BAB VI
PERANCANGAN ALAT UTAMA

Nama alat : Reaktor
Kode alat : R-110
Fungsi : Sebagai tempat berlangsungnya reaksi dehydration ethanol menjadi *ethylene* dan air pada suhu 350 °C dengan bantuan katalis Al_2O_3.
Type : Bejana Vertikal dengan bagian badan berbentuk silinder, tutup atas dan tutup bawah berbentuk standart dished.

6. 1. Perhitungan Multitube Reaktor

a. Kondisi Operasi :

- Tekanan = 2,9 atm = 14,696 Psia
  = 2204 mmHg
  = 86,8 inHg
- Suhu = 350 ^{0}C = 662 ^{0}F = 1122 ^{0}R = 623,15 ^{0}K
- Rate masuk = 14631,052 kg/jam = 32255,617 lb/jam
  = 8,9598936 lb/detik
- Fase = Gas
- waktu operasi = 2 detik

b. Direncanakan :

- Bahan = High Alloy Steel SA 240 grade M tipe 316
  Allowable stress (f) = 17.000 Psia *(App D, Brownell , hal 342)*
- Tutup reaktor = berbentuk standard dishead
- Tipe pengelasan = Double Welded Butt Joint
  Faktor pengelasan (E) = 0,8 *(Table 13.2, Brownell , hal 254)*
- Faktor korosi = $\frac{2}{16}$

1. **Komponen masuk dan keluar reaktor**

Komponen	BM	MASUK		KELUAR	
		kg/jam	kgmol/jam	kg/jam	kgmol/jam
C_2H_5OH	46	14631,052	318,066344	146,31	3,1807
H_2O	18	73,5229	4,0846	5667,9423	314,8857
C_2H_4	28			8816,7991	314,88568
H_2O	18			73,522873	4,0846041
Jumlah	110	14704,575	322,1509	14704,575	637,0366

2. **Menetukan densitas gas**

   Melakukan pendekatan rapat massa gas dengan menggunakan persamaan gas ideal

ρ masing-masing komponen

Komponen	BM	Massa	xi	xi.BM
C_2H_5OH	46	14631,052	1,00	45,77
H_2O	18	73,5229	0,01	0,09
Jumlah	64	14704,575	1	45,86

(Geankoplis, Ed.4 hal 152)

P = 2,9 atm T = 350 ^{0}C

R = 82,057 cm^3 . atm / gmol . K = 623,15 K

$$\rho = \frac{P \times xi.BM}{R \times T}$$

$$= \frac{2,9 \times 45,9}{82,057 \times 623}$$

= 0,0026 $kgmol/m^3$

= 0,1624 lb/ft^3

= 2,6009 kg/m^3

c. Menentukan volume reaktor :

Dengan rumus :

$$Vgas = \frac{n \times R \times T}{P}$$

Dimana :

P	:	Tekanan Operasi	=	14,696	lb/in2
n	:	Rate molekul	=	322,1509	Kgmol/jam
			=	710,221	lbmol/jam
R	:	Konstanta gas ideal	=	10,731	ft^3. lbf/in^2 . lb . mol . °R
T	:	Temperatur Operasi	=	350	^{0}C
			=	662	^{0}F
			=	1122	^{0}R
			=	623,15	^{0}K
V	:	Volume gas (ft^3/detik)			

Maka :

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

Vgas =
P

$$= \frac{322,151 \times 10,731 \times 662}{14,696}$$

= 155725,0413 ft^3/jam

= 43,25695593 ft^3/detik

Sehingga untuk Vgas pada waktu operasi :

Vgas = 43,257 ft^3/detik × 2 detik

= 86,513912 ft^3

Direncanakan reaktor sebanyak = 1 buah sehingga :

$$\text{Vgas} = \frac{86,51391186}{1}$$

= 86,51391186 ft^3

d. Menentukan volume tube

Katalis yang digunakan adalah katalis alumina

Dari table 4-22 ulrich hal . 217 ditetapkan ε = 0,6

Volume gas = ε × Volume Tube

$$\text{Volume Tube} = \frac{\text{Volume gas}}{\varepsilon}$$

$$= \frac{86,51391186}{0,6}$$

= 144,1898531 ft3

e. Menentukan Konstanta Kecepatan Reaksi (k)

Diketahui :

Konversi = 99%

Reaksi : Orde 1

$$C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow{99\%} C_2H_{4\,(g)} + H_2O_{(g)}$$

Persamaan reaksi :

$$A \longrightarrow P + R$$

eqiuvalen = 1 1 1

$$\varepsilon_A = \frac{V_{XA=} - V_{XA=0}}{V_{XA=0}}$$

$$= \frac{(1 + 1) - 1}{1}$$

$$= \frac{2 - 1}{}$$

$$= \frac{1}{1}$$

Direncanakan volume setelah bereaksi = 1,2 Volume awal

$\Delta v = v_1 - v_0$

Keterangan :

v_1 = volume setelah bereaksi

v_0 = volume awal

$$\begin{aligned}\Delta v &= v_1 - v_0\\ &= 1{,}2\ v_0 - v_0\\ &= 1{,}2\ v_0 - 1\\ &= 0{,}2\ v_0\end{aligned}$$

$$-r_A = \frac{C_{A0}}{\varepsilon_A} d\frac{(\text{In } v)}{dt} = kC_A = kC_{A0}\left(\frac{1 - X_A}{1 + \varepsilon_A X_A}\right)$$

$$-\text{In}\left(1 - \frac{\Delta v}{\varepsilon_A v_0}\right) = kt,\ \Delta v = v - v_0$$

$$-\text{In}\left(1 - \frac{0{,}2\ v_0}{1 \times v_0}\right) = k \times 10$$

$$-\text{In}\left(\frac{0{,}8}{1}\right) = 10k$$

-ln 0,8 = 10 k (levenspiel, ed 2. pers 17 hal 109 chapter 5)

0,22314 = 10 k

k = 0,022314 liter/mol.detik

= 22,31400 liter/kgmol.detik

f. Menentukan waktu tinggal

$$\tau = C_{A0} \int_0^{x_{Af}} \frac{dX_A}{-r_A}$$

$$\tau = \frac{v}{v_0} = C_{A0} \int_0^{x_{Af}} \frac{dX_A}{kC_A}$$

$$\tau = \frac{v}{v_0} = C_{A0} \int_0^{x_{Af}} \frac{dX_A}{kC_{A0}(1 - X_A)}$$

$$\tau = \frac{v}{v_0} = \frac{1}{k} \int_0^{x_{Af}} \frac{dX_A}{(1 - X_A)}$$

$$= \frac{1}{k} \text{In } (1 - X_A)$$

$$= \frac{1}{k} \ln\left(1 - 0{,}98\right)$$

$$= \frac{1}{22{,}314000} \times 3{,}912$$

= 0,1753 detik

$$vo = \frac{8,9598936}{0,0027} = 3310,9419 \quad ft^3$$

$$v = \frac{v}{v_0} \times v_0$$

$$= \frac{0,1753}{3310,9419} \times 3310,9419$$

$$= 0,1753 \quad ft^3/detik$$

g. Menentukan volume total reaktor

Waktu operasi 2 detik

Volume ruang kosong = 10% V_T

Maka : `

Vgas = 86,514 ft3/detik × 2 detik

= 173,02782 ft3 = 4,8996023 m3

Vtotal = Vgas +Vrk

= 173,03 + 0,1 Vtotal

0,9 Vtotal = 173,03 ft3

Vtotal = 192,25 ft3

h. Menentukan dimensi reaktor

Direncanakan : Ls = 1.5 di

Vtotal = Vsilinder + Vtutup atas + Vtutup bawah

$$192,253 = \frac{\pi}{4} di^2 Ls + 0,0847 \ di^3 + 0,0847 \ di^3$$

$$192,253 = 0,79 \ di^2(.1.5di + 0,0847 \ di^3 + 0,0847 \ di^3$$

$$192,253 = 1,1786 \ di^3 + 0,1694 \ di^3$$

$$192,253 = 1,348 \ di^3$$

di^3 = 142,62 ft^3 Ls = 1,5 di

di = 5,2247 ft = 7,8371022 ft

= 1,5925 m = 2,3887487 m

= 62,697 in = 94,045226 in

i. Menentukan kebutuhan katalis

Katalis alumina (Al_2O_3) mempunyai specific gravity = 3,99 gr/cm3

Densitas = 3,95 g/m^3 = 246,5985 lb/ft^3

Berat molekul = 101,96 kg/kgmol

Volume Katalis = Volume Tube - Volume gas

= 144,1898531 - 86,51391186

= 57,67594124 ft^3

W = Volume katalis × $\rho_{katalis}$

= 57,67594124 ft^3 × 246,5985 lb/ft^3

= 14222,8006 lb

= 6457,15147 Kg

= 6,45715147 Ton

- Menentukan kapasitas katalis untuk digunakan per hari

Diketahui :

Jumlah waktu kerja/hari = 1 hari = 24 jam

$$\text{Kapasitas katalis} = \frac{41{,}94830825 \text{ ton}}{\text{Hari}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}}$$

= 0,269047978 ton/jam

= 269,0479779 kg/jam

- Menentukan Waktu Regenerasi katalis

Volume katalis = W × t

Dimana :

Vk = Volume katalis (Kg)

t = waktu kerja katalis jam

W = kapasitas katali (Kg/jam)

$$t = \frac{\text{Volume katalis}}{W}$$

$$= \frac{6457{,}15147}{269{,}0479779}$$

= 24 jam

= 1,745454545 tahun

Sehingga untuk regenerasi katalis diperlukan = 1,7454545 kali dalam setahun

j. Menentukan panjang tube yang terisi katalis

Dimana:

Z = tinggi tumpukan katalis (ft)

W = volume katalis dalam tube (lb)

$\rho_{katalis}$ densitas katalis (lb/ft^3)

ID = diameter dalam tube (ft)

Dimana digunakan pipa dengan ketentuan ukuran nominal 3 sch 40

(Table 11 Kern, hal 844) didapatkan:

ID	=	2,067	in	=	0,1723 ft
OD	=	2,380	in	=	0,1983 ft
A	=	3,35	in	=	0,2792 ft^2

$$Z = \frac{4 \times W}{\ldots}$$

$$Z = \frac{\pi \times ID^2 \times \rho_{katalis}}{4} \quad \frac{4 \times 14222{,}8006}{3{,}14 \times 0{,}17^2 \times 246{,}5985} = 2476{,}3189 \text{ ft}$$

Dipilih tinggi tube standar = 12 ft = 3,66 m = 144 in

Sehingga didapatkan tinggi tumpukan katalis

Z = 90% dari tinggi tube yang dipilih

= 90% × 12 ft

= 10,8 ft

= 3,2919 m

k. Mentukan jumlah tube

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

$$= \frac{2476{,}3189}{10{,}8} = 229{,}2888 = 282 \text{ buah}$$

Dari Table 9 Kern, hal. 842 didapat Nt standart = 282 buah

Maka :

$$\text{Rate gas pada tiap pipa} = \frac{\text{kecepatan gas}}{Nt}$$

$$= \frac{43{,}25695593}{282} \text{ ft}^3\text{/detik}$$

$$= 0{,}153393461 \text{ ft}^3\text{/detik}$$

Volume tiap panjang tube yang berisi katalis = a' × L × Ɛ

Dimana :

a' = Flow area (ft2)

L = panjang tube yang berisi katalis (ft)

Ɛ = Porositas

Mencari L :

$$L = \frac{V_{Tube}}{\frac{\pi}{4} \times di^2}$$

$$= \frac{144{,}18985}{\frac{3{,}14}{4} \times 0{,}1722^2}$$

= 5,449836883 ft3

Sehingga :

V = a' × L × Ɛ

= 0,2792 × 5,4498 × 0,6

= 0,912847678 ft3

l. Menentukan P_T,C',luasan triangular pitch

Susunan pipa yang digunakan adalah triangular pitch (segitiga sama sisi) dengan tujuan agar memberikan turbulensi yang lebih baik, sehingga akan memperbesar koefisien transfer panas konveksi (ho). Sehingga transfer panasnya lebih baik daripada square pitch (Kern, 1983).

Dari table 9 Kern, hal. 844 didapat OD = 2,380 in

- P_T = OD + ¼ OD
  = 2,38 + (¼ × 2,38)
  = 2,975 in
  = 0,0755652 m

- Jarak antar pipa (Clearance)
  C' = P_T - OD
  = 2,975 - 2,38
  = 0,595 in

- Tinggi segitiga = t = $P_T \sin 60^0$
  Luas satu pipa = 2,9750 × sin 60^0
  = 2,975 × 0,866
  = 2,58 in

- Luasan triangular pitch

  (A) = 0,5 × P_T × t
  = 0,5 × 2,98 × 2,57635
  = 3,8323 in^2
  = 0,0266 ft^2

- Dengan Nt = 282 buah , maka
  untuk Luas Tube total

  A = (Nt-2) × luas segi empat
  = (282 - 2) × 0,02661
  = 7,45158313 ft^2

m. Menentukan tekanan desain

ρ campuran = 0,1624 lb/ft3

P Hidrostatik = $\dfrac{\rho \text{ campuran (hg-1)}}{144}$

$$= \frac{0,1624 \times (7,8371 - 1)}{144}$$

= 0,0077 psia

Pdesain (Pi) = Phidrostatik + Poperasi

= 0,00771 + 14,6960

= 14,70 psia

= 0,00771 psig

n. Menentukan Tebal Silinder

$$ts = \frac{Pi \cdot di}{2\,(f \cdot E - 0{,}6 \cdot Pi)} + c$$

$$= \frac{0{,}008 \times 62{,}69681738}{2 \times (17.000 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 0{,}008)} + \frac{2}{16}$$

$$= \frac{0{,}4833}{27199{,}991} + \frac{2}{16}$$

$$= 0{,}1250178 \times \frac{16}{16}$$

$$= \frac{2{,}00028}{16} = \frac{3}{16} = 0{,}1875 \text{ in}$$

Standarisasi do:

do = di + 2 ts

$$= 62{,}7 + 2 \times \frac{3}{16}$$

= 63,0718 in

Dari Brownell & Young, tabel 5.7, hal. 90, diperoleh : OD standart = 66 in

t = 1/3 in

do baru = 66 in

r = 76 in

icr = 4 in

di baru = do baru - 2 ts

$$= 66 - 2 \times \frac{3}{6}$$

= 65,0000 in

= 5,4166667 ft

Pengecekan Ls/Di

Ls/Di < 1,5

VT = Vsilinder + 2 Vdished

$$VT = \frac{\pi}{4} di2Ls + (2 \times (0{,}0847 \times di3))$$

192,253 ft3 = (0,25 × 3,14 × 5,41667 × Ls)+(2 × (0,0847 × 5,42 ^{3}))

= 23,032 Ls + 26,92215 Ft3

$$Ls = \frac{165{,}3310 \text{ ft3}}{23{,}032118 \text{ ft2}}$$

Ls = 7,17828 ft

$$\frac{Ls}{Di} = \frac{7,17828 \ ft}{5,41667 \ ft} = 1,3252 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Tebal shell setelah di standariasi:

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

$$= \frac{0,008 \times 65,0000}{2 \times (\ 17000 \times 0,8 - 0,6 \times 0,008 \ )} + \frac{2}{16}$$

$$= \frac{0,5011}{27199,991} + \frac{2}{16}$$

$$= 0,1250184 \times \frac{16}{16}$$

$$= \frac{2,00029}{16} = \frac{3}{16} \quad \text{(Memenuhi)}$$

o. Menentukan Tebal Tutup Reaktor

Menghitung dimensi tutup atas dan tutup bawah (standart dished) berdasarkan tabel 5.7 halaman 90 buku Brownell,

r = di = 66 in

$$tha = \frac{0,885 \ . \ Pi \ . \ di}{(\ f \ . \ E - 0,1 \ . \ Pi \ )} + c$$

$$= \frac{0,885 \times 0,008 \times 66}{17000 \times 0,8 - 0,1 \times 0,008} + \frac{2}{16}$$

$$= \frac{0,4503}{13599,999} + \frac{2}{16}$$

$$= 0,1250331 \times \frac{16}{16}$$

$$= \frac{2,00053}{16} = \frac{3}{16} \ in$$

p. Menentukan Tinggi Tutup Reaktor.

Dari Brownell & Young, tabel 5.6, hal. 88 untuk tha/thb = 3/16 in, diperoleh:

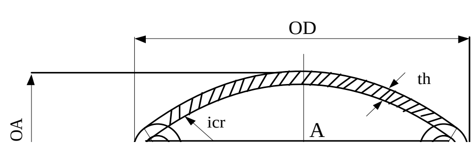
Sf = 1½ - 2 in

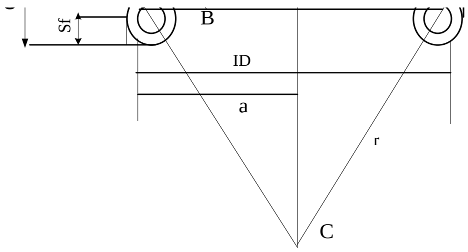
icr = 9/16 in

Dari Brownell & Young, tabel 5.7, hal. 91 untuk OD = 66

r = 66 in

icr = 5 1/8 in





a = ½ IDs (hal 87, Brownell and Young,1959)
= ½ × 65,0000
= 32,5000 in

AB = ½ IDs - icr
= $\frac{1}{2} \times 65{,}0000 - \frac{9}{16}$
= $32{,}5 - \frac{9}{16}$
= 31,9375 in

BC = r - icr
= $66{,}00 - \frac{9}{16}$
= 65,4375 in

AC = $\sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$
= 57,1145 in

b = r - AC
= 66 - 57,1145
= 8,8855 in

OA = th + b + sf
= $\frac{3}{16} + 66 + 2$
= 68,188 in
= 5,68002 ft

q. Menentukan Tinggi Reaktor

Dari hasil perhitungan diatas, maka tinggi reactor (L) adalah :

Do	=	63,0718	in	=	1,6020	m
Di	=	66	in	=	1,6764	m
Ls	=	86,1394	in	=	2,1879	m
ts	=	0,1875	in	=	0,0048	m
tha	=	0,1875	in	=	0,0048	m
thb	=	0,1875	in	=	0,0048	m
ha	=	68,1875	in	=	1,7320	m
hb	=	68,1875	in	=	1,7320	m

Tinggi pipa standart yang digunakan = 12 ft = 3,66 m = 144 in

L = (2 × tinggi tutup) + tinggi pipa

= (2 × 68,1875) + 144

= 280,3750 in

= 7,12153 m

= 23,3646 ft

r. Menentukan Volume Reaktor

a. Volume tutup atas dan bawah

Vhb = 2 × (volume tutup tanpa sf + volume tutup pada sf)

= $2 \times (0,000049 \times IDs^3 + \pi/4\ IDs^2 \times sf)$

= 13293 2/5 in^3

= 7,6969 ft^3

= 217,95273 ltr

b. Volume shell

Vs = $\pi/4 \times IDs^2 \times Ls$

= 165,331 in^3

= 0,0957266 ft^3

Jadi volume reaktor

$V_{reaktor}$ = Vhb + Vs

= 217,95 + 0,0957266

= 218,04846 ft^3

= 6,1745 m^3

= 174,8427 ltr

Kesimpulan Dimensi Reaktor

a. Bagian tube

- Bahan = high alloy steel SA 240 Grade M type 316
- Ukuran = 3 sch 40
- Susunan pipa = triangular pitch
- ID = 2,067 in
- OD = 2,380 in
- Nt = 282 buah
- P_T = 2,9750 in
- C' = 0,5950 in
- A = 3,8323 in^2

b. Bagian Shell

Bahan = high alloy steel SA 240 Grade M type 316

- di = 65,0000 in
- do = 66 in
- ts = 3/16 in

c. Bagian tutup reaktor

- Tutup = standard dished head
- tha = 3/16 in
- thb = 3/16 in
- ha = 68,188 in
- hb = 68,188 in

Menentukan kebutuhan stream

kebutuhan steam
sebagai fluida panas = 180363,8884 kg/jam
= 397630,2283 lb/jam
(Sumber : Appendiks B Neraca Panas)

Checking Perencanaan Reaktor

1. Menghitung heat Transfer pada Shell (Aliran Steam)

Diketahui : IDs = 65,0000 in

- Jarak Buffle

Bs = IDs × 0,2
= 65 × 0,3
= 19,5 in

- Shell Side atau Bundle Crossflow Area (as)

$$a_s = \frac{C' \times IDs \times Bs}{n' \times P_T \times 144}$$

$$a_s = \frac{0,5950 \times 65 \times 19,5}{1 \times 2,9750 \times 144}$$

= 36504 in^2
= 253,4998 ft^2

- Mass Velocity (G_s)

$$G_s = \frac{Ws}{a_s} = \frac{876623,554}{253,4998}$$

= 3458,1 $lb/jam.in^2$

- Equivalent Diameter (De)

$$De = \frac{4 \times P_T^2 - \dfrac{\pi \times do^2}{4}}{\pi \times do}$$

$$= \frac{4 \times 8,8506 - \dfrac{3,14 \times 4356}{4}}{3,14 \times 66}$$

= 18,9025 in

- Reynold number (Re)

a. Menentukan viskositas Steam

Diketahui :

T μ = 370 ^oC = 643,15 K

μ masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C
H_2O	-36,826	0,429	-0,0000162

Sumber : Yaws L Carl table 22-1 viscosity of gas

μ H_2O = 232,38435 micropoise
= 0,0232384 centripoise
= 562,16098 lbm/ ft jam

Cp masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D	E
H_2O	33,933	-0,0084	2,991E-05	-2E-08	4E-12

Sumber : Yaws L Carl table 2-1 Cp gas

$\int$ Cp . ΔT H_2O = 11075,836 J / mol K
= 2,645419125 Btu/lb F

b. Menentukan densitas Steam

Diketahui : T = 370 ^oC = 643,15 K
P = 1 atm

Menetukan densitas uap air (steam)

Komponen	**BM**	**Massa**	**xi**	**xi.BM**
H_2O	18	397630,2283	1,00	18
Jumlah	18	397630,2283	1,00	18

P = 1 atm T = 370 ^0C
R = 82,057 = 643,15 K

$$\rho = \frac{P \times xi.BM}{R \times T}$$

$$= \frac{1 \times 18,0}{82,057 \times 643}$$

= 0,0003 kgmol/m^3
= 0,0213 lb/ft^3
= 0,3411 kg/m^3

$$NRes = \frac{De \times Gs}{\mu_{pemanas}}$$

$$= \frac{18{,}9025 \times 3458{,}08}{0{,}0213}$$

$$= 3069950{,}511$$

- Mencari J_H

  J_H = 352

  (Kern. Fig 28 hal 838)

- Mencari h_o

  Diketahui : Suhu steam yang digunakan adalah = 370 °C

  = 643,15 K

a. Menentukan CP steam

Diketahui :

T untukSteam = 370 °C = 643,15 ^oK

T referensi = 25 °C = 298,15 ^oK

Cp masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D	E
H_2O	33,933	-0,0084	2,991E-05	-2E-08	4E-12

Sumber : Yaws L Carl table 2-1 Cp gas

$\int Cp . \Delta T$ H_2O = 11705,8358 J / mol K

= 2,795892057 Btu/lb F

b. Menentukan k steam

Diketahui :

T k = 370 ^oC = 643,15 K

k masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C
H_2O	0,0005	5E-05	4,955E-08

Sumber : Yaws L Carl table 23-2 Thermal Condoctivity of gas

k H_2O = 0,0513142 W/m K

= 0,0297623 Btu ft/hr ft2 F

c. Menentukan viskositas Steam

Diketahui :

T μ = 370 ^oC = 643,15 K

μ masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C
H_2O	-36,826	0,429	-0,0000162

Sumber : Yaws L Carl table 22-1 viscosity of gas

$\mu\ H_2O$ = 232,38435 micropoise
= 0,0232384 centripoise
= 562,16098 lbm/ ft jam

$$h_o = J_H \times \left(\frac{k}{de}\right) \times \left(\frac{cp \times \mu}{k}\right)^{1/3}$$

$$= 352 \times \left(\frac{0,0298}{18,903}\right) \times \left(\frac{2,7958921}{0,0298} \times 562,16098\right)^{1/3}$$

$$= 429,608028$$

- Mencari tahanan panas pipa bersih (U_C)

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

$$= \frac{107,9550778 \times 429,608028}{107,9550778 + 429,608028}$$

U_C = 86,2752 btu/jam.ft^2.^{o}F

- Menentukan UD koreksi

Dari tabel 8 "Kern" hal. 840, range U_D = 5 - 50 Btu/jam.ft^2.^{o}F

Hot fluid : Steam Cold fluid : Gasess

Dicoba UD = 49 Btu/jam.ft^2.^{o}F (Kern, tabel 8 hal 840)

$$U_D \text{ koreksi} = \frac{N_t}{N_t \text{ standar}} \times 49$$

$$U_D \text{ koreksi} = \frac{229,29}{282} \times 49$$

= 39,8410 BTU/jam.ft^2.^{o}F

- Mencari dirty faktor (R_d)

$$R_d = \frac{U_C - U_D \text{ koreksi}}{U_C \times U_D \text{ koreksi}}$$

$$= \frac{86,2752 - 39,841}{86,2752 \times 39,841}$$

R_d = 0,0135 jam.ft^2.^{o}F/btu

- Pressure drop di shell

$$\Delta Ps = \frac{f \times G_s{}^2 \times ID_s \times (N+1)}{5,22.10^{10} \times de \times sg \times \varphi}$$

Dimana:

D_s = diameter shell (IDs)

G_s = mass velocity

D_e = equivalent diameter

φ = corrected coefficient s = 1 (hal 121 Kern, 1950)

$(N+1) = \frac{12\ L}{B} = \frac{144}{21,125} = 6,81657241$

s = spesific gravityn = 1

f = shell side friction factor = 0,0015 (Fig.29 Kern, 1950)

$$\Delta Ps = \frac{0,0015 \times 3458^2 \times 65,0000 \times 6,8166}{5,22 \times 10^{10} \times 18,9025 \times 1 \times 1}$$

= 8,05475E-06 psi

2. Menghitung heat Transfer pada Tube (Aliran fluida panas)

Bahan baku masuk reaktor = 14704,5747 kg/jam

Berupa Etanol 99,5% dan water 0,05% = 32417,70538 lb/jam

= 9,004918161 lb/detik

(Sumber : Appendiks A Neraca Massa)

- Tube Side atau Bundle Crossflow Area (at)

$$a_t = \frac{N_t \times a'}{n \times 144}$$

$$= \frac{229,29 \times 0,2792}{2 \times 144}$$

= 0,2222562 ft^2

- Tube Side atau Bundle Crossflow Area (at)

$$Gt = \frac{Wt}{at} = \frac{71468,722}{0,2222562}$$

= 321560 lb/jam.in^2

- Reynold number (Re)

a. Menentukan Viskositas bahan baku campuran

Diketahui :

T μ = 350 ^{o}C = 623,15 K

Komponen	A	B	C
C_2H_5OH	1,499	0,3074	-4,448E-05
H_2O	-36,826	0,429	-0,0000162

Sumber : Yaws L Carl table 21-1/2

μ C_2H_5OH = 175,78964 micropoise
= 0,017579 centipoise
μ H_2O = 232,38435 micropoise
= 0,0232384 centipoise
μ campuran = 0,0408174 centipoise
= 2,5481 lb/ft^3

$$NRe_t = \frac{Gt \times di}{\mu}$$

$$= \frac{321560 \times 0,172}{2,5481}$$

$$= 21736,8848$$

- Mencari J_H

  J_H = 78

  (Kern. Fig 28 hal 834)

- Mencari hi_o

  Diketahui : Suhu masuk bahan baku dari reaktor yang digunakan adalah

  T = 350 °C
  = 623,15 K

a. Menentukan panas bahan masuk reaktor

Diketahui :

T keluar heater = 350 ^{o}C = 623,15 ^{o}K
T referensi = 25 ^{o}C = 298,15 ^{o}K

Cp masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D	E
C_2H_5OH	27,091	1,11E-01	1,10E-04	-1,50E-07	4,66E-11
H_2O	33,933	-8,42E-03	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12

Sumber : Yaws l Carl hal 33 table 2-1 Cp Gas

$\int$ Cp . ΔT C_2H_5OH = 2,87E+04 j/mol.k
$\int$ Cp . ΔT H_2O = 11346,79733 j/mol.k
$\int$ Cp . ΔT campuran = 40050,93965 j/mol.k
= 9,566006732 Btu/lb F

b. Menentukan k campuran

Diketahui :

T k = 350 ^oC = 623,15 K

k masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C
C_2H_5OH	-0,0056	4E-05	8,503E-08
H_2O	0,0005	5E-05	4,955E-08

Sumber : Yaws L Carl table 23-2 Thermal Condoctivity of gas

k C_2H_5OH = 0,0546415 W/m K

= 0,0316921 Btu ft/hr ft2 F

k H_2O = 0,0491174 W/m K

= 0,0284881 Btu ft/hr ft2 F

k campuran = 0,1037589 W/m K

= 0,0601802 Btu ft/hr ft2 F

c. Menentukan viskositas Steam

Diketahui :

T μ = 350 ^oC = 623,15 K

μ masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C
C_2H_5OH	1,499	-0,3074	-4,448E-05
H_2O	-36,826	0,429	-0,0000162

Sumber : Yaws L Carl table 22-1 viscosity of gas

μ C_2H_5OH = 175,78964 micropoise

= 0,017579 centripoise

μ H_2O = 232,38435 micropoise

= 0,0232384 centripoise

μ campuran = 408,17399 micropoise

= 0,0408174 centripoise

= 0,0987409 lbm/ ft jam

$$hi = J_H \times \left(\frac{k}{di}\right) \times \left(\frac{cp}{k} \times \mu\right)^{1/3}$$

$$= 78 \times \left(\frac{0,0602}{2,0670}\right) \times \left(\frac{9,5660067}{0,0602} \times 0,0408174\right)^{1/3}$$

$$= 124,3024118$$

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

$$= 124,3 \times \frac{2,067}{2,380}$$

$$= 107,9550778$$

- Pressure drop di tube

$$\Delta Pt = \frac{f \times Gt^2 \times \rho \times n}{5,22.10^{10} \times di \times sg \times \varphi}$$

Dimana:

n	= pasess			
Gt	= mass velocity			
di	= equivalent diameter			
φ	= corrected coefficient s	=	1	(hal 121 Kern, 1950)
s	= spesific gravityn	=	1	
f	= shell side friction factor	=	0,00014	(Fig.29 Kern, 1950)
ρ	= densitas bahan campuran			

$$\Delta Pt = \frac{0,00014 \times 321560^2 \times 0,1624 \times 2}{5,22 \times 10^{10} \times 0,172 \times 1 \times 1}$$

$$= 5,228E\text{-}04 \text{ psi}$$

Berdasarkan Kern fig.27 hal.837 diperoleh $\frac{V^2}{2g} = 0,0001$

S = 1,81 (Kern Table 6 Hal. 808)

n = 2

- Mencari ΔPr

$$\Delta Pr = 4n/s\ V^2/2g)$$

$$= \frac{4 \times 2}{1,81} \times 0,0001$$

$$= 0,000441989 \text{ Psi}$$

- Mencari ΔPT

$$\Delta PT = \Delta Pt + \Delta Pr$$

$$= 5,228E\text{-}04 + 0,000442$$

$$= 0,0010 \text{ Psi}$$

s. **<u>Menentukan Ukuran Nozzle</u>**

Dalam perancangan reaktor ini nozzle-nozzle yang digunakan adalah:

- Nozzle pemasukan umpan
- Nozzle pengeluaran umpan
- Nozzle pemasukan pemanas
- Nozzle pengeluaran pemanas

1. Nozzle pemasukan umpan

- Rate umpan = 14631,052 kg/jam
  = 32255,617 lb/jam

- Menentukan viskositas campuran

  Suhu bahan baku yang masuk feed = 350 ^oC = 623,15

  Menentukan viskositas campuran (C_2H_5OH dan H_2O)

  Diketahui :

  T μ = 350 ^oC = 623,15 K

Komponen	A	B	C
C_2H_5OH	1,499	0,3074	-4,448E-05
H_2O	-36,826	0,429	-0,0000162

Sumber : Yaws L Carl table 21-1/2

μ C_2H_5OH = 175,78964 micropoise
= 0,017579 centipoise

μ H_2O = 224,21463 micropoise
= 0,0224215 centipoise

μ campuran = 0,0400004 centipoise

- Menentukan densitas campuran

  ρ campuran = 0,1624 lb/ft^3

Dasar Perhitungan :

$$\text{Rate volumetric(Q)} = \frac{\text{Rate umpan}}{\rho\,\text{umpan}}$$

$$= \frac{14631{,}052 \text{ lb/jam}}{0{,}1624 \text{ lb/ft}^3}$$

= 90110,0040 ft^3/jam

= 25,0306 ft^3/detik

Diasumsikan aliran tubular (N_{Re} < 2100), maka :

Dari Peters Timmerhauss pers. 15. hal.496 didapatkan Di optimal

Di optimal = $3{,}9\ (Q)^{0{,}45} \cdot (\rho)^{0{,}13}$

Dimana:

Di = diameter dalam pipa, in

Q = kecepatan aliran massa fluida, ft^3/s

ρ = densitas fluida, lb/ft^3

Di optimal = $3{,}9\ (Q)^{0{,}45} \cdot (\rho)^{0{,}13}$

$= 3{,}9 \times (\ 25{,}0306\ )^{0{,}45} \times (\ 0{,}162\ )^{0{,}13}$

= 13,114 in

Standarisasi ID = 26 sch ST (Brownel App K hal.386)

Sehingga diperoleh :

OD	=	26	in	=	2,1666	ft
ID	=	25,250	in	=	2,1041	ft
A	=	501	in^2	=	41,75	ft^2

Laju aliran fluida (V) $= \dfrac{Q}{A}$

$= \dfrac{25{,}0306\ ft^3/detik}{501{,}0000\ ft^2}$

= 0,0500 ft/detik

= 179,86029 ft/jam

Cek jenis aliran fluida :

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

$$= \frac{32255{,}617\ lb/jam \times 2{,}067\ ft}{0{,}0400004\ lb/ft.jam \times 41{,}749576\ ft^2}$$

= 39923,5484

Maka anggapan menggunakan aliran turbulen adalah benar.

Spesifikasi nozzle standar (Brownel and Young, 1959, App. F item 1 dan 2, hal.349)

Size	=	16	in
OD of pipe	=	16	in
Flange Nozzle thickness (n)	=	2,000	in
Diameter of hole in reinforcing plate (DR)	=	16 1/8	in
Length of side of reinforcing plate, L	=	35	in
Width of reinforcing plate, W	=	42,875	in
Distance, shell to flange face, outside, J	=	10	in
Distance, shell to flange face, inside, K	=	8	in
Distance from Bottom of tank to center of nozzle			
* Regular, Type H	=	20	in

* Low, Type C = 17 1/2 in

2. Nozzle pengeluaran produk

- Rate umpan = 9036,632448 kg/jam
  = 19922,1599 lb/jam

- Menentukan viskositas campuran
  Suhu bahan baku yang masuk feed = 350 ^oC = 623,15 K

- Menentukan viskositas campuran
  Diketahui :
  T μ = 350 ^oC = 623,15 K

μ masing-masing komponen

Komponen	A	B	C
C_2H_5OH	1,499	0,3074	-4,448E-05
H_2O	-36,826	0,429	-0,0000162
C_2H_4	-3,985	0,3873	-0,0001123

Sumber : Yaws L Carl table 21-1/2

μ C_2H_5OH = 175,78964 micropoise
= 0,017579 centipoise
μ H_2O = 224,21463 micropoise
= 0,0224215 centipoise
μ C_2H_4 = 193,73984 micropoise
= 0,019374 centipoise
μ campuran = 593,74411 micropoise
= 0,0593744 centipoise
= 0,1436319 lbm/ ft jam

- Menentukan densitas
  densitas gas campuran masing-masing komponen

Komponen	**BM**	**Massa**	**xi**	**xi.BM**
C_2H_5OH	46	146,31	0,02	0,7447779
H_2O	18	73,5229	0,01	0,1464497
C_2H_4	28	8816,799056	0,98	27,318846
Jumlah	92	9036,6324	1	28,210074

P = 1 atm T = 350 ^0C
R = 82,057 = 623,15 K

$$\rho = \frac{P \times xi.BM}{R \times T}$$

$$= \frac{1 \times 28,2}{82,057 \times 623}$$

= 0,0006 $kgmol/m^3$

= 0,0344 lb/ft^3

= 0,5517 kg/m^3

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{\text{bahan masuk}}{\rho \text{ campuran}}$$

$$= \frac{19922{,}160 \text{ lb/jam}}{0{,}0344 \text{ lb/ft}^3}$$

= 578444,51 ft^3/jam

= 160,68 $ft^3/detik$

Diasumsikan aliran tubular ($N_{re} < 2100$), maka :

Dari Peters Timmerhauss pers. 15. hal.496 didapatkan Di optimal

Di optimal = $3{,}9\ (Q)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13}$

Dimana:

Di = diameter dalam pipa, in

Q = kecepatan aliran massa fluida, ft^3/s

ρ = densitas fluida, lb/ft^3

Di optimal = $3{,}9\ (Q)^{0,36} \cdot (\rho)^{0,18}$

= $3{,}9 \times (578445)^{0,45} \times (82{,}057)^{0,13}$

= 2709,7 in

Standarisasi ID = 30 sch ST (Brownel App K hal.390)

Sehingga diperoleh :

OD	=	30	in	=	2,49997	ft
ID	=	29,250	in	=	2,43748	ft
A	=	672	in^2	=	55,9994	ft^2

Pengecekan Bilangan Reynold

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

$$= \frac{19922{,}160 \text{ lb/jam} \times 2{,}4374752 \text{ ft}}{0{,}1436 \text{ lb/ft.jam} \times 55{,}999431 \text{ ft}^2}$$

Maka anggapan menggunakan aliran turbulen adalah benar.

Spesifikasi nozzle standar (Brownel and Young, 1959, App. F item 1 dan 2, hal.349)

Size	=	16	in
OD of pipe	=	16	in
Flange Nozzle thickness (n)	=	2,000	in
Diameter of hole in reinforcing plate (DR)	=	16 1/8	in
Length of side of reinforcing plate, L	=	35	in
Width of reinforcing plate, W	=	42 7/8	in
Distance, shell to flange face, outside, J	=	10	in

Distance, shell to flange face, inside, K = 8 in

Distance from Bottom of tank to center of nozzle

* Regular, Type H = 20 in
* Low, Type C = 17 1/2 in

3. Nozzle pemasukan pemanas dan pengeluaran pemanas

Bahan masuk pemanas adalah steam

- Suhu (T) = 370 ^{0}C = 643,15 ^{0}K
- Rate umpan = 180364 kg/jam
  = 397630,23 lb/jam

- Menentukan viskositas pada suh = 370 °C = 643,15 °K

  Menentukan viskositas

  Diketahui :

  T μ = 370 ^{o}C = 640,15 K

  μ masing-masing komponen

Komponen	A	B	C	D
H_2O	-10,216	1792,5	0,01773	1,3E-05

Sumber : Yaws L Carl table 22-2

μ H_2O = 0,9637418 centipoise
= 2,3313764 lb/ft jam

- Menentukan densitas Steam

  Diketahui : T = 370 ^{o}C = 643,15 K
  P = 1 atm

Menetukan densitas uap air (steam)

Komponen	**BM**	**Massa**	**xi**	**xi.BM**
H_2O	18	180364	1,00	18
Jumlah	18	180363,8884	1,00	18

P = 1 atm T = 370 ^{0}C

R = 82,057 = 643,15 K

$$\rho = \frac{P \times xi.BM}{R \times T}$$

$$= \frac{1 \times 18,0}{82,057 \times 643}$$

= 0,0003 kgmol/m^3

= 0,0213 lb/ft^3

= 0,34107 kg/m^3

Dasar Perhitungan :

Rate volumetric(Q) = $\frac{\text{Rate umpan}}{\rho\,\text{umpan}}$

= $\frac{397630{,}23\ \text{lb/jam}}{0{,}0213\ \text{lb/ft}^3}$

= 18674804,7770 ft^3/jam

= 5187,4458 ft^3/detik

Diasumsikan aliran tubular ($N_{Re} <$ 2100), maka :

Dari Peters Timmerhauss pers. 15. hal.496 didapatkan Di optimal

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

Dimana:

Di = diameter dalam pipa, in

Q = kecepatan aliran massa fluida, ft^3/s

ρ = densitas fluida, lb/ft^3

Diasumsikan aliran laminar ($N_{re} <$ 2100), maka :

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

= $3{,}9 \times (5187{,}4458)^{0,45} \times (0{,}021)^{0,13}$

= 111,04 in

Standarisasi ID = 42 sch ST (Brownel App K hal.390)

Sehingga diperoleh :

OD	=	42	in	=	3,49996	ft
ID	=	41,250	in	=	3,43747	ft
A	=	11	in^2	=	0,91666	ft^2

Pengecekan Bilangan Reynold

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

$$= \frac{19922{,}160\ \text{lb/jam} \times 41{,}250\ \text{ft}}{2{,}331\ \text{lb/ft.jam} \times 0{,}9167\ \text{ft}^2}$$

= 384539,4902

Maka anggapan menggunakan aliran turbulen adalah benar.

Spesifikasi nozzle standar (Brownel and Young, 1959, App. F item 1 dan 2 hal.349)

Size	=	18	in
OD of pipe	=	18	in
Flange Nozzle thickness (n)	=	2,000	in
Diameter of hole in reinforcing plate (DR)	=	18 1/8	in
Length of side of reinforcing plate, L	=	39	in
Width of reinforcing plate, W	=	47 5/8	in

Distance, shell to flange face, outside, J	=	10	in
Distance, shell to flange face, inside, K	=	8	in
Distance from Bottom of tank to center of nozzle			
* Regular, Type H	=	22	in
* Low, Type C	=	19 1/2	in

Dari Brownel & Young tabel 12.2 halaman 221 diperoleh dimensi flange untuk semua nozzle, dipilih flange standart type welding neck dgn dimensi nozzle:

- Nozzle A = Nozzle untuk pemasukankan bahan baku etanol
- Nozzle B = Nozzle untuk pemasukan pemanas
- Nozzle C = Nozzle untuk pengeluaran pemanas
- Nozzle D = Nozzle untuk pengeluaran produk
- NPS = ukuran pipa nominal, in
- A = Diameter luar flange, in
- T = Ketebalan minimum flange, in
- R = diameter luar bagian yang menonjol, in
- E = Diameter hubungana atas, in
- K = Diameter hubungan pada titik pengelasan, in
- L = panjang julakan, in
- B = diameter dalam flange, in

Nozzle	NPS	A	T	R	E	K	L	B
A	16	23,5	1,4375	18 1/2	18	16	5	15,25
B	18	25	1 4/7	21	19 7/8	18,00	5	17,25
C	18	25	1 4/7	21	19 7/8	18,00	5	17,25
D	16	23,5	1 4/9	18 1/2	18	16	5	15,25

t. Penyangga Tumpukan Katalisator (Bed support/Grid support)

Grid support dirancang untuk menyangga katalisator untuk mencegah kelebihan pressure drop. Yang biasa digunakan adalah piri (Brownell & Young) (perforated plate) atau piringan yang bergelombang (slatted plate). Grid support ini biasanya dibuat dari bahan yang anti korosi seperti carbon steel, alloy steel, cast iron, atau cast ceramics (Rase, 1977).

Penyangga katalis berupa perforated plate dengan ketet)
plate dihitung dengan persamaan (13.27 Brownell & Young, 1959)

$$t = d\sqrt{C'\left(P/f\right)}$$

dimana:

t = tebal minimum plate, inchi
d = diameter plate, inchi
P = tekanan desain, psi
f = maksimum allowable stress, = 17.000

High Alloy SA 240 Grade M tipe 316

C' = konstanta dari app H, C' = 0,75

$$t = d\sqrt{C'\left(P/f\right)}$$

$$t = 65{,}00\sqrt{0{,}75 \times (14{,}696 / 17.000}$$

= 1,6551 in

u. Innert Ballast

Alat ini digunakan untuk melindungi permukaan katalisator dari pengaruh langsung aliran fluida dan meratakan aliran fluida umpan (Rase-Barrow, 1957). Innert ballast berupa bola-bola keramik dengan tebal tumpukan 0 – 6 inchi, digunakan tinggi tumpukan 6 inchi.

v. Perhitungan Penguat

Untuk menentukan lubang maksimum tanpa penguat, dapat mengunakan persamaan Hesse dan Rouston, pers.10.29, hal. 280:

$$K = \frac{P \,.\, Do}{2 \,.t\, .\, F}$$

P = tekanan design = 14,696 psia

do = diameter luar dinding shell = 66 in

ts = tebal shell = $\frac{3}{16}$

f = stress yang diijinkan = 17.000 psia

Maka :

$$K = \frac{14{,}696 \times 66}{2 \times \frac{3}{16} \times 17000}$$

= 0,15215 psia

$$do \times t = 66 \times \frac{3}{16}$$

= 12,4 in

Dari Hesse, fig. 10.27, diperoleh bahwa lubang (diameter maksimum) = 5 in sehingga setiap lubang yang lebih besar dari 5 in memerlukan penguat.

in

w. Sambungan Tutup (Heat) dengan dinding (Shell) reaktor

untuk mempermudah perbaikan dan perawatan dari reaktor (stainles steel)
dihubungkan dengan bagain bejana shell s((APP D, Brownell & young hal 342)

a. Flange

bahan	:	High alloy steel SA 240 grade M Type 316
tensile strength minimum	:	75000 psi
allowable stress	:	18.750 psi
type flange	:	Ring flange loose type

b. Bolting

bahan	:	Carbon steel SA 261 grade BO
tensile strength minimum	:	100000 psi
allowable stress	:	14950 psi

(Tabel 13-1 brownell & young hal 252)

c. Gasket (Fig. 12-11 brownell & young hal 228)

bahan	:	Solid flat metal
gasket faktor (m)	:	6,50 psi
tebal	:	$\frac{1}{16}$ in = 0,0625
minimum design steating stress (	:	26000 psi

a. Gasket

- Menentukan lebar Gasket

Penentuan lebar gasket dengan mengunakan pers. 12.2, hal. 226, Brownell & 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	=	14,696	psi
m	:	gasket faktor	=	6,50	
y	:	yield stess- 26000 lb/in^2	=	26000	psi

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

$$\frac{do}{di} = \sqrt{\frac{26000-(14,696 \times 6,50)}{26000-14,696(6,50+1}} \quad \text{in}$$

$$= 1,0006$$

Dengan, di = do shell = 66 in

do = di × 1,0006

= 66 × 1,0006

= 66,037464 in

- Lebar gasket minimum (n)

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

$= \frac{66{,}0375 - 66}{2}$

$= 0{,}0187 \times \frac{16}{16}$

$= 0{,}2997 = \frac{2}{16} =$ 0,1250 in

- Diameter rata-rata gasket (G) = di + lebar

$= 66 + \frac{2}{16}$

= 66,125 in

= 0,0625 = 5,5104 ft

b. Perhitung beban gaket

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

(pers.12.88 brownell & young, hal.240)

Dimana:

b = lebar efektif gasket (in)

y = yield (lb/in^2)

G = diameter rata-rata gasket = 66,125 in

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

Lebar seating gasket, $b_o = \frac{n}{2} = \frac{0{,}1250}{2} =$ 0,0625 in

untuk $b_o = \leq$ 0,25 in maka $b = b_o$ = 0,0625 in

sehingga :

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

= 3,14 × 0,0625 × 66,125 × 26000

= 337402,8125 lb Wm2

Beban karena tekanan dalam (H)

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

$= \frac{1}{4} \times 3{,}14 \times (66{,}125\ \ 2) \times$ 14,696

= 50442,9144 lb

Beban baut agar tidak bocor (Hp)

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

(pers.12.90 brownell & young, hal.240)

$= 2 \times 0,0625 \times 3,14 \times 66,125 \times 6,50 \times 14,696$

= 2479,2359 lb

jadi berat beban:

$Wm_1 = H + Hp$

= 50442,9144 + 2479,2359

= 52922,15022 lb

karena Wm2 > Wm1 sehingga yang mengontrol adalah

Baut

Perhitungan luas minimun botling (baut) area

Dengan menggunakan pers. 12.92, hal. 240, Brownell & Young,

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

$= \frac{52922,15}{14950}$ in^2

= 3,5399 in

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

direncanakan ukuran bolt = 1 in,

maka didapatkan bolt area = 0,551

maka jumlah bolting optimum adalah :

$$\frac{A_{m1}}{\text{Root Area}} = \frac{3,5399}{0,551}$$

= 6,4246

= 7 buah

Dari tabel 10.4 brownell & young hal.188 diperoleh:

- ukuran nominal baut = 1 in
- root area = 0,551 in
- bolting spacing = 2,25 in
- jarak radial minimun (R) = 1,375 in
- jarak dari tepi (E) = 1,0625 in

- Bolt area diameter (C)

  C = IDs + (2 1,42 × go + R)

  IDs = 65,000 in

  go = tebal shell = 3/16 in

  sehingga:

  C = 65,000 + 2 (1,415 × 3/16 + 1,375)

  = 68,281 in

- Diameter luas flange (A) :

  A = OD = bolt area diameter

  = C + 2.E

  = 68,281 + 2

  = 68,281 in

- Lebar Flange

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

  $$= \frac{68,2806 - 66}{2}$$

  = 1,1403 in

- Cek lebar gasket

  Ab aktual = jumlah baut × root area

  = 7 × 0,551

  = 3,8570

- lebar gasket minimun

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

  $$= \frac{3,8570 \times 14950}{2 \times 3,14 \times 26000 \times 66,125}$$

  = 0,0053406 in < 0,18775 in (memenuhi)

  (pers.12.94 brownell & young, hal.242)

Perhitungan Moment

Untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan dalam)

$$W = \frac{Am_1 + Ab \times fa}{2}$$

Keterangan:

W = berat beban (lb)

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

A_b = luas aktual baut (in^2)

fa = allowable stress (psi)

$$W = \frac{Am_1 + Ab}{2} \times fa$$

$$= \frac{(3{,}5399 + 3{,}8570)}{2} \times 14950$$

$= 55292{,}15011$ lb

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

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

Keterangan:

h_G = tahanan radial circle bolt (in)
C = bolt circle diameter (in)
G = diameter gasket rata-rata (in)

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

$$= \frac{1}{2}(68{,}281 - 66)$$

$= 1{,}1403$ in

- Flange moment adalah sebagai berikut (B & Y, 1959, Tabel 12.4) :

Moment flange (Ma)

$Ma = W \times h_G$

$= 55292{,}1501 \times 1{,}1403$

$= 63050{,}32992$ lb.in

- Untuk keadaan moment pada kondis psi

$W = Wm_1 = 52922{,}1502$ 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)

Dimana :

B = do shell = 66 in
P = tekanan design = 14,696 psi

Maka :

$H_D = 0{,}785 \times B^2 \times P$

$= 0{,}785 \times 66$ ^2 $\times 14{,}696$

$= 50252{,}3842$ lb

Jarak jari-jari bolt circle pada H_D (h_D) :

- Radial distance dari bolt circle (h_G) pada H_D adalah :

h_D = 0,5 (C-B)

(Brownell & Young, persamaan 12.100, hal 242)

h_D = 0,5 (C-B)

= 0,5 (C-B)

= 0,5 × (68,281 - 66)

= 1,1403 in

- Moment komponen (M_D)

M_D = H_D × h_D

(Brownell & Young, persamaan 12.96, hal 242)

M_D = H_D × h_D

= 50252,3842 × 1,1403

= 57303,4218 lb.in

- Perbedaan antara beban baut flange dengan gaya hidrostatis total (H_G)

H_G = W - H = Wm1 - H

(Brownell & Young, persamaan 12.98, hal 242)

H_G = W - H = Wm1 - H

= 52922,1502 - 50442,9144

= 2479,2359

- Momen komponen (M_G)

M_G = H_G × h_G

(Brownell & Young, persamaan 12.98, hal 242)

M_G = H_G × h_G

= 2479,2359 × 1,1403

= 2827,1036

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

H_T = H - H_D

(Brownell & Young, persamaan 12.97, hal 242)

H_T = H - H_D

= 50442,914 - 50252,3842

= 190,5302 lb

- Hubungan lever arm, h_T

h_T = 0,5 × (h_D + Hg)

(Brownell & Young, persamaan 12.102, hal 242)

h_T = 0,5 × (h_D + Hg)

= 0,5 × 1,1403 + 2479,235866

= 1240,19 lb

- Momen komponen (M_T)

M_T = H_T × h_T

(Brownell & Young, persamaan 12.97, hal 242)

M_T = H_T × h_T

= 190,5302 × 1240,1881

= 236293,2793 lb.in

- Jumlah total moment pada keadaan operasi (M_o)

M_o = M_D + M_G + M_T

(Brownell & Young, persamaan 12.97, hal 242)

M_o = M_D + M_G + M_T

= 57303,422 + 2827,1036 + 236293,2793

= 296423,8047 lb.in

Mmax = 296423,8047 lb.in

Flange

- Perhitungan tebal flange

$$tf = \left(\frac{y \times M_o}{f \times B}\right)^{0,5}$$

(Brownell & Young, persamaan 12.85, hal 239)

Dimana :

f	=	stress yang diijinkan untuk bahan fl:	=	17.000	psi
B	=	diameter luar reaktor	=	66	in
A	=	diameter luar flange	=	68,2806	in

Maka :

$$K = \frac{A}{B} = \frac{68,281}{66} = 1,0346$$

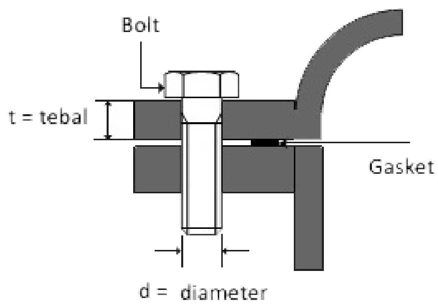
Dari fig. 12.22 brownell & young, hal 238 diperoleh harga y

Maka:

$$tf = \left(\frac{32 \times 296423{,}8047}{17.000 \times 66} \right)^{0,5}$$

= 2,9076 in

jadi digunakan tebal flange = 3 in



Gambar. Detail untuk Flange and bolt pada Head Reaktor

Dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan:

a. Bagian Flange

Bahan	=	High alloy steel SA 240 grade M Type 316
Tebal	=	2 in
OD	=	68,281 in
Stress	=	17.000
Type flange	=	Ring flange loose type

b. Bagian Bolting

Bahan	=	Carbon steel SA 261 grade BO
Ukuran	=	1 in
Jumlah	=	10 buah
Bolt circle diameter (C)	=	68,2806 in
Jarak dari tepi (E)	=	1,0625 in
jarak radial minimum (R)	=	1 3/8 in
Stress	=	14950

c. Bagian Gasket

Bahan	=	Solid flat metal
Tebal	=	$\frac{1}{6}$ in
Lebar	=	0,1878 in
Stress minimum	=	26000

Sistem Penyangga (*Support*)

Menghitung Berat Reakor

Berat reaktor terdiri dari:

a. Berat shell reaktor

Rumus :

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

Dimana :

W_s	=	berat shell reaktor, lb						
do	=	diameter luar shell	=	66	in	=	6	ft
di	=	diameter dalam shell	=	65,0000	in	=	5,4167	ft
H	=	tinggi shell reaktor (Lr)	=	86,13935749	in	=	7,18	ft
ρ	=	densitas dari bahan konstruk	=	493,75	lb/ft³			

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

W_d	=	berat tutup atas dan bawah reaktor, lb					
A	=	luas tutup atas dan bawah standart dishead, ft²					
t	=	tebal tutup	=	3/16	=	0,0156	ft
ρ	=	ρ bahan konstruksi	=	493,75	=	0,2857	lb/in^3

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

L	=	crown radius (r)	=	66	in	=	5,5000 ft
h	=	tinggi tutup reaktoı	=	68,1875	in	=	5,6823 ft

Berat shell reaktor :

$$W_s = \frac{3{,}14}{4} \times (6^2 - 5{,}4167)^2 \times 7{,}18 \times 493{,}75$$

= 2531,0805 lb

= 1148,0906 kg

b. Berat tutup atas dan bawah standart dishead

Rumus :

W_d = A . t . ρ

A = 6,28 . L . h (Hesse, pers. 4-16 hal. 92)

Luas tutup atas dan bawah :

A = 6,28 x 68 x 68,1875

= 29199,081 in²

= 202,77 ft²

Berat tutup atas dan tutup bawah:

W_d = 202,7714 × 0,0156 x 493,75

W_d = 1564,3496 lb × 2 buah

= 3128,6992 lb

= 1419,17 kg

c. Berat tube

Dari tabel 10, kern hal 843 didapatkan:

di = 1,28 in

do = 1 1/2 in

L = 12 ft = 144 in

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

$$= \frac{\pi}{4}\left(1\ 1/2\ {}^{\wedge}2 - 1{,}28\ {}^{\wedge}2\right) \times 144$$

= 144 in

$$= 69{,}1353\ in^3$$

Volume total tube adalah :

$V = V_{bahan} \times$ jumlah tube

$= 69{,}1353 \times 282$

$= 19496{,}1444\ in^3$

Berat tube (W_t)

W_t = Volume tube × ρ

$= 69{,}1353\ in^3 \times 0{,}2857\ lb/in^3$

= 19,751945 lb

= 8,9594 kg

d. Baffle

Diketahui :

Tinggi tube = 12 ft = 144 in

Ids = 65,0000 in

Bs = 19,5000 in

Tebal baffle = 3/16 in

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

$$= \frac{144}{19{,}5}$$

= 7,3846

= 8 buah

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

$$= \frac{\pi}{4}\left(75\% \times 65{,}0000\right)$$

$$= 38{,}2688\ in^2$$

Volume baffle = Luas baffle × t

= 38,26875 × 3/16
= 7,1754 in^3

Berat baffle (W_b) = Volume baffle × ρ
= 7,1754 in^3 × 0,2857 lb/in^3
= 2,0500 lb
= 0,9299 kg

e. Tube sheet

Diketahui :

Luas baffle = 38,2688 in
Tebal baffle = 3/16 in

Luas dari baffle = 75% × luas tube sheet

:

Luas tube sheet (Lts) = $\frac{\text{Luas baffle}}{75\%}$

= $\frac{38,2688}{75\%}$

= 51,0250 in^2

Berat tube sheet (W_{ts}) = 2 × Lts × + Tebal baffle ρ_{bahan}

= 2 × 51,0250 × $\frac{3}{16}$ × 0,2857

= 5,4667 lb
= 2,4797 kg

Maka berat total = ∑W + Pemanas + katalis
= 19,7519 + 3128,6992 + 19,752
= 3168,2031 lb
= 1437,0875 kg

Untuk faktor keamanan (factor safe= 10% maka berat total

W total = 0,1 × berat total
= 0,1 × 3168,2031 lb
= 316,8203 lb
= 143,7088 kg

x. Perancangan Kolom Penyangga

a. Lug (peyangga)

$$P = \frac{4 \times P_W \times (H - L)}{n \times D_{bc}} + \frac{\sum W}{n}$$ (Brownell & Young, pers 10.76 hal 197)

Dimana :

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

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

$$= \frac{1437{,}0875}{4}$$

$$= 359{,}2719 \text{ lb}$$

b. Tekanan kolom support (terhadap sumbu)

Diketahui :

Beban tiap kolom = 359,2719 lb
Tinggi reaktor total (H) = 23,3646 ft

- Menentukan tinggi kolom (L)

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

Dimana :

H = tinggi reaktor = 23,3646 ft

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

$$L = \frac{1}{2} \times 23{,}3646 + 2{,}5$$

$$= 14{,}182 \text{ ft}$$

$$= 170{,}19 \text{ in}$$

Jadi tinggi lug = 14,182 ft = 4,3228 m

- Trial ukuran I-beam

Untuk memilih I-beam ditetapkan 15 in ukuran 15×5 1/2 in, berat 35 lb dengan cara pemasangan I-beam dengan beban eksentrik

Dari App.G brownell and young hal 355 diperoleh :

h = 15 in
b = 5,64 in
Ay = 14,6 in^2

$r_{1\text{-}1}$ = 5,74 in

Maka,

$$\frac{L}{r} = \frac{170{,}19}{5{,}74}$$

= 29,6494 in Untuk (L/r) $\leq$ 120 maka memenuhi

- Stress kompresif yang diizinkan (fc):

$$f_c = \frac{18.000}{1+\left(\frac{L^2}{18.000 \times r^2}\right)}$$

(Brownell & Young, Pers 4.21, hal 67)

$$f_c = \frac{18.000}{1+\left(\frac{L^2}{18.000 \times r^2}\right)}$$

$$= \frac{18000}{1 + \left(\frac{170{,}1875}{18000 \times 5{,}74}\right)}$$

= 13724,586 lb/in^2

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

Kesimpulan I-beam:

a. Ukuran = 15 in

b. Berat = 31,8 lb

Pelekat dengan beban eksentrik

$$\frac{P}{fc} = \frac{359{,}2719}{13724{,}5859}$$

= 0,0262 in^2

c. Perencanaan base plate

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

(herman C.Hess, hal 163)

Bahan base plate = concrete (beton), maka:

tabel 7.7 Herman C. H ess, hal 162

f_{bp} = 600 lb/in^2

- Menentukan luas base plate

$$A_{bp} = \frac{P}{f_{bp}}$$ (Brownell & Young Pers, 10.35 hal.190)

W I-beam

Dimana :

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

P = beban tiap beton

P = beban tiap beton

= P (beban total maksimum + W I-beam × L (tinggi kolom)

= 359,2719 + (15 × 170,1875)

= 2912,0844 lb

Jika f_{bp} = stress pada pondasai = 600 lb/in^2

Sehingga :

$$A_{bp} = \frac{P}{f_{bp}}$$

$$A_{bp} = \frac{2912,0844 \text{ lb}}{600 \text{ lb/in}^2}$$

= 4,8535 in^2

- Menentukan panjang dan lebar base plate

A_{bp} = l × p

Dimana :

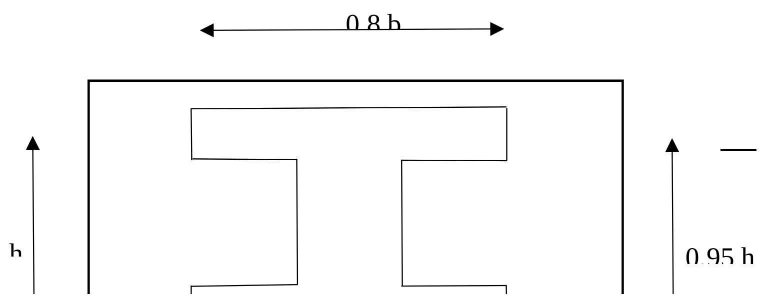
p = panjang base plate = 2n + 0,95 h

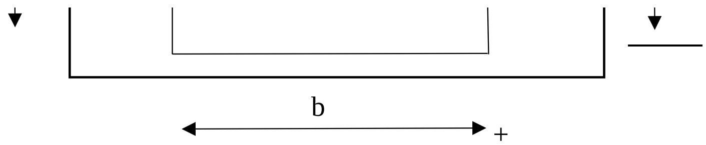
l = lebar base plate = 2m + 0,8 b

Dengan I-beam 12 × 5 diperoleh:

h = 15 in

b = 5,64 in





Dengan mengamsumsikan m = n, maka:

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

$4,85347 = (2n + 0,95 \times 15) \times (2m + 0,8 \times 6)$

$= (2n + 14,3) \times 2m + (5)$

$= 4\ m^2 + 28,5\ m + 18,762$

$0 = 4\ m^2 + 28,5\ m + 13,909$

Dengan menggunakan rumus abc, maka:

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

$$= \frac{-28,5 \pm \sqrt{28,5^2 - (4 \times 4 \times 6)}}{2 \times 4}$$

$$= \frac{-28,5 \pm 22,628699}{8}$$

$m_1 = -3,5625$

$m_2 = 2,82859$

Dengan menggunakan rumus abc diambil m

m = n = 2,8286 ,maka:

- Panjang base plate = 2n + 0,95 h
  $= (2 \times 2,82859) + 0,95 \times 15$
  = 19,907 in
  p = 19,907 in

- lebar base plate = 2m + 0,8 b
  $= (2 \times 2,8286) + ((0,8 \times 6))$ 1
  = 10,169 in
  l = 5 in

2,82859 in × #

Jadi, ukuran base plate adalah 19,9 × 5 in

luas base plate adalah = 19,9 × 5

$= 99,5\ in^2$

- Beban yang ditahan :

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

= 2912,0844 lb

$\overline{}$ 99,535873 in^2

= 29,256632 lb/in^2 < 600 psia (memenuhi)

cek harga m dan n :

- Panjang base plate

  $20 = 2n + (0{,}95 \times 15)$

  $n = 2{,}8$ in

- lebar base plate

  $5 = 2m + (0{,}8 \times 6)$

  $m = 0{,}2$ in

  Karena n < m maka m dijadikan acuan

- Menentukan tebal base plate:

  A baru = 99,5 in^2

  P baru = A baru × fbp

  = 99,5 in^2 × 600 lb/in^2

  = 59722 lb

  $t_{bp} = (1{,}5 \times 10^{-4} \times p \times m^2)^{0{,}5}$

  (Herman C. Hess, pers.7-12 hal163)

  $t_{bp} = (1{,}5 \times 10^{-4} \times p \times m^2)^{0{,}5}$

  $= (1{,}5 \times 10^{-4} \times 59722 \times (0{,}2)^{\wedge 2})^{\wedge 0{,}5}$

  = 0,7303 in

  = 2 in

- Menentukan ukuran baut :

  Beban baut (p) = 2912,0844 lb

  Jumlah baut yang digunakan (n) = 10 buah

  Beban tiap baut = $\frac{p}{n} = \frac{2912{,}0844}{10}$

  = 291,2084 lb

  = 132,09 kg

- Menentukan luas baut:

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

  Dimana :

  Ab = luas baut

  Pb = beban tiap baut

  fs = stress tiap baut maksimal

sehingga :

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

$$= \frac{291{,}2084 \text{ lb}}{7396 \text{ lb/in}^2}$$

$$= 0{,}0393738 \text{ in}^2$$

Dari tabel 10-4 brownell and young hal 188 didapatkan baut 1 1/4 in dengan dimensi:

Ukuran baut	=	1,25	in
Bolt circle (BC)	=	3 1/8	
Jarak radial maksimum (R)	=	1 3/4	
Edge distance (E)	=	1 3/4	
Nut dimensi	=	2	
Radius fillet maksimal	=	9/16	

d. Menentukan dimensi lug dan gusset Digunakan 2 plate horizontal (lug) dan 2 plate vertikal (gusset)

Dari Fig. 10.6, Brownell & Young hal 191 diperoleh :

a. Lebar Lug

A = lebar lug = ukuran baut 9 in
= 1 in + 9
= 10 in

B = jarak antara gusset = ukuran baut
= 1 in + 8 in
= 9

L = lebar gusset = 2(lebar kolom - 0,5 × ukuran baut)
= 2 (5 - 0,5 × 1)
= 9 in

e. Lebar Gusset

Lebar lug ata = a = 0,5 (L + ukuran baut)
= 0,5 (9 + 1)
= 5 in

Perbandingan tebal base plate = $\frac{B}{L}$ = $\frac{9}{9}$ = 1,0000

Dari tabel 10.6 brownell and young hal 192 didapatkan γ_1 = 0,565

e = 0,5 × nut dimension

= 0,5 × 2
= 1 in

f. Tebal Plate Horisontal (Lug)
Menentukan maksimum bending moment sepanjang sumbu radial

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

(Brownell & Young Pers. 10-40 hal 192)

Dimana :

P	=	beban tiap baut	=	2912,08438 lb
μ	=	poisson's ratio	=	0,33 (untuk shell)
L	=	panjang horizontal plate bawah	=	9 lb
e	=	nut dimension	=	2 in
Do	=	0,303		

Jadi :

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

$$= \frac{2912,0844}{3,14 \times 4} \times \left[(1 + 0,33) \ln \frac{2 \times 9}{3,14 \times 2} + (1 - 0,57)\right]$$

= 142,3604 lb.in

My disubtitusikan ke persamaan 10.41, hal 193, Brownell diperoleh :

$$thp = \sqrt{\frac{6 \text{ x } M_y}{f}}$$ (Brownell & Young Pers, 10.41. hal 193)

Dimana :

thp = tebal horizontal plate

$$thp = \sqrt{\frac{6 \text{ x } M_y}{f}}$$

$$= \sqrt{\frac{6 \times 142,3604}{14950}}$$

= 0,239028438

Maka digunakan plate steel dengan tebal = 0,239028438

Dari Fig. 10.6 Brownell & Young hal 191 diperoleh :

f. Tebal Plate Vertikal (Gusset)

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

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

(Brownell & Young, pers 10.47 hal 194)

Dimana :

thp = tebal horizontal plate

$$\text{gusset min} = \frac{3}{8} \times \text{thp}$$

$$= \frac{3}{8} \times 0{,}2390$$

$$= 0{,}0896 \times \frac{16}{16} = \frac{3}{16} \text{ in}$$

g. Tinggi Gusset

hg = A + ukuran baut

= 10,00 + 1

= 11 in

h. Tinggi Lug

Tinggi Lug = hg + 2 thp

= 11,000 + 2 × 0,2390

= 11,4781 in

Kesimpulan perencanaan lug dan gusset :

a. Lug
- Lebar = 10,000 in
- Tebal = 0,239 in
- Tinggi = 11,478 in

b. Gusset
- Lebar = 5,000 in
- Tebal = 0,1875 in
- Tinggi = 11,000 in

y. Menentukan 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 = 1437,0875 kg = 3168,2031 lb

b. Beban yang harus ditanggung tiap kolom

Rumus :

W_{bp} = p . l . t . ρ

Dimana :

p	=	panjang base plate	=	20	in	=	1,6589	ft
l	=	lebar base plate	=	5	in	=	0,4167	ft
t	=	tebal base plate	=	0,7303	in	=	0,0609	ft
ρ	=	densitas dari bahan konstruk	=	493,75	lb/ft³			

Beban yang ditanggung tiap kolom :

W_{bp} = p . l . t . ρ

W_{bp} = 1,6589 × 0,4167 × 0,0609 × 493,75

= 20,7704 lb

c. Beban tiap penyangga

Rumus :

W_p = L . A . F. ρ

Dimana :

L	=	tinggi kolom	=	14,1823	ft			
A	=	luas kolom I beam	=	0,0262	in²	=	0,0002	ft²
F	=	faktor koreksi	=	3,4				
ρ	=	densitas dari bahan konstruk	=	493,75	lb/ft³			

- Luas (A) yang dibutuhkan :

$$\frac{P}{fc} = \frac{359,2719}{\#\#\#\#\#\#\#\#\#}$$

$$= 0,0262 \text{ in}^2$$

Beban tiap penyangga :

W_p = L . A . F. ρ

W_p = 14,1823 × 0,0262 × 3,4 × 493,75

= 623,2416 lb

d. Beban total

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

= 3188,9997 lb

Gaya yang bekerja pada pondasi dianggap sebagai gaya vertikal berat total kolom , sedangkan bidang kerja dianggap bujur sangkar

Perencanangan ukuran sebagai berikut :

- Luas atas = 40 × 40 in = 1600 in
- Luas bawah = 60 × 60 in = 3600 in
- Tinggi = 75 in

• Luas permukaan tanah rata-rata :

$$A = \frac{\text{luas atas} + \text{luas bawah}}{2} \times \frac{\text{luas atas} + \text{luas bawah}}{2}$$

$$= \left\{ \left(\frac{40 + 60}{2} \right) \times \left(\frac{40 + 60}{2} \right) \right\}$$

= 2500 in^2 ft^3

= 17,3611 ft^2

Volume pondasi :

V = A × t

= 2500 × 75

= 187500 in^3 = 108,506

• Berat pondasi :

W = V × ρ

Dimana :

ρ = denseitas wet gravel = 126 lb/ft^3

(Tabel 3-118 Perry edisi 6)

Maka :

W = V × ρ

W = 108,51 × 126

= 13671,788 lb

= 6201,4821 kg

• Tekanan tanah :

Asumsi atas pondasi berupa cemend sand gravel

- Save bearing minimur = 5 ton/ft^2
- Save bearing maximu = 10 ton/ft^2

Berat total pondasi (Wpondasi)

Wtotal = berat beban total + berat pondasi

= 3188,9997 + 13671,7875

= 16860,787 lb

= 7648,0029 kg

Kemampuan tekanan tanah sebesar :

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

$$= 77,7778 \text{ lb/in}^2$$

Tekanan pada tanah :

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

Dimana :

- W = berat beban total + berat pondasi
- A = luas bawah pondasi = (60 x 60) in² = 3600 in^2

Sehingga :

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

$$P = \frac{3188,9997 + 13671,7875}{3600}$$

$$P = 4,6836 \text{ lb/in}^2 < 77,77777778 \text{ lb/in}^2$$

Karena tekanan yang diberikan tanah le 1600

menahan pondasi, maka pondasi dengan ukuran (40 x 40) in untuk luas atas dan (60 x 60) in untuk luas bawah dengan tinggi pondasi 75 in dapat digunakan.

Kesimpulan pondasi :

- Luas atas = 40 × 40 in = 1600 in2
- Luas bawah = 60 × 60 in = 3600 in3
- Tinggi = 75 in
- badan kontruksi cemented sand and gravel

Kesimpulan spesifikasi Reaktor

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi dehidrasi etanol dengan bantuan katalis alumina

Type : Multitube Reaktor

Bentuk : bejana tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standart dished

Jumlah : 1 Buah

1. Dimensi Reaktor

a. Bagian tube

-	Bahan konstruks	=	High alloy steel SA 240 grade M Type 316	
-	Ukuran	=	3 sch 40	
-	Susunan pipa	=	triangular pitch	
-	ID	=	2,067	in
-	OD	=	2,380	in
-	Nt	=	282	buah
-	P_T	=	2,9750	in
-	C'	=	0,5950	in
-	A	=	3,8323	in^2

b. Bagian silinder (shell)

-	Bahan konstruks	=	High alloy steel SA 240 grade M Type 316	
-	di	=	65,0000	in
-	do	=	66	in
-	ts	=	3/16	in

c. Bagian tutup reaktor

-	Tutup	=	standard dished head	
-	tha	=	3/16	in
-	thb	=	3/16	in
-	ha	=	68,188	in
-	hb	=	68,188	in

2. Dimensi Nozzle

a. Nozzle pemasukan umpan etanol

Size	=	16	in
OD of pipe	=	16	in
Flange Nozzle thickness (n)	=	2,000	in
Diameter of hole in reinforcing plate (DR)	=	16 1/8	in
Length of side of reinforcing plate, L	=	35	in
Width of reinforcing plate, W	=	42,875	in
Distance, shell to flange face, outside, J	=	10	in
Distance, shell to flange face, inside, K	=	8	in
Distance from Bottom of tank to center of nozzle			
* Regular, Type H	=	20	in
* Low, Type C	=	17 1/2	in

b. Nozzle pengeluaran produk

Size	=	16	in
OD of pipe	=	16	in
Flange Nozzle thickness (n)	=	2,000	in
Diameter of hole in reinforcing plate (DR)	=	16 1/8	in
Length of side of reinforcing plate, L	=	35	in
Width of reinforcing plate, W	=	42 7/8	in
Distance, shell to flange face, outside, J	=	10	in

Distance, shell to flange face, inside, K	=	8	in
Distance from Bottom of tank to center of nozzle			
* Regular, Type H	=	20	in
* Low, Type C	=	17 1/2	in

c. Nozzle pemasukan pemanas dan pengeluaran pemanas

Size	=	18	in
OD of pipe	=	18	in
Flange Nozzle thickness (n)	=	2,000	in
Diameter of hole in reinforcing plate (DR)	=	18 1/8	in
Length of side of reinforcing plate, L	=	39	in
Width of reinforcing plate, W	=	47 5/8	in
Distance, shell to flange face, outside, J	=	10	in
Distance, shell to flange face, inside, K	=	8	in
Distance from Bottom of tank to center of nozzle			
* Regular, Type H	=	22	in
* Low, Type C	=	19 1/2	in

3. Flange, Bolt dan Gasket dari Vessel

a. Bagian Flange

Bahan	=	High alloy steel SA 240 grade M Type 316
Tebal	=	2 in
OD	=	68 in
Type flange	=	Ring flange loose type

b. Bagian Bolting

Bahan	=	Carbon steel SA 261 grade BO
Ukuran	=	1 in
Jumlah	=	10 buah
Bolt circle diameter (C)	=	68,3 in
Jarak dari tepi	=	1,06 in
jarak radial minimum	=	1,38 in

c. Bagian Gasket

Bahan	=	Solid flat metal
Tebal	=	$\frac{1}{6}$ in
Lebar	=	0,1878 in

4. Sistem Penyangga

- Jenis = Kolom I beam
- Jumlah = 4 buah

- Panjang (L) = 170,1875 in
- Ukuran I beam = 12 × 5 in^2
- Area of section (Ay) = 14,6 in^2
- Depth of beam (h) = 15 in
- Width of flange (b) = 6 in
- Axis (r) = 5,74 in

5. Base Plate

- Panjang (p) = 19,907175 in
- Lebar (l) = 5 in
- Tebal (t) = 2 in
- Bahan = Cast iron
- Root area = 3,715 in
- Ukuran baut = 1,25 in
- Bolt circle (BC) = 3 1/8
- Jarak radial maksimum (F = 1 3/4
- Edge distance (E) = 1,75
- Nut dimensi = 2
- Radius fillet maksimal = 9/16

6. Perencanaan lug dan gusset :

a. Lug
- Lebar = 10,000 in
- Tebal = 0,239 in
- Tinggi = 11,478 in

b. Gusset
- Lebar = 5,000 in
- Tebal = 0,188 in
- Tinggi = 11,000 in

7. Sistem Pondasi

- Luas atas = 40 × 40 in
- Luas bawah = 60 × 60 in
- Tinggi = 75 in
- Bahan = Sement Sand dan Gravel
- Luas permukaan tanah rata-r = 2500 in^2