732	0.0003	0.0130	4.5E-06
O_2	2482.522	0.0974	0.0270	0.00263
N_2	9339.0117	0.3663	0.0245	0.00897
Total	**25497.237**	**1.0000**	**0.1228**	**0.01864**

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

$= \frac{0.01864}{1} = 0.01864$ cp

- Bagian *Tube*
  - do = 2.38 in
  - L = 24 ft N_t = 174
  - Susunan triangular
  - a' = 3.35 in a'' = 0.622
  - di = 2.067 in = 0.1724 ft
- Bagian *Shell*
  - IDs = 52.1
  - B = 25
  - $(N+1) = \frac{12 \times B}{L} = 12.5$
  - Pt = 2.98 C'' = 0.60

Evaluasi Perpindahan Panas (Rd)	
Bagian *Tube* (Gas)	**Bagian *Shell* (Air)**
a. $a_t = \frac{N_t \times a'}{n \times 144} = 4.0500$	a. $a_s = \frac{IDs \times C' \times B}{Pt \times 144} = 1.80827$
b. $G_t = \frac{m}{at} = 13981.9611$ lb/jam.ft^2	b. $G_s = \frac{M}{a_s} = 69037.592$
$\mu = 0.01864$ cp	$\mu = 0.8$ cp $= 0.176$ lb/ft.jam
c. $NRe_t = \frac{G_t \times di}{\mu \times 2.42}$	$de = \frac{(4 \times (P_{T2} - \pi . do^2)/4)}{\pi . do}$
$= 69276.61727$	$= 2.35726$
d. JH = 50	c. $NRe_s = \frac{de \times Gs}{\mu \times 2,42}$
e. $hi = JH \frac{k}{di} \times (\frac{Cp . \mu}{k})^{1/3}$	$= 2237670$
$= 50 \; \frac{0.05}{2.067} \; (\frac{0.4 \quad 0.02}{0.05})^{1/3}$	d. JH = 470 (kern hal.838)[24]
$= 74.3319$	e. $ho = JH \frac{k}{di} \times (\frac{Cp . \mu}{k})^{1/3}$
f. $hio = hi \times (\frac{di}{do}) = 64.6$	$= 19.6516$

C. Mencari tahanan panas pipa bersih

$$Uc = \frac{ho \times hio}{ho + hio} = \frac{35.1 \times 64.56}{35.1 + 65.56} = 22.5120$$

D. Mencari faktor kekotoran pipa terpakai

$$Rd = \frac{Uc - UD}{Uc \times UD} = \frac{22.5120 - 20}{22.5120 \times 20} = 0.0056$$

Karena harga Rd hitung > Rd tetapan, (0.0056 > 0.001)

- Checking Pressure drop

Nret = 69276.617

Dari Kern, fig. 26, hal. 836[24] diperoleh h 0.00015 ft^2/in^2

ρ umpan = 0.506

$$S = \frac{\rho}{62.5} = 0.0081$$

Gt = 13981.9611

$$\Delta Pt = \frac{F \cdot Gt^2 \cdot \rho \cdot n}{5.22 \cdot 10^{10} \cdot ID \cdot S \cdot Ø_t}$$

$$= \frac{29676.177}{7285301502}$$

$$= 0.0015867 \text{ psi}$$

$$\Delta Pr = \frac{4n}{s} \times \frac{V^2}{2g}$$ (Pers. Kern Hal.148)[24]

Berdasarkan gambar 27 Hal.837 Kern[24], diperoleh harga $V^2/2g$ = 0.0023

Sehingga :

$$\Delta Pr = \frac{4 \times 2 \times (0.0023)^2}{0.00808982}$$

$$= 0.0052313 \text{ psi}$$

maka total pressure drop pada tube reaktor adalah :

$$\Delta Ptot = \Delta Pt + \Delta Pr$$

$$= 0.00682 \text{ (memenuhi)}$$

Maksimum pressure drop pada tube reaktor adalah 2 psi

E. Perhitungan Sparger

Dasar perancangan

Rate gas	=	25685.2932	kg/jam	=	56626.378 lb/jam
Densitas feed	=	0.0459	lb/ft^3		
Suhu	=	180	^oC	=	356 ^oF
Tekanan gas	=	73.48	psia	=	58.78 psig

Perhitungan

- **Menghitung luas area sparger**

Rate volumetrik (Q) $= \frac{56626.378 \text{ lb/jam}}{0.0459 \text{ lb/ft}^3}$

$= 1233207.7 \text{ ft}^3\text{/jam}$

$= 20553.503 \text{ ft}^3\text{/menit}$

ACFM $= Q \times \frac{14.7}{14.7 + P} \times \frac{460 + T}{520}$

$= 20553.5 \times \frac{14.7}{14.7 + 73.48} \times \frac{460 + 180}{520}$

$= 4217.0594 \text{ ft}^3\text{/menit}$

FPS $= \frac{OD \times Q}{229}$

$= \frac{54 \times 20553.503}{229}$

$= 4846.6775$

Karena nilai FPS > 10 maka berdasarkan pada gas exit velocity chart dalam diperoleh:

FPM Design = 50 FPM

FPM Maksimum = 150 FPM

Luas area sparger (A) $= \frac{ACFM}{FPM}$

$= \frac{4217.0594}{150}$

= 14.0569 ft^2

= 2024.1885 in^2

A $= \frac{\pi}{4} \times D^2$

14.0569 $= 0.7857 \times D^2$

D^2 = 17.8906

D = 4.2297 ft

= 50.7567 in

= 1.2892 m

- **Trial jarak lubang agar harga At perhitungan sama dengan trial**

Jarak antar lubang P_T = 0.5 in

Luas satu segitiga = 0.5 $(P_T \times \sin 60) \times P_T$

$= 0.5 \times (1 \times 0.8660) \times 1$

= 0.1083 ft

- **Luas lubang sparger**

Luas lubang sparger (A) $= \frac{14.0569}{0.1083}$

= 1.5217 ft^2

A $= \frac{\pi}{4} \times D^2$

1.5217002 $= 0.78571 \times D^2$

D^2 = 1.93671

D = 1.39166 ft

= 16.6999 in

= 0.42418 m

- **Menentukan jumlah lubang**

Jumlah lubang $= \frac{14.0569}{0.1083}$

= 130 buah

E. Perhitungan Dimensi Nozzle

Ada 5 buah nozle pada perancangan reaktor ini :

1. Nozzle air pendingin masuk
2. Nozzle bahan baku masuk
3. Nozzle produk keluar
4. Nozzle air pendingin keluar

Perancangan :

1. Nozzle air pendingin masuk

Suhu air pendingin masuk = 30 ^oC

Jumlah air pendingin masuk = 9770.7573 kg/jan = 21540.833 lb/jam

μ air pendingin = 0.899 cp = 1.944 lb/ft.jam

ρ air pendingin = 62.1583 lb/ft^3

Flow Rate = $\frac{21540.83257}{62.1583}$ = 346.5480 ft^3/jam = 0.09626 ft^3/detik

Asumsi aliran turbulen

Sehingga : ID optimal = $3{,}9\ (Q)^{0,45}\ .\ (\rho)^{0,13}$

= $3.9 \times (0.0963)^{0,45} \times (62.158)^{0,13}$

= 2.3269 in

Dari tabel 11 (Kern, 1965) hal 844[24]. maka dipilih pipa 3 in Sch. 80.

OD = 3.500 in = 0.29167 ft

ID = 2.900 in = 0.24167 ft

a' = 6.610 in^2 = 0.0459 ft^2

Menentukkan aliran fluida

$$N_{Re} = \frac{G \times ID}{\mu \times a'}$$

$$= \frac{21540.8326\ \text{lb/jam} \times 0.242\ \text{ft}}{1.9440\ \text{lb/ft.jam} \times 0.0459\ \text{ft}^2}$$

= 58336.9889

Maka anggapan menggunakan aliran turbulen adalah benar.

2. Nozzle bahan baku masuk

Suhu bahan masuk = 180 ^oC

Jumlah bahan masuk = 9499.4468 kg/jam = 20942.695 lb/jam

μ bahan masuk = 0.01864 cp = 0.04428 lb/ft.jam

ρ bahan masuk = 0.2920 lb/ft^3

Flow Rate $\frac{20942.6953}{0.2920}$ = 71721.559 ft^3/jam = 1.99227 ft^3/detik

Asumsi aliran turbulen

Sehingga : ID optimal = $3{,}9\ (Q)^{0,45}\ .\ (\rho)^{0,13}$

= $3.9 \times (1.992)^{0,45} \times (0.292)^{0,13}$

= 4.5318 in

Dari tabel 11 (Kern, 1965) hal 844[24].dipilih pipa 6 in Sch. 80.

OD	=	6.625	in	=	0.55208	ft
ID	=	5.761	in	=	0.48008	ft
a'	=	26.1	in^2	=	0.18125	ft^2

Menentukkan aliran fluida

$$N_{Re} = \frac{G \times ID}{\mu \times a'}$$

$$= \frac{20942.695 \text{ lb/jam} \times 0.480 \text{ ft}}{0.0443 \text{ lb/ft.jam} \times 0.18125 \text{ ft}^2}$$

$$= 1252747.5899$$

Maka anggapan menggunakan aliran turbulen adalah benar.

3. Nozzle produk keluar

Suhu produk keluar	=	180	^oC			
Jumlah produk keluar	=	25685.293	kg/jan	=	56626.378	lb/jam
μ produk keluar	=	0.0342	lb/ft.s	=	123.12	lb/ft.jam
ρ produk keluar	=	0.6634	lb/ft^3			

$$\text{Flow Rate} = \frac{56626.37842}{0.6634} = 85357.821 \text{ ft}^3\text{/jam} = 2.37105 \text{ ft}^3\text{/detik}$$

Asumsi aliran turbulen

Sehingga : ID optimal $= 3{,}9\ (Q)^{0{,}45}\ .\ (\rho)^{0{,}13}$

$= 3.9 \times (2.3711)^{0{,}45} \times (0.663)^{0{,}13}$

$= 5.45279$ in

Dari tabel 11 (Kern, 1965) hal 844[24]. maka dipilih pipa 6 in Sch. 80.

OD	=	6.625	in	=	0.55208	ft
ID	=	5.761	in	=	0.48008	ft
a'	=	28.1	in^2	=	0.19514	ft^2

Menentukkan aliran fluida

$$N_{Re} = \frac{G \times ID}{\mu \times a'}$$

$$= \frac{56626.3784 \text{ lb/jam} \times 0.480 \text{ ft}}{123.1200 \text{ lb/ft.jam} \times 0.19514 \text{ ft}^2}$$

$$= 1131.5219$$

Maka anggapan menggunakan aliran turbulen adalah benar.

4. Nozzle air pendingin keluar

Suhu air pendingin keluar	=	60	^oC			
Jumlah air pendingin keluar	=	9770.7573	kg/jan	=	21540.833	lb/jam
μ air air pendingin keluar	=	0.8007	cp	=	1.944	lb/ft.jam
ρ air air pendingin keluar	=	62.1581	lb/ft^3			

Flow Rate = $\frac{21540.83257}{62.1581}$ = 346.5491 ft^3/jam
= 0.09626 ft^3/detik

Asumsi aliran turbulen

Sehingga : ID optimal = $3,9\ (Q)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13}$
= $3.9 \times (0.0963)^{0,45} \times (62.158)^{0,13}$
= 2.3269 in

Dari tabel 11 Kern, 1965 hal 844[24]. maka dipilih pipa 3 in Sch.8

OD = 3.5 in = 0.29167 ft

ID = 2.9 in = 0.24167 ft

a' = 6.61 in^2 = 0.0459 ft^2

Menentukkan aliran fluida

$$N_{Re} = \frac{G \times ID}{\mu \times a'}$$

$$= \frac{21540.8326\ \text{lb/jam} \times 0.242\ \text{ft}}{1.9440\ \text{lb/ft.jam} \times 0.0459\ \text{ft}^2}$$

= 58336.9889

Maka anggapan menggunakan aliran turbulen adalah benar.[12]

Nozzle	NPS	A	T	R	E	K	L	B
A	3	7 1/2	15/16	5	4 1/4	3.5	2 3/4	3.07
B	6	11	1	8 1/2	7 9/16	6.63	3 1/2	6.07
C	6	11	1	8 1/2	7 9/16	6.63	3 1/2	6.07
D	3	7 1/2	15/16	5	4 1/4	3.5	2 3/4	3.07

F. Menghitung gasket

a. Gasket

Menentukan lebar Gasket

Penentuan lebar gasket dengan mengunakan pers. 12.2, hal. 228, Brownell[12] & Young didapatkan:

$$\frac{do}{di} = \sqrt{\frac{y-(p \times m)}{y-p(m+1)}}$$

Dimana :

do : diameter luas gasket, in

di : diameter dalam gasket, in

P : tekanan design = 58.78 psig

m : gasket faktor = 3.75

y : yield stess = 9000

$$\frac{do}{di} = \sqrt{\frac{26000-(58.78 \times 3,75)}{26000-58.78\ (3,75+1)}} = 1.0067$$

Dengan, di = do shell 54 in

do = di × 1.0067

$= 54 \times 1.0067$

$= 54.3640$ in

Lebar gasket minimum (n)

$n = \frac{do - di}{2}$

$= \frac{54.3640 - 54}{2}$

$= 0.18199 \times \frac{16}{16}$

$= 2.91177 = \frac{2}{16} = 0.1250$ in

Diameter rata-rata gasket $= di + lebar$

$= 54 + \frac{2}{16}$

$= 54.1250$ in

$= 4.5104$ ft

b. Perhitung beban gaket

$Wm_2 = Hy = \pi \times b \times G \times y$

(pers.12.88 brownell & young, hal.240)[12]

Dimana:

b = lebar efektif gasket (in)

y = yield (lb/in^2)

G = diameter rata-rata gask 54.1250 in

Dari fig.12.12 brownell & young, hal.229[12] didapat:

Lebar seating gaske $b_o = \frac{n}{2} = \frac{0.1250}{2} = 0.0625$

untuk $b_o = \leq 0.25$ in maka $b = b_o = 0.0625$ in

sehingga :

$Wm_2 = Hy = \pi \times b \times G \times y$

$= \pi \times 0.0625 \times 54.1250 \times 9000$

$= 95598.2813$ in

Beban karena tekanan dalam (H)

$H = \frac{1}{4} \times \pi \times G^2 \times P$

$= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (54.1250 \wedge 2) \times 58.78$

$= 135174.589$ lb

Beban baut agar tidak bocor (Hp)

$Hp = 2 \times bo \times \pi \; G \times m \times p$

(pers.12.90 brownell & young, hal.240)[12]

$= 2 \times 0.0625 \times 54.1250 \times 3.75 \times 58.78$

$= 1491.3129$ in

jadi berat beban:

Wm_1 = H + Hp

= 135174.589 + 1491.3129

= 136665.902 lb

karena Wm1 > Wm2 sehingga yang mengontrol adalah Wm1

c. Baut

Perhitungan luas minimun botling (baut) area

Dengan menggunakan pers. 12.92, hal. 240, Brownell & Young[12],

- $Am_1 = \frac{Wm1}{fb}$

$= \frac{136665.902}{13300}$

= 10.2756 in

- Perhitungan luas ukuran baut optimal (optimun bonting area) dari tabel 10.4 brownell&young hal.188[12] diperoleh:

direncanakan ukuran bolt 1 in, maka didapatkan bolt area = 0.551 in^2 maka jumlah bolting optimum adalah :

$\frac{A_{m1}}{\text{Root Area}} = \frac{10.2756}{0.551}$

= 18.6491

= 19 buah

ukuran nominal baut	=	1	in
root area	=	0.55	in
bolting spacing	=	2 1/4	in
jarak radial minimun (	=	1 3/8	in
jarak dari tepi (E)	=	1 1/16	in

- Bolt area diameter (C)

C = IDs + 2(1.42 × go + R)

IDs = 52.4531 in

go = tebal shel = 3/16 in

sehinga:

C = 52.4531 + 2(1.415 × 3/16 + 1 3/8)

= 55.7338 in

- Diameter luas flange (A) :

A = OD = bolt area diamet + 2.E

= C + 2.E

= 55.7338 + 2(1 1/16)

= 56.7338 in

- Lebar Flange

$$\text{Lebar Flange} = \frac{OD_{flange} - OD_{Vessel}}{2}$$

$$= \frac{56.7338 - 54}{2}$$

$$= 1.3669 \text{ in}$$

- Cek lebar gasket

Ab aktual = jumlah baut × root area

= 19 × 0.551

= 10.4690

lebar gasket minimun

$$W = \frac{\text{Ab aktual} \times f}{2 \times \pi \times y \times G}$$

$$= \frac{10.4690 \times 13300}{2 \times \pi \times 9000 \times 54.1250}$$

$$= 0.04552 \text{ in}$$

Karena W = 0.04552 in > 0.1250 yg telah ditetapkan (memenuhi)

d. Perhitungan Moment

Untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan dalam)

$$W = \frac{Am_1 + Ab}{2} \times f$$ (pers.12.94 brownell & young, hal.242)[12]

$$= \frac{10.2756 + 10.4690}{2} \times 13300$$

$$= 206284.7517 \text{ lb}$$

Keterangan:

W = berat beban (lb)

A_{ml} = luas baut minimum (in^2)

A_b = luas aktual baut (in^2)

fa = allowable stress (psi)

- Jarak radial dari beban gasket yang bereaksi terhadap bolt circle (h_G) dari Persamaan 12.101 hal 243, Brownell & Young (1959)[12] :

$$h_G = \frac{1}{2}(C - G)$$

$$= \frac{1}{2}(55.7338 - 54.1250)$$

$$= 0.8044 \text{ in}$$

Keterangan:

h_G = tahanan radial circle bolt (in)

C = bolt circle diameter (in)

G = diameter gasket rata-rata (in)

- Flange moment adalah sebagai berikut (Brownell & Young, 1959, Tabel 12.4)
  Moment flange (Ma)
  $Ma = W \times h_G$
  $= 206284.7517 \times 0.8044$
  $= 165931.5352$ lb.in
- Untuk keadaan moment pada kondisi operasi
  $W = Wm_1 = 136665.9017$ lb
  Gaya hidrostatis pada daerah dalam flange (H_D)
  $H_D = 0.79 \times B^2 \times P$ (pers.12.96 brownell & young, hal.242)[12]
  Dimana :
  B = do shell = 54 in
  P = tekanan desi; = 58.78 psig
  Maka :
  $H_D = 0.79 \times 54$ ^2 $\times 58.78$
  $= 134550.9468$ lb

  Jarak jari-jari bolt circle pada H_D (h_D) :
- Radial distance dari bolt circle (h_G) pada H_D (persamaan 12.100 Brownell &Young)[12]
  $h_D = 0.5\ (C-B)$
  $= 0.5 \times (55.7338 - 54)$
  $= 0.8669$ in

- Moment komponen (M (persamaan 12.96 Brownell&Young)[12] :
  $M_D = H_D \times h_D$
  $= 134550.947 \times 0.8669$
  $= 116639.660$ lb.in

- Perbedaan antara beban baut flange dengan gaya hidrostatis total (H_G)
  $H_G = W - H = Wm_1 - H$
  $= 136665.902 - 135174.589$
  $= 1491.3129$ lb

- Momen komponen (M_G)
  $M_G = H_G \times h_G$ (pers.12.98 brownell & young, hal.242)[12]
  $= 1491.3129 \times 0.8044$
  $= 1199.5838$ lb.in

- perbedaan antara gaya hidrostatis total dengan gaya hidrostatis dalam area flange :

$H_T = H - H_D$ (pers.12.97 brownell & young, hal.242)[12]

$= 135174.589 - 134550.947$

$= 623.6420$ lb

- Hubungan lever arm, h_T

$h_T = 0.5 \times (h_D + Hg)$ (pers.12.102 brownell & young, hal.242)[12]

$= 0.5 \times (0.8669 + 0.8044)$

$= 0.8356$

- Momen komponen (M_T)

$M_T = H_T \times h_T$ (pers.12.97 brownell & young, hal.242)[12]

$= 623.6420 \times 0.8356$

$= 521.1346$ lb.in

- Jumlah total moment pada keadaan operasi (M_o)

(pers.12.97 brownell & young, hal.242)[12]

$M_o = M_D + M_G + M_T$

$= 116639.660 + 1199.5838 + 521.1346$

$= 118360.3779$ lb.in

Mmax = 118360.3779 lb.in

Karena Ma > M_O,maka $M_{max} = M_a$ = 165931.5352 lb-in

e. Flange

- Perhitungan tebal flange

$$tf = \left(\frac{y \times M_o}{f \times B}\right)^{0,5}$$ (pers.12.85 brownell & young, hal.239)[12]

Dimana :

f = stress yang diijinkan untuk baha = 18750 psi

B = diameter luar reakto = 54 in

A = diameter luar flang = 56.7338 in

Maka :

$$K = \frac{A}{B} = \frac{56.7338}{54} = 1.0506$$

Dari fig. 12.22 brownell & young, hal 238[12] diperoleh harga 35

Maka:

$$tf = \left(\frac{\# \times 118360.378}{18{,}750 \times 54}\right)^{0,5}$$

$= 2.0227$ in

digunakan tebal flange = 2 in

Dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan:

a. Bagian Flange

Bahan	=	Stainles steel SA 240 Grade S type 304
Tebal	=	1.3669 in
OD	=	56.7338 in
Tensil strenght min	=	18750 psi

b. Bagian Bolting

Bahan	=	Stainles steel SA 193 Grade B8 type 304
Ukuran	=	0.55 in
Jumlah	=	19 buah
Bolt circle diameter (C	=	55.7338 in
Jarak dari tepi	=	1 1/16 in
jarak radial minimum	=	1 3/8 in

c. Bagian Gasket

Bahan	=	Flat metal, jacketed, asbetos filled
Tebal	=	1 1/16 in
Lebar	=	0.1250 in

G. Menghitung Berat Reakor

Berat reaktor terdiri dari:

a. Berat shell reaktor

Rumus :

$W_s = \pi/4\ (do^2 - di^2)\ H \cdot \rho$ (Hesse, pers. 4-16 hal. 92)[26]

Dimana :

W_s = berat shell reaktor, lb

do = diameter luar shell = 54 in = 4.5000 ft

di = diameter dalam shell = 52.0781 in = 4.3398 ft

H = tinggi shell reaktor (Lr = 360 in = 30.00 ft

ρ = densitas dari bahan konstr = 493.75 lb/ft³

(Perry, edisi 7 tabel 2-118 hal. 2-119, stell cold drawn)[7]

Berat shell reaktor :

$W_s = 3{,}14/4 \times (5^2 - 4.3398^2) \times 30.00 \times 493.75$

= 16462.0470 lb   1.4157

= 7467.1355 kg

b. Berat tutup atas da bawah standart dishead

Rumus :

$W_d = A \cdot t \cdot \rho$

$A = 6{,}28 \cdot L \cdot h$ (Hesse, pers. 4-16 hal. 92)[26]

Dimana :

W_d = berat tutup atas dan bawah reaktor, lb

A = luas tutup atas dan bawah standart dishead, ft²
t = tebal tutup = 4/16 in = 0.2500 ft
ρ = ρ bahan konstruksi = 493.75 lb/ft³ = 0.2875 lb/in^3
(Perry, edisi 7 tabel 2-118 hal. 2-119, stell cold drawn)[7]
L = crown radius (r) = 54 in = 4.5000 ft
h = tinggi tutup reaktor = 10.4669 in = 0.8722 ft

Luas tutup atas dan bawah :

A = 6.28 x 54 x 10.4669
= 3549.5448 in²
= 24.6496 ft²

Berat tutup atas dan tutup bawah:

W_d = 24.6496 × 0.2500 x 493.75
W_d = 3042.6870 lb × 2 buah
= 6085.3741 lb
= 2760.31 kg

c. Berat tube

Dari tabel 10, kern hal 843[24] didapatkan:

di = 2.07 in
do = 2.38 in
L = 30 ft = 360 in

$$\text{Volume bahan tube} = \frac{\pi}{4}\left(do^2 - di^2\right) \times L$$

$$= \frac{\pi}{4}\left(2.38^{2} - 2.07^{2}\right) \times 360$$

$$= 393.354 \text{ in}^3$$

Volume total tube adalah :

V = V_{bahan} × jumlah tube
= 393.354 × 174
= 68289.1348 in^3

Berat tube (W_t)

W_t = Volume tube × ρ
= 68289.1348 in^3 × 0.2875 lb/in^3
= 19633.126 lb
= 8905.5276 kg

d. Baffle

Tinggi tube = 30 ft = 360 in
IDs = 52.0781 in
Bs = 1/2 IDs = 26.0391 in = 2.16994 ft

Jumlah baffl = $\frac{\text{tinggi tube}}{\text{Bs}}$

= $\frac{30}{2.16994}$

= 13.8253

= 14 buah

Tebal baffle = 3/16 in

Luas dari baffle = $\frac{\pi}{4}(75\% \times \text{Ids})$

= $\frac{\pi}{4}(75\% \times 52.0781)$

= 30.6610 in^2

Volume baffle = Luas baffle × t

= 30.661 × 3/16

= 5.7489 in^3

Berat baffle (W| = Volume baffle × ρ

= 5.7489 in^3 × 0.2875 lb/in^3

= 1.6528 lb

= 0.7497 kg

e. Tube sheet

Luas baffle = 30.6610 in

Tebal baffle = 3/16 in

Luas dari baffle = 80% × luas tube sheet

Luas tube sheet (Lt = $\frac{\text{Luas baffle}}{80\%}$

= $\frac{30.6610}{80\%}$

= 38.3263 in^2

Berat tube sheet (W = 2 × Lts × Tebal baffle ρ_{bahan}

= 2 × 38.3263 × $\frac{3}{16}$ × 0.2875

= 4.13205 lb

= 1.87429 kg

Berat bahan dalam Reaktor

- Berat bahan baku

  W_{bb} = m

= 56626.3784 lb
= 25685.5568 kg

- Berat pemanas
  W_p = flow area shell (As) × H × $\rho_{pemanas}$
  = 1.8083 × 30.000 × 0.506
  = 27.4495 lb
  = 12.4510 kg

Maka berat total = ∑W + katalis
∑W = W_s + W_c + W_t + W_t + W_t + W_{bb} + W_p
= 95797.4731 lb
= 43453.4487 kg
Berat tota = 95797.4731 + 12020.4096
= 107817.883 lb
= 48905.8707 kg
Untuk faktor keamanan (factor safety) 10%, maka berat total:
Berat tota = 10% × 107817.88 lb
= 10781.7883 lb
= 4890.5871 kg

H Perancangan Kolom Penyangga

a. Lug (peyangga)

$$P = \frac{4 \times P_W \times (H - L)}{n \times D_{hc}} + \frac{\sum W}{n}$$ (pers. 10-76 hal 197 brownell&young)[12]

Diman:
Pw = total beban permukaan karena angin, lb
H = tinggi vessel dari pondasi, ft
L = jarak antara level dengan dasar pondasi, ft
Dhc = diameter, ft
n = jumlah support
∑W = berat total, lb
P = beban kompresi total maksimum untuk tiap lug, lb

Reaktor terletak didalam ruangan, sehingga tekanan angin tidak dikontrol

$$P = \frac{\sum W}{n}$$

$$= \frac{10781.7883}{4}$$

= 2695.4471 lb

b. Tekanan kolom support
Beban tiap kolom = 2695.4471 lb
Tinggi reaktor total = 31.7699 ft

- Menentukan tinggi kolom (L)

  $$L = \left(\frac{1}{2}H\right) + 2{,}5$$

  Dimana :

  H = tinggi reakto = 31.7699 ft

  $L = \frac{1}{2} \times 31.7699 + 2.5$

  = 18.3849 ft

  = 220.619 in

  Jadi tinggi lu = 18.3849 ft = 5.6038 m

- Trial ukuran I-beam

  Untuk memilih I-beam ditetapkan 12 in ukuran 12×5 in, berat 31,8 lb dengan cara pemasangan I-beam dengan beban eksentrik

  (terhadap sumbu) Dari App.G brownell and young hal 355[12] diperoleh:

  h = 4 in

  b = 2 5 in

  Ay = 2.576 in^2

  r_{1-1} = 1 7/8 in

  Maka,

  $\frac{L}{r} = \frac{220.619}{1\ 7/8}$

  = 117.664 in

  Untuk (L/r) $\leq$ 120 maka memenuhi

- Stress kompresif yang diizinkan (fc):

  $$f_c = \frac{18.000}{1 + \left(\frac{L^2}{18.000 \times r^2}\right)}$$ (Pers. 4.21, hal 67brownell and Young, 1959)[12]

  $= \frac{18000}{1 + \left(\frac{338.0061}{18000 \times 1\ 7/8\ \text{^}2}\right)}$

  = 12116.3142 lb/in^2

- Luas (A) yang dibutuhkan :

  $\frac{P}{fc} = \frac{2695.4471}{12116.3142}$

  = 0.2225 in^2

  fc <15.000 lb/in^2,memenuhi (Brownell and Young, pers. 4.21 hal 201)

  Kesimpulan I-beam:

  Ukuran = 4 in

  Berat = 31.8 lb

Pelekat dengan beban eksentrik

c. Perencanaan base plate

Dibuat base plate dengan toleransi panjang 5% dan toleransi lebar 20%

(herman C.Hess, hal 163)[26]

Bahan base plate = concrete (beton), maka:

tabel 7.7 Herman C. H ess, hal 162[26]

f_{bp} = 600 lb/in^2

- Menentukan luas base plate

$A_{bp} = \frac{P}{f_{bp}}$ (pers. 10.35, Brownell and young hal 190)[12]

Dimana:

A_{bp} = luas base plate, in^2

P = beban tiap beton

= 2695.4471 + (31.8 × 220.619)

= 9711.1409 lb

f_{bp} = 600 lb/in^2

Sehingga:

$$A_{bp} = \frac{9711.1409 \text{ lb}}{600 \text{ lb/in}^2}$$

= 16.1852 in^2

- Menentukan panjang dan lebar base plate

A_{bp} = l × p

Diman:

p = panjang base pl= 2n + 0,95 h

l = lebar base plate = 2m + 0,8 b

Dengan I-beam 12 × 5 diperoleh:

h = 4 in

b = 2 5/8 in

Dengan mengamsumsikan m = n, maka:

$A_{bp} = (2n + 0{,}95\,h) \times (2m + 0{,}8\,b)$

$16.1852 = (2n + 0.95 \times 4) \times (2m + 0.8 \times 2\ 5/8)$

$= (2n + 3.8) \times (2m + 2)$

$= 4\,m^2 + 7.6\,m + 5.900$

$0 = 4\,m^2 + 7.6\,m + -10.285$

Dengan menggunakan rumus abc, maka:

$$m_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= \frac{-7.6 \pm \sqrt{7.6^2 - (4 \times 4 \times -10.2852)}}{2 \times 4}$$

$$= \frac{-7.6 \pm 14.9105}{8}$$

m_1 = 0.91382

m_2 = -2.8138

Sehingga:

Dengan menggunakan rumus abc diambil = 0.91382 in

m = n = 0.91382 ,maka:

- Panjang base plate = 2n + 0,95 h
  = (2 × 0.91382) + (0.95 × 4)
  = 5.62763 in
  p = 6 in

- lebar base plate = 2m + 0,8 b
  = (2 × 0.91382) + (0.8 × 2 5/8)
  = 3.92763 in
  l = 4 in

Jadi, ukuran base plate adalal 4 × 6 in

luas base plate adalah = 4 × 6
= 24 in^2

- Beban yang ditahan :

$$F = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{9711.1409 \text{ lb}}{24 \text{ in}^2}$$

= 404.631 lb/in^2 < 600 psia (memenuhi)

Cek harga m dan n :

- Panjang base plate
  6 = 2n + (0.95 × 4)
  n = 1.1 in
- lebar base plate
  4 = 2m + (0.8 × 2 5/8)
  m = 1.0 in

Karena n > m maka m dijadikan acuan

- Menentukan tebal base plate:

A baru = 24 in^2

P baru = A baru × fbp
= 24 in^2 × 600 lb/in^2
= 14400 lb

t_{bp} = $(1,5 \times 10^{-4} \times p \times m^2)^{0,5}$ (pers.7-12Herman C.Hess hal163)[26]

= $\left(1,5 \times 10^{-4} \times 14400 \times \left(1.0\right)^{2}\right)^{0,5}$

= 1.3962 in

= 2 in

- Menentukan ukuran baut :

Beban baut (p) = 9711.1409 lb

Jumlah baut yang digunak = 4 buah

Beban tiap baut $\frac{p}{n}$ = $\frac{9711.1409}{4}$

= 2427.7852 lb

= 1101.24 kg

- Menentukan luas baut:

$Ab = \frac{Pb}{fs}$

Dimana:

Ab = luas baut

Pb = beban tiap baut

fs = stress tiap baut maksimal

sehingga:

$Ab = \frac{2427.7852 \text{ lb}}{7396 \text{ lb/in}^2}$

= 0.3282565 in^2

Dari tabel 10-4 brownell and young hal 188[12] didapatkan baut dengan dimensi:

Ukuran baut	=	1 in
Bolt circle (BC)	=	2 1/4
Jarak radial maksimun	=	1 3/8
Edge distance (E)	=	1 1/16
Nut dimensi	=	1 5/8
Radius fillet maksimal	=	7/16

d. Menentukan dimensi lug dan gusset Digunakan 2 plate horizontal (lug) dan 2 plate vertikal (gusset) dari fig. 10.6 brownell and young hal : 193 didapatkan:

a. Lebar Lug

A = lebar lug = ukuran baut 9 in

= 1 in + 9

= 10 in

B = jarak antara gus = ukuran baut + 8 in

= 1 in + 8 in

= 9 in

L = lebar gusset = 2(lebar kolom - 0,5 × ukuran baut)
= 2 (4 - 0.5 × 5/8)
= 7.38 in

b. Lebar Gusset
Lebar lug atas a = 0.5 (L + ukuran baut)
= 0.5 (7 + 1)
= 4 in

Perbandingan tebal base p = $\frac{B}{L}$ = $\frac{9}{7}$ = 1.2203 in

Dari tabel 10.4 brownell and young hal 188[12] didapatkan 0.4421

e = 0.5 × nut dimension
= 0.5 × 1 5/8
= 0.8125 in

c. Tebal Plate Horisontal (Lug)
Menentukan maksimum bending moment sepanjang sumbu radial dari pers. .10-40, brownell and young hal 192[12]:

$$My = \left(\frac{P}{4\pi}\right)\left[(1+\mu)\times \ln\frac{2L}{\pi\times e} + (1-\gamma_1)\right]$$

Dimana :
P = beban tiap ba = 2427.7852 lb
μ = poisson's rati = 0.33 (untuk shell)
L = panjang horizontal plate b = 7 in
e = nut dimensic = 1 1/16 in
Dc = 0.3
Jadi :

My = $\frac{2427.7852}{\pi \quad 4}$ [(1+μ) ln $\frac{21}{e\pi}$ + 1-γ1)]
= 3712.8551 lb

My disubtitusikan ke persamaan 10.41, hal 193, Brownell[12] diperoleh :

thp = $\sqrt{\frac{6 \times M_y}{f}}$
= 6.0933 in

Maka digunakan plate dengan = 6.0933 in = 8 in

d. Tebal Plate Vertikal (Gusset)
Dari Brownell & Young, fig. 10.6, hal. 191 pers 10.47 hal 194 [12] diperoleh:

gusset min = $\frac{3}{8}$ x thp

$= \frac{3}{8} \times 8.0000$

$= 3$ in

e. Tinggi Gusset

hg = A + ukuran baut

= 10.00 + 1

= 12.500 in

f. Tinggi Lug

Tinggi Lug = hg + 2 thp

= 12.500 + 2 × 8.0000

= 28.5000 in

Kesimpulan perencanaan lug dan gusset :

a. Lug
- Lebar = 10.000 in
- Tebal = 8.000 in
- Tinggi = 28.500 in

b. Gusset
- Lebar = 7.375 in
- Tebal = 3.0000 in
- Tinggi = 12.500 in

I. Dimensi Pondasi

Perencanaan :

- Beban total yang harus ditahan pondasi :
  - Berat reaktor total
  - Berat kolom penyangga
  - Berat base plate
- Ditentukan :
  - Masing-masing penyangga diberi pondasi
  - Spesifik untuk semua penyangga sama

Dasar Perhitungan :

a. Berat total reaktor

W = 4890.5871 kg = 10781.7883 lb

b. Beban yang harus ditanggung tiap kolom

Rumus :

$W_{bp} = p \,.\, l \,.\, t \,.\, \rho$

Dimana :

p	=	panjang base plate	=	6	in	=	0.5000	ft
l	=	lebar base plate	=	4	in	=	0.3333	ft
t	=	tebal base plate	=	1.396	in	=	0.1164	ft
ρ	=	densitas dari bahan konstr	=	493.75	lb/ft³			

Beban yang ditanggung tiap kolom :

$W_{bp} = 0.5000 \times 0.3333 \times 0.1164 \times 493.75$

= 9.5747 lb

c. Beban tiap penyangga

Rumus :

W_p = L . A . F. ρ

Dimana :

L	= tinggi kolom	=	18.3849	ft		
A	= luas kolom I beam	=	0.2225	in^2 =	0.0015	ft^2
F	= faktor koreksi	=	3.4			
ρ	= densitas dari bahan konstr	=	493.75	lb/ft^3		

Beban tiap penyangga :

W_p = 18.3849 × 0.0015 × 3.4 × 493.75

= 47.6810 lb

d. Beban total

W_{total} = W + W_{bp} + W_p

= 10839.0440 lb

Dianggap hanya ada gaya vertikal dan berat kolom itu sendiri bekerja pada pondasi, maka diambil :

- Luas atas = 20 × 20 in
- Luas bawah = 25 × 25 in
- Tinggi = 20 in
- Luas permukaan tanah rata-rata :

  A = 25 × 25 = 625 in^2

  Volume pondasi :

  V = A × t

  = 0.2225 × 20

  = 12500 in^3 = 7.2338 ft^3

- Berat pondasi :

  W = V × ρ

  Dimana :

  ρ = densitas semen = 196 lb/ft^3

  Maka :

  W = 7.2338 × 196

  = 1417.815 lb

  = 643.11667 kg
- Tekanan tanah :

  Pondasi didirikan diatas semen sand dan gravel, dengan :

  - Save bearing minin = 5 ton/ft^2
  - Save bearing maxir = 10 ton/ft^2

Kemampuan tekanan tanah sebesar :

$$P = 5\ ton/ft^2 \times \frac{2240\ lb \times 1\ ft}{1\ ton \times 144\ in^2}$$

$$= 114.2857\ lb/in^2$$

Tekanan pada tanah :

$$P = \frac{W}{A}$$

Dimana :

- W = berat beban total + berat pondasi
- A = luas bawah pondasi = (60 x 60) = 625 in^2

Sehingga :

$$P = \frac{1417.815 + 10839.0440}{625}$$

$$P = 19.6110\ lb/in^2 < 114.286\ lb/in^2$$

Karena tekanan yang diberikan tanah lebih kecil daripada kemampuan tanah menahan pondasi, maka pondasi dengan ukuran (20 x 20) in untuk luas atas dan (25 x 25) in untuk luas bawah dengan tinggi pondasi 20 in dapat digunakan.

Dimensi Peralatan :

1. Dimensi Reaktor

a. Bagian tube
- Bahan = Stainless stell SA-240 grade M type 316
- Ukuran = 2 1/2 in sch 80
- Susunan pipa = triangular pitch
- ID = 2.067 in
- OD = 2.380 in
- Nt = 174 buah
- P_T = 2.9750 in
- C' = 0.5950 in
- A = 3.3500 in^2

b. Bagian silinder (shell)
- Bahan = Stainless stell SA-240 grade M type 316
- di = 53.3750 in
- do = 54.0000 in
- ts = 3/16 in

c. Bagian tutup reaktor
- Tutup = Standard dished head
- tha = 3/16 in
- thb = 3/16 in
- ha = 10.467 in
- hb = 10.467 in

2. Dimensi Nozzle

a. Nozzle pemasukan umpan bahan baku

Size	=	6	in
OD of pipe	=	6.625	in
Flange Nozzle thickness (n)	=	0.432	in
Diameter of hole in reinforcing plate (DR)	=	6.75	
Length of side of reinforcing plate, L	=	16.25	in
Width of reinforcing plate, W	=	20.25	in
Distance, shell to flange face, outside, J	=	8	in
Distance, shell to flange face, inside, K	=	6	in
Distance from Bottom of tank to center of nozzle			
* Regular, Type H	=	11	in
* Low, Type C	=	8.125	in

b. Nozzle pengeluaran produk

Size	=	6	in
OD of pipe	=	6.625	in
Flange Nozzle thickness (n)	=	0.432	in
Diameter of hole in reinforcing plate (DR)	=	6.75	in
Length of side of reinforcing plate, L	=	16.25	in
Width of reinforcing plate, W	=	20.25	in
Distance, shell to flange face, outside, J	=	8	in
Distance, shell to flange face, inside, K	=	6	in
Distance from Bottom of tank to center of nozzle			
* Regular, Type H	=	11	in
* Low, Type C	=	8.125	in

c. Nozzle pemasukan pendingin dan pengeluaran pendingin

Size	=	3	in
OD of pipe	=	3.5	in
Flange Nozzle thickness (n)	=	0.3	in
Diameter of hole in reinforcing plate (DR)	=	3.625	in
Length of side of reinforcing plate, L	=	10	in
Width of reinforcing plate, W	=	12.625	in
Distance, shell to flange face, outside, J	=	6	in
Distance, shell to flange face, inside, K	=	6	in
Distance from Bottom of tank to center of nozzle			
* Regular, Type H	=	8	in
* Low, Type C	=	5	in

Flange, Bolt dan Gasket dari Vessel

a. Bagian Flange

Bahan	=	Stainles steel SA 240 Grade S type 304	
Tebal	=	1.3669	in
OD	=	56.7338	in
Type flange	=	18750	

b. Bagian Bolting

Bahan	=	Stainles steel SA 193 Grade B8 type 304	
Ukuran	=	0.55	in
Jumlah	=	19	buah
Bolt circle diameter (C	=	55.7338	in
Jarak dari tepi	=	1 1/16	in
jarak radial minimum	=	1 3/8	in

c. Bagian Gasket

Bahan	=	Solid Flat Metal Iron	
Tebal	=	1 1/16	in
Lebar	=	0.1250	in

Sistem Penyangga

- Jenis	=	Kolom I beam	
- Jumlah	=	4	buah
- Panjang (L)	=	220.619	in
- Ukuran I beam	=	12 × 5	in^2
- Area of section (Ay)	=	2.58	in^2
- Depth of beam (h)	=	4	in
- Width of flange (b)	=	2 5/8	in
- Axis (r)	=	1 7/8	in

3. Base Plate

- Panjang (p)	=	6	in
- Lebar (l)	=	4	in
- Tebal (t)	=	1.4	in
- Bahan	=	Cast iron	
- Root area	=	3.715	in
- Ukuran baut	=	1	in
- Bolt circle (BC)	=	2 1/4	in
- Jarak radial maksimun	=	1 3/8	in
- Edge distance (E)	=	1/16	in
- Nut dimensi	=	1 5/8	in
- Radius fillet maksimal	=	7/16	in

4. Perencanaan lug dan gusset :

a. Lug

- Lebar	=	10.000	in
- Tebal	=	8.000	in
- Tinggi	=	28.500	in

b. Gusset

- Lebar	=	7.375	in
- Tebal	=	3.0000	in
- Tinggi	=	12.500	in

5. Sistem Pondasi

- Luas atas = 20 × 20 in

- Luas bawah	=	25	×	25	in
- Tinggi	=	20		in	
- Bahan	=	Sement Sand dan Gravel			
- Luas permukaan tanah rata-ra	=	625		in^2	