

## **BAB XI**

### **TUGAS KHUSUS**

#### **ADSORBER**

##### **11.1 Pendahuluan**

Kolom adsorpsi yang banyak digunakan adalah berbentuk kolom *fix bed* dengan isian kolom yang bertumpuk berantakan. Hal ini menyulitkan pada saat pembersihan dan pengisian adsorben, selain itu tumpukan adsorben yang tidak teratur akan menghambat proses aliran fluida yang ingin dimurnikan. Beberapa desain kolom adsorpsi terdahulu masih menggunakan sistem satu kolom secara utuh dengan ketinggian tertentu dan bahan isian dimasukkan secara sembarang.

Desain kolom adsorpsi yang dirancang oleh Katherine dan Arie (2016) masih menggunakan kaca yang ringkih dan berbentuk satu kolom vertikal sepanjang 30 cm dengan diameter 4 cm. Pembersihan kolom harus membongkar seluruh isi adsorben yang ada di kolom dan bentuk seperti ini tidak bisa dikustomisasi baik dari segi dimensi maupun kemudahan scale-up. Mutiari dkk., (2013) menggunakan kolom adsorpsi dengan metode penukaran ion melalui resin untuk pemurnian biogas menggunakan satu kolom vertikal berbahan *stainless steel* 304 dengan diameter 254 mm dan tinggi 1350 mm. Bahan ini secara durabilitas sangat baik, namun dari segi portabilitas cukup berat dan sangat tinggi dalam biaya pembuatannya.

Hal serupa juga seperti kolom adsorpsi yang didesain oleh Rambe dkk., (2018) untuk adsorpsi gas H<sub>2</sub>S limbah pabrik kelapa sawit, menggunakan satu dua kolom vertikal berbahan *stainless steel* dengan tinggi 5,6meter dan diameter 4 cm. Cukup sulit

Ketika ingin dilakukan pembersihan dan pemindahan alat. Lutfi dkk., (2018) membuat desain kolom adsorpsi yang dapat dikustomisasi dalam bentuk bak penyaringan horizontal dengan susunan berundak yang digunakan untuk pemurnian limbah cair batik tulis. Kolom adsorpsi tersebut memiliki sistem yang membuatnya dapat melakukan pembersihan dan regenerasi adsorben secara parsial.

Jumlah bak dapat disesuaikan dengan tingkat adsorpsi yang diinginkan, namun harus mempertimbangkan desain dudukan dari bak tersebut. Desain tersebut karena berbentuk horizontal sehingga membutuhkan ruangan yang lebih besar dibandingkan dengan kolom berbentuk vertikal. Tujuan penelitian secara umum adalah untuk merancang desain alat pemurnian biodiesel menggunakan prinsip dasar metode adsorpsi. Karakteristik dari alat yang dirancang adalah pengguna dapat menyesuaikan jumlah adsorben yang digunakan dengan memanfaatkan bentuk rancang bangun alat yang portable dan dapat dibongkar pasang. Alat ini dapat memberi manfaat dari segi portabilitas, daya jera, kemudahan pengaplikasian dan pemeliharaan alat.

## 11.2 Perhitungan Spesifikasi Adsorber

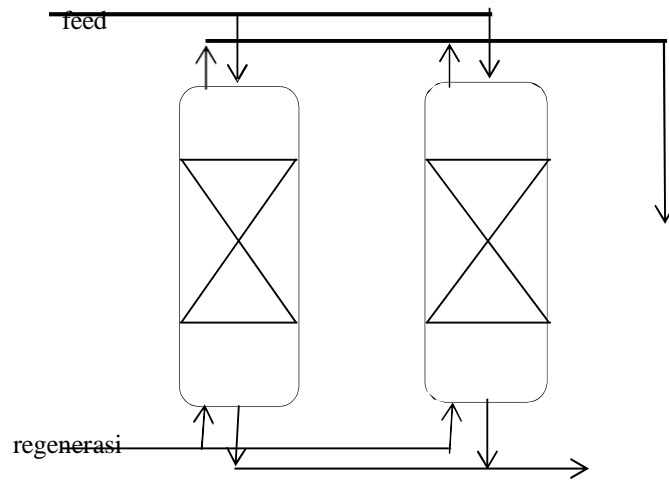
|                  |  |
|------------------|--|
| Kode             | : AD-01  |
| Fungsi           | : Menghilangkan Kandungan Air dari Glicerol .  |
| Jenis            | : <i>Fixed Bed Adsorber</i> .  |
| Alasan pemilihan | : Umum digunakan untuk adsorpsi fase <i>liquid</i> dan tidak memerlukan alat separasi dengan volume yang besar (Mc. Cabe, 1999; hal 232) |
| Bentuk           | : Silinder tegak dengan isian $\text{CaCl}_2$  |

dengan tutup atas dan bawah

*torispherical*.

Resin

:  $\text{CaCl}_2$



Gambar. 11.1 Adsorber 01

Kondisi operasi :

Suhu : 30 °C

Tekanan : 1 atm

a. Umpan masuk

| Komponen     | Input<br>1       |               | Output<br>2       |                     |
|--------------|------------------|---------------|-------------------|---------------------|
| C3H8O3       | 16.154,4469      | kg/jam        |                   | 16.154,44688 kg/jam |
| H2O          | 81,178125        | kg/jam        | 81,17813          | Kg/jam              |
| <b>Total</b> | <b>16.235,63</b> | <b>kg/jam</b> | <b>16.235,625</b> | <b>kg/jam</b>       |

Diperoleh :

$$\rho_{\text{mix}} = \frac{1}{\rho} = \sum \frac{X_i}{\rho_i} \quad (\text{R.K. Sinnott 238})$$

$$= 1.242,1269 \quad \text{kg/m}^3$$

$$= 77,54345 \quad \text{lb/ft}^3$$

b. Data fisis

Jenis resin : *Calcium chloride*

Nama Senyawa : *Calcium chloride*

Rumus Molekul : CaCl<sub>2</sub>

Berat Molekul : 110,984

|   |  |
|---|--|
| Bentuk                                    | : <i>Granular , heksahidrat</i>                          |
| <i>Particle Density</i> ( $\rho_p$ )      | : $1,71 \text{ g/cm}^3 = 1710 \text{ kg/m}^3$            |
| <i>Bulk Dry Density</i> ( $\rho_b$ )      | : $1710 \text{ kg/m}^3$                                  |
| Diameter rata-rata pori                   | : $15 \text{ \AA}$                                       |
| Diameter partikel ( $D_p$ )               | : $8,5 \text{ mm} = 0,0085 \text{ m} = 0,029 \text{ ft}$ |
| <i>Internal porosity</i> ( $\epsilon_p$ ) | : $0,8893$   |
| Void fraction, $\epsilon$                 | : $0,35$   |
| <i>Sorptive capacity</i>                  | : $0,98 \text{ kg / kg adsorbent}$                       |

(Purolite.com)

## 1. Menentukan Diameter adsorber

### a. Menentukan porositas resin

*Calcium chloride* yang digunakan berbentuk granular dengan *sphericity*,  $\psi = 0,65$  (Purolite.com)

Dari fig. 223, hal 214; Brown, 1956 untuk partikel dengan  $\psi = 0,65$ , dan *normal packing* maka diperoleh porositas,  $X = 0,5$ .

### b. Menentukan faktor bilangan reynold, $F_{Re}$ dan faktor-faktor friksi, $F_f$

Dari fig. 219, hal 211; Brown, 1956 dengan  $X = 0,5$  dan  $\psi = 0,65$ , diperoleh :

$$F_{Re} = 48 \qquad F_f = 1.400$$

c. Menentukan permeabilitas,

$$K : \frac{g_c D_p^2}{32} \cdot \frac{F_{Re}}{F_f} \quad (\text{pers. 172, hal 217; Brown, 1956})$$

Keterangan :

K : permeabilitas

$g_c$  : faktor gravitasi = 32,2

$D_p$  : diameter partikel, ft

$F_{Re}$  : faktor bilangan reynold

$F_f$  : faktor – faktor friksi

K = 2,68167E-05

d. Menentukan kecepatan superficial,  $v$

$$v : \frac{K_p}{\mu} \quad (\text{pers. 171a, hal 217; Foust, 1956})$$

Keterangan :

$v$  : kecepatan superficial, fps

$\rho$  : densitas *liquid* (lb/ ft<sup>3</sup>)

$\mu$  : viskositas *liquid* (cp)

$v = 0,001988$  fps

$= 0,00646102$  m/s

$= 21,6882432$  m/ jam

e. Menentukan laju alir volumetrik, Q

$$Q = \frac{F}{\rho f}$$

$$= 13,0708 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,003630 \text{ m}^3/\text{s}$$

f. Menentukan bilangan reynold

$$\text{Re} = \frac{\rho v_s}{\mu \psi A_p}$$

Dimana,

$$A_p = \text{external surface of solid particle } (40\text{ft}^2 = 4,0341\text{m}^2)$$

(Purolite.com)

$$\mu = 0,00114 \text{ kg/m.s}$$

$$\text{Re} = 1508.6957$$

g. Mencari tinggi tumpukan adsorbent

Persamaan desain :

$$t = \frac{k_d \rho_b}{k_L A_p} \tau + \frac{Z}{v_s / \varepsilon} \quad (\text{hal 505; Wallas, 1990})$$

$$\frac{Z}{v_s / \varepsilon} = t - \frac{k_d \rho_b}{k_L A_p} \tau$$

$$Z = \left( t - \frac{k_d \rho_b}{k_L A_p} \tau \right) \frac{v_s}{\varepsilon}$$

$$t = 3,5 \text{ menit (Michelle Lidya, dkk 2012)}$$

$$k_d = \frac{\text{saturated content}}{w_{\text{solute}}/Q}$$

$$= 0,157793856 \text{ m}^3/\text{kg adsorbent}$$

$$\rho_b = 1710 \text{ kg/m}^3$$

untuk 1 butir *Calcium chloride* dengan  $d_p = 0,0085 \text{ m}$

jika bentuk *Calcium chloride* granular dengan asumsi  $L = d_p$ , maka :

$$V/\text{ butir Senyawa} = \pi/4 d_p^2 L$$

$$= 4,82 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$\text{Pengotor yang akan diadsorb} = 81.178125 \text{ kg/jam}$$

$$= 58448.25 \text{ kg (1 bulan = 720jam)}$$

$$\text{Kemampuan adsorpsi} = 0,98 \text{ kg pengotor/ kg adsorbent}$$

$$\text{Banyak adsorben} = 79.5545625 \text{ kg adsorbent/jam}$$

$$= 57279.285 \text{ kg (1 bulan = 720 jam)}$$

$$\text{Volume adsorber} = \frac{\text{massa adsorbent}}{\text{bulk density adsorbent}}$$

$$= 0,046 \text{ m}^3 = 1,643 \text{ ft}^3$$

$$\text{Banyak butir adsorben} = 96.503,38507 \text{ butir}$$

$$\text{Total Ap} = 96.503,38507 \text{ butir} \times 4,0341 \text{ m}^2$$



$$= 389304.3057 \text{ m}^2$$

h. Penentuan  $k_L$

$$\text{Senyawa} = k_L \times \Delta C \quad (\text{tabel 3.1, hal 49; Treyball, 3}^{\text{rd}} \text{ Ed, 1980})$$

$$\text{Senyawa} = \frac{\text{moles transferred}}{(\text{area})(\text{time})\left(\frac{\text{mol}}{\text{vol}}\right)}$$

$$\text{BM Senyawa} = 110.984 \text{ kg/ kgmol}$$

$$\text{Moles transferred} = 3,3059 \text{ kmol (1 bulan)}$$

$$\text{Time} = 720 \text{ jam}$$

$$\text{Senyawa Adsorber} = 0.054840536 \text{ kmol/ m}^3$$

$$\text{Senyawa} = 0.117772164 \text{ kmol/ m}^2 \cdot \text{Jam}$$

$X_A$  sebelum teradsorb di dalam solven,  $X_{A1}$  :

$$\text{Kmol} = 0,3402 \text{ kg/ } 74,0930 = 0,0046 \text{ kmol/ jam}$$

$$= 3,3059 \text{ kmol (1 bulan)}$$

$$X_{A1} = 0,0004 \text{ kmol/ m}^3$$

$X_A$  sisa sesudah teradsorb di dalam solven,  $X_{A2}$  :

$$\text{Kmol} = 0 \text{ kmol/ jam}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0 \text{ kmol ( 1 bulan)} \\
 &= 0 \text{ kmol/ m}^3 \\
 C_{A2} & \\
 K_L &= 2.147538535 \text{ kmol/ m}^2 \cdot \text{jam} \\
 C_{A2}/C_{A1} &= 0 \\
 \tau &= 2 \quad (\text{Fig. 15.13, hal 504; Wallas, 1990}) \\
 Z &= 0.949767761 \text{ m} \\
 \text{Over design 10 \%} & \\
 Z = H \text{ standar} &= 1,044744537 \text{ m} = 3,43 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

i. Menentukan total fraksi kosong dalam *fixed bed* ( $\epsilon_b$ )

$$\begin{aligned}
 \epsilon_b &= \epsilon + (1-\epsilon) \times \epsilon_p \quad (\text{pers. 16.4, hal 16-11; Perry 7}^{\text{th}} \text{ Ed, 1999}) \\
 &= 0,20231575
 \end{aligned}$$

j. Menentukan *pressure drop* ( $\Delta P$ ) adsorber

$$\Delta P = Z \left( 150 \frac{1-\epsilon_b}{Re} + 1,75 \right) \left( \frac{\rho v}{g_c d_p} \frac{1-\epsilon_b}{s b^3} \right)$$

(pers. 6.66, hal 200; Treyball, 1980)

Keterangan :

|              |                                   |                            |
|--------------|-----------------------------------|----------------------------|
| $\epsilon_b$ | : fraksi kosong dalam fixed bed   | = 0,20231575               |
| $d_p$        | : diameter partikel               | = 0,0085 m                 |
| $v$          | : kecepatan superficial           | = 21,688 m/s               |
| $Re$         | : bilangan reynold                | = 8.325.489,3131           |
| $\rho$       | : densitas fluida                 | = 1.710 kg/ m <sup>3</sup> |
| $g_c$        | : faktor konversi gravitasi       | = 9,8066                   |
| $Z$          | : tinggi                          | = 1,0447 m                 |
| $\Delta P$   | = 5661.626087 kg/m.s <sup>2</sup> |                            |
|              | = 0,0559 atm = 0,821131 psi       |                            |

k. Perhitungan tekanan adsorber

Kondisi operasi : P = 1 atm = 14,7 psi

T = 30°C

*Over design factor* = 10% (Wallas, 1988; hal 623)

P desain = 1,1 x 14,7 psi

= 16,17 psi = 1,1 atm

l. Menentukan Luas Penampang Adsorber (A)

$$A = \frac{Q}{v}$$

dimana ; Q = Laju Alir Volumetrik (m<sup>3</sup> / Jam)

v = Kecepatan Superficial ( m / Jam)

$$A = 0,602668724 \text{ m}^2/\text{jam}$$

m. Menentukan diameter adsorber

$$\text{Volume Adsorber} = 1,22 \text{ m}^3$$

$$\pi/4 D^2 Z = 1,22 \text{ m}^3$$

$$D = 0,4514 \text{ m} = 1,48\text{ft} = 17,7716 \text{ in}$$

$$D \text{ standar} = 2 \text{ ft} = 24 \text{ in} = 0,6096 \text{ m}$$

## 2. Menentukan tebal tangki

$$t_s = \frac{p \times r_i}{f \times E - 0,6 \times p} + C \text{ (Brownell, 1959; pers 13.1, hal 254)}$$

keterangan :

$f$  : *allowable stress* (18.750 psi)

$r_i$  : jari-jari dalam tangki (90 in)

$E$  : efisiensi pengelasan (80%, *double welded joint*)

Brownell, 1959; tabel 13.2, hal 254

$C$  : faktor korosi (0,25 in) Timmerhaus 5<sup>th</sup> Ed, 2003; hal 542

$$t_s = 0,347 \text{ in}$$

Maka digunakan tebal standard  $3/8$  in (Brownell, 1959; tabel 5.7, hal 90)

Dari tebal *shell* yang telah diperoleh, maka diameter luar dapat dihitung dengan:

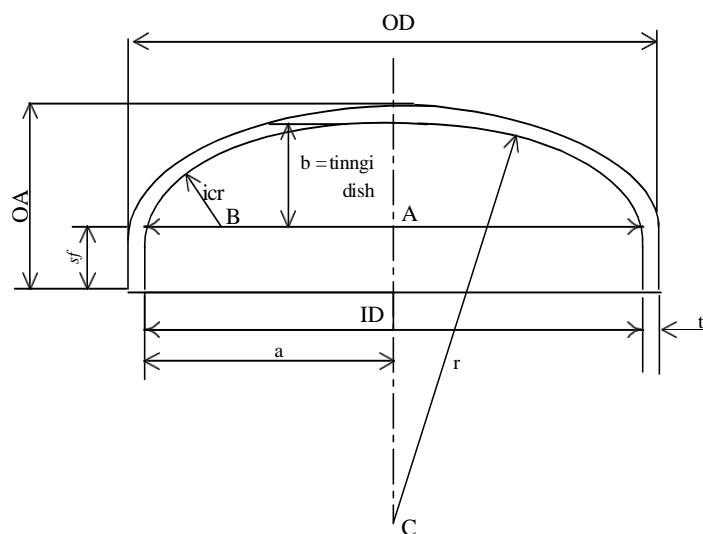
$$\begin{aligned} \text{OD} &= 2 t_s + \text{Di} \\ &= 2 (0,375) + 24\text{in} \\ &= 24,75 \text{ in} = 2,0625 \text{ ft} = 0,6287 \text{ m} \end{aligned}$$

Digunakan  $\text{OD}_{\text{standar}} = 26 \text{ in}$

### 3. Perancangan head tangki

Bentuk : *torispherical dished head*

Alasan pemilihan : sesuai untuk tangki vertikal bertekanan rendah 15-200 psi (Brownell, 1959; hal 88)



Gambar C.21. Dimensi *Torispherical Dished Head*

Dari tabel 5.7, hal 90; Brownell, 1959, untuk  $\text{OD} = 26\text{in}$

Inside corner radius,  $\text{icr} = 1 \frac{5}{8} \text{ in}$

Jari-jari crown,  $\text{rc} = 24 \text{ in}$

#### 4. Menentukan tebal *head*

$$t_h = \frac{p \times r e \times x}{2 \times f \times E \times 0,2 \times p} + C \quad (\text{Brownell, 1959; pers 7.77, hal 138})$$

$$\text{dimana } w = \frac{1}{4} (3 + \sqrt{rc/icr}) \quad (\text{Brownell, 1959; pers 7.76, hal 138})$$

$$w = 0,7903 \text{ in}$$

$$t_h = 0,317$$

Maka digunakan tebal standard 3/8 in (Brownell, 1959; tabel 5.7, hal 90)

#### 5. Menentukan tinggi *head*, OA

$$rc - \sqrt{(irc - icr)^2 - \left(\frac{ID}{2} - icr\right)^2}$$

$$b = 3,5794 \text{ in}$$

Dari tabel 5.6 hal 88, Brownell, 1959, untuk  $t_h$  3/8 in, maka nilai  $sf = 1,5$ -3

dipilih panjang *straight flange*,  $sf = 3 \text{ in} = 0,25 \text{ ft}$

Tinggi *dished head* (OA) =  $b + sf + t_h$

$$= 3,5794 \text{ in} + 3 \text{ in} + 0,375 \text{ in}$$

$$= 6,9544 \text{ in} = 0,1766 \text{ m} = 0,5795 \text{ ft}$$

$$H_T = H_s + \text{tinggi distributor} + 2 H_{\text{dished head}}$$

$$= 8 \text{ ft} + (0,2 \times 8 \text{ ft}) + (2 \times 0,5795 \text{ ft}) = 10,7590 \text{ ft}$$

$$= 3,2793 \text{ m} = 129,108 \text{ in}$$

#### 6. Penyangga tumpukan adsorban (*Bed support/Grid support*)

*Grid support* dirancang untuk menyangga adsorban agar mencegah kelebihan *pressure drop*. Yang biasa digunakan adalah piringan yang berlubang-lubang

(*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 ketebalan tertentu. Tekanan yang harus ditahan oleh *bed support* = tekanan operasi + tekanan karena katalis

a. tekanan operasi

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

b. tekanan karena adsorban

$$\begin{aligned} \text{Tekanan karena adsorban} &= \frac{\text{berat adsorban}}{A} \\ &= 2.024 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

*Perforated plate* yang digunakan mempunyai lubang dengan luas sama dengan 50 % luas *area*. Tebal *plate* dihitung dengan persamaan (13.27 Brownell & Young, 1959)

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

dengan

t = tebal minimum *plate*, in

d = diameter *plate*, in

P = tekanan perancangan, psi

f = maksimum *allowable stress*, psi

$C'$  = konstanta dari app H (Brownell & Young)

$C$  = *Corrosion allowance*, in

$P_{design}$  = 16,17 psi

Bahan konstruksi seperti yang digunakan sebagai bahan *shell* yaitu *Carbon Steel SA 283* dengan spesifikasi yaitu *allowable stress* = 12.650 psi dan *corrosion allowance* = 0,125 inchi

$t = 1,298$  in

diambil tebal standart = 1 3/8 in

## 7. Desain Perpipaan dan *Nozzle*

### a. Pipa umpan

Digunakan pipa dengan diameter optimum sebagai berikut :

Diameter optimum,  $d = 260 G^{0,52} \rho^{-0,37}$  (Pers. 5.15 Coulson, Vol.6)

Data perhitungan :

Laju alir massa,  $G$  = 16.235,625 kg/jam = 4,509 kg/s

Densitas campuran,  $\rho_{mix}$  = 1.242,1269 kg/m<sup>3</sup> = 77,5434 lb/ft<sup>3</sup>

Viskositas campuran,  $\mu_{mix}$  = 5.08E+02 cp = 0,63 kg/m.s

Aliran adalah turbulen,  $N_{Re} > 2100$

Maka :

Diameter optimum,  $D_{opt.} = 260 G^{0,52} \rho^{-0,37}$

= 38,7538 mm = 1,5 in

Dipilih : (Appendiks A.5, Geankoplis, 1993 :892)

*Nominal pipe standar (NPS)* = 1,5 in



$$\begin{aligned}
 \text{Sch. Number} &= 40 \text{ (standar)} \\
 \text{Diameter dalam, ID} &= 1,6 \text{ in} = 0,04 \text{ m} \\
 \text{Diameter luar, OD} &= 1,9 \text{ in} = 0,05 \text{ m} \\
 \text{Bilangan Reynold, } N_{Re} &= \frac{\rho_{\text{mix}} \text{ ID } v}{\mu_{\text{mix}}} \\
 &= 1.709,69
 \end{aligned}$$

b. Pipa output

Digunakan pipa dengan diameter optimum sebagai berikut :

$$\text{Diameter optimum, } d = 260 G^{0,52} \rho^{-0,37} \quad (\text{Pers. 5.15, Coulson, Vol.6})$$

Data perhitungan :

$$\text{Laju alir massa, } G = 16.235,625 \text{ kg/jam} = 4.5 \text{ kg/s}$$

$$\text{Densitas campuran, } \rho_{\text{mix}} = 1.242,1269 \text{ kg/m}^3 = 77,6476$$

$$\text{lb/ft}^3 \text{ Viskositas campuran, } \mu_{\text{mix}} = 5.08\text{E}+02 \text{ cp} = 0,63 \text{ kg/m.s}$$

Aliran adalah turbulen,  $(N_{Re}) > 2100$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter optimum, } d &= 260 G^{0,52} \rho^{-0,37} \\
 &= 38,77 \text{ mm} = 1,5266 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dipilih : (Appendiks A.5, Geankoplis, 1993 :892)

$$\text{Nominal pipe standar (NPS)} = 1,5 \text{ in}$$

$$\text{Sch. Number} = 40 \text{ (standar)}$$

$$\text{Diameter dalam, ID} = 1,6 \text{ in} = 0,0409 \text{ m}$$

$$\text{Diameter luar, OD} = 1,9 \text{ in} = 0,0483 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bilangan Reynold, } N_{Re} &= \frac{\rho_{\text{mix}} \text{ ID } v}{\mu_{\text{mix}}} \\
 &= 1.709,693379
 \end{aligned}$$

Spesifikasi *nozzle* berdasarkan Appendiks F, Brownell & Young (1959) dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel F.4. Spesifikasi Nozzle**

| <i>Nozzle</i> | NPS (in) | OD pipa (in) | L (in) | D <sub>R</sub> (in) | n (in) | J (in) |
|---------------|----------|--------------|--------|---------------------|--------|--------|
| Pipa umpan    | 1,5      | 1,9          | 10     | 3,625               | 0,3    | 6      |
| Pipa output   | 1,5      | 1,9          | 10     | 3,625               | 0,3    | 6      |

## 8. Menghitung Berat Adsorber

$$\rho_{\text{stainless}} = 489 \text{ lb/ft}^3 \quad (\text{App.D Item 3 Brownell \& Young, 1959 : 341})$$

### a. Berat dish

$$\text{OD dish} = 61 \text{ in} = 1,549 \text{ m}$$

$$\text{Panjang straight flange} = 2 \text{ in}$$

$$\text{Inside corner radius} = 3,625 \text{ in}$$

$$\text{Ketebalan dish (t}_d\text{)} = 0,1875 \text{ in} = 0,0156 \text{ ft}$$

Untuk  $t < 1 \text{ in}$  ( $t = 3/4 \text{ in}$ ) perkiraan *blank diameter* ( $b_d$ ) adalah :

$$\begin{aligned} b_d &= \text{OD} + \frac{\text{OD}}{42} + 2 \times \text{sf} + \frac{2}{3} \times \text{icr} \\ &= 68,869 \text{ in} = 5,739 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume dish} &= \frac{1}{4} \times \pi (b_d)^2 \times t \\ &= 0,404 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat dish} &= \text{Volume dish} \times \rho_{\text{stainless}} \\ &= 197,553 \text{ lb} = 89,608 \text{ kg} \end{aligned}$$

### b. Berat shell

$$\text{Diameter dalam shell, ID} = 24 \text{ in} = 0,6096 \text{ m}$$

$$\text{Ketebalan shell, t}_s = 0,347 \text{ in} = 0,009 \text{ m}$$

$$\text{Diameter luar shell, OD} = 24,75 \text{ in} = 0,6287 \text{ m}$$

$$\text{OD dibulatkan menjadi} = 26 \text{ in} = 0,7 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi shell, (Hs)} = 129,108 \text{ in} = 3,279 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume shell tanpa dish} &= \frac{1}{4} \pi \times H_s \times (\text{OD}^2 - \text{ID}^2) \\ &= 0,2397 \text{ m}^3 = 8,56 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Shell Total} &= \text{Volume Shell tanpa dish} + (2 \times \text{Volume dish}) \\ &= 8,56 + (2 \times 0,404) \\ &= 9,368 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat shell} &= \text{Volume shell} \times \rho_{\text{stainless}} \\ &= 4.186,324 \text{ lb} = 1.883,85 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### c. Berat aksesoris

- Berat pipa

Perhitungan berat pipa berdasarkan Fig.12.2, hal. 221 Brownell & Young (1959) sebagai berikut :

| No    | Pipa                  | Ukuran Pipa (in) | Berat Pipa (lb) |
|-------|-----------------------|------------------|-----------------|
| 1     | Pipa umpan            | 1,5              | 10              |
| 2     | Pipa output propilena | 1,5              | 10              |
| Total |                       |                  | 20              |

#### d. Berat material dalam adsorber

$$\text{Berat umpan yang terserap} = 0,3402 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Waktu breakthrough} = 0,06 \text{ jam}$$

Berat Senyawa yang terserap dalam 1 siklus

adalah:

$$= 0,3402 \text{ kg/jam} \times 0,06 \text{ jam}$$

$$= 0,02 \text{ kg}$$

Berat adsorben per siklus

$$= 4.77 \text{ kg}$$

Berat material total = 9,54 kg

Berat mati adsorber = berat vessel dan perlengkapan + berat material + berat aksesoris

$$= 1.991,50455 \text{ kg}$$

## 9. Perencanaan *Flange, Bolt dan Gasket* dari *Vessel*

### a. Sambungan *head* dengan *shell*

Sambungan antara tutup bejana dengan bagian *shell* menggunakan sistem *flange* dan baut. Bahan konstruksi yang dipilih berdasarkan pada kondisi operasi.

Data perancangan :

Tekanan disain = 16,1822 psi (1,1011 atm)

Material *flange* = *Carbon Steel SA-240 Grade A*

*Bolting steel* = *Carbon Steel SA-193 Grade B6*

Material gasket = *Asbestos composition*

Diameter luar *shell*, B = 0,6287 m = 24,75 in

Ketebalan *shell* = 0,347 in = 0,009 m

Diameter dalam *shell* = 26 in = 0,7 m

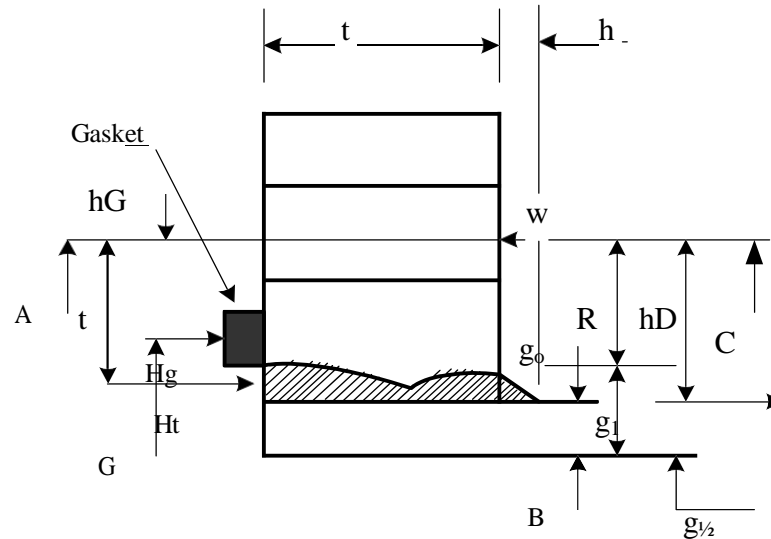
Tegangan dari material *flange* ( $f_a$ ) = 15.600 psi

(app. D item 4, B & Y, 1959 : 342)

Tegangan dari *bolting material* ( $f_b$ ) = 19.300 psi

(app. D item 4, B & Y, 1959 : 344)

Tipe *flange* terlihat pada gambar berikut : (Fig.12.24, Brownell&Young)



Gambar F.4. Tipe *Flange* dan Dimensinya

b. Perhitungan lebar *gasket*:

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{y - Pxm}{y - [Px(m+1)]}} \quad (\text{Persamaan 12.2 Brownell \& Young})$$

Dimana :

- $d_o$  = diameter luar *gasket*, in
- $d_i$  = diameter dalam *gasket*, in
- $y$  = *yield stress*, lb/in<sup>2</sup> (Fig. 12.11)
- $m$  = faktor *gasket* (Fig. 12.11)

Asumsi tebal *gasket* dengan material asbestos 1/8 in, dari Fig. 12.11

Brownell & Young diperoleh:

$y$  = 1.600 dan

$m$  = 2

Sehingga,

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{1.600 - (16,17x2)}{1.600 - [16,17x(2+1)]}} = 1,0003$$

Asumsi bahwa diameter dalam *gasket*  $d_i$  sama dengan diameter luar *shell* 61 in, sehingga :

$$d_o = 1,0003 \times 24,75 \text{ in} = 24,85 \text{ in}$$

$$\text{tebal } gasket \text{ minimum} = 0,5 \times (d_o/d_i) = 0,5019 \text{ in} = 0,0127 \text{ m}$$

Sehingga digunakan *gasket* dengan tebal 3/16 in.

$$\begin{aligned} \text{Diameter } gasket \text{ rata-rata, } G &= d_i + \text{tebal } gasket \\ &= 24,9375 \text{ in} \end{aligned}$$

c. Perhitungan beban

Dari Fig. 12.12 Brownell & Young kolom 1 *type* 1.a

$$b_o = \frac{N}{2} = 0,125 \text{ in}, \quad b = b_o \text{ jika } b_o \leq 0,25$$

Sehingga,  $b = 0,125 \text{ in}$

$$\begin{aligned} W_{m2} &= H_y = b \times \pi \times G \times y \\ &= 11.751 \text{ lb} \end{aligned}$$

Berat untuk menjaga *joint tight* saat operasi digunakan Persamaan 12.90

Brownell & Young (1959) :

$$\begin{aligned} H_p &= 2 \times b \times \pi \times G \times m \times P \\ &= 569,164 \text{ lb} \end{aligned}$$

Beban dari tekanan internal dihitung dengan Persamaan 12.89 Brownell &

Young (1959) :

$$\begin{aligned} H &= \frac{\pi G^2}{4} \times P \\ &= 9.462,3563 \text{ lb} \end{aligned}$$

Beban operasi total dihitung dengan persamaan 12.91 Brownell & Young:

$$\begin{aligned} W_{m1} &= H + H_p \\ &= 10.031,52 \text{ lb} \end{aligned}$$

$W_{m1}$  lebih besar dari  $W_{m2}$ ,

Sehingga beban pengontrol,  $W_{m1} = 10.031,52 \text{ lb}$

Keterangan :

$W_{m1}$  = Beban berat *bolt* pada kondisi operasi (lb)

$W_{m2}$  = Beban berat *bolt* pada kondisi tanpa tekanan dalam (lb)

$H$  = Total *joint contact surface* (lb)

$H_p$  = Beban *join tight* (lb)

$A_{m1}$  = Total luas *bolt* pada kondisi operasi (in<sup>2</sup>)

$A_{m2}$  = Total luas *bolt* pada kondisi tanpa tekanan dalam (in<sup>2</sup>)

- d. Perhitungan luas baut minimum (*minimum bolting area*)

Dihitung dengan Persamaan 12.92 Brownell & Young (1959):

$$A_{m1} = \frac{W_{m1}}{f_b} = 0,5016 \text{ in}^2$$

$$C = ID + (2(1,145g_o + R))$$

Di mana,  $g_o = 0,1875$

(Brownell&Young, 1959 : 242)

Perhitungan ukuran baut optimum berdasarkan Tabel 10.4 Brownell&Young (1959) hal.188.

| Ukuran Bolt<br>(in) | Root area | Min. no of<br>bolt | R     | Bs     | E   | C=ID+2(1,415g <sub>o</sub> + R) |
|---------------------|-----------|--------------------|-------|--------|-----|---------------------------------|
| ½                   | 0,1260    | 196,2611           | 13/16 | 3,0000 | 5/8 | 123,24                          |

|        |        |          |        |        |        |        |
|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|
| 5/8    | 0,2020 | 122,4203 | 15/16  | 3,0000 | 3/4    | 123,07 |
| 3/4    | 0,3020 | 81,8838  | 1 1/8  | 3,0000 | 13/16  | 123,32 |
| 0,8750 | 0,4190 | 59,0189  | 1,2500 | 3,0000 | 1,3125 | 123,24 |
| 1,0000 | 0,5510 | 44,8800  | 1,3750 | 3,0000 | 1,0625 | 124,07 |

Dipilih ukuran baut = 1 in, diperoleh data sebagai berikut :

$$\text{- Root area} = 0,1260 \text{ in}^2$$

$$\text{- Bolt spacing standard (BS)} = 3 \text{ in}$$

$$\text{- Minimal radian distance (R)} = 1,33 \text{ in}$$

$$\text{- Edge distance (E)} = 0,2 \text{ in}$$

$$\text{Jumlah baut minimum} = \frac{Am_1}{\text{root area}} = 3,98$$

Sehingga digunakan baut dengan ukuran 1 in sebanyak 5 buah.

$$\text{Bolt circle diameter, C} = 123,24 \text{ in}$$

Perhitungan diameter *flange* luar :

$$\text{Flange OD (A)} = \text{bolt circle diameter} + 2 \text{ E}$$

$$\text{Flange OD (A)} = 123,61 \text{ in}$$

Cek lebar gasket :

$$\begin{aligned} A_{b \text{ aktual}} &= N \times \text{Root Area} \\ &= 5,04 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

Lebar gasket minimum :

$$\begin{aligned} N_{\min} &= \frac{A_{b \text{ aktual}} \times f_{\text{allow}}}{2 y \pi G} \\ &= 0,4021 \text{ in} \quad (N_{\min} < 0,25 \text{ in, pemilihan baut memenuhi}) \end{aligned}$$

e. Perhitungan *moment* :

1) Untuk *bolting up condition (no internal pressure)*



Beban desain diberikan dengan Persamaan 12.94, Brownell & Young

(1959):

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{2} \times (A_b + A_m) f_a \\ &= 55.415,76 \text{ lb} \end{aligned}$$

Hubungan *lever arm* diberikan pada Persamaan 12.101 Brownell &

Young (1959) :

$$\begin{aligned} h_G &= \frac{1}{2} \times (BC - G) \\ &= 49,15 \text{ in} \end{aligned}$$

*Flange moment* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_a &= W \times h_G \\ &= 40.224,488 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

2) Untuk kondisi saat beroperasi

Beban desain yang diberikan  $W = W_{m1} = 10.031,52 \text{ lb}$

Untuk *hydrostatic end force* pada permukaan dalam flange ( $H_D$ )

$$\begin{aligned} H_D &= 0,785 \times B^2 p \quad (\text{Persamaan 12.96 Brownell\&Young}) \\ &= 220.824,54 \text{ lb} \end{aligned}$$

*The lever arm,  $h_D$*  (persamaan 12.100 Brownell&Young)

$$\begin{aligned} h_D &= \frac{1}{2} \times (BC - B) \\ &= 1,37 \text{ in} \end{aligned}$$

*The moment,  $M_D$*  (dari persamaan 12.96 Brownell&Young) :

$$M_D = H_D \times h_D$$

$$M_D = 302.437,61 \text{ lb.in}$$

Perbedaan antara *flange-desin bolt load* dengan *hydrostatic end force*

total adalah :

$$\begin{aligned} H_G &= W - H = W_{m1} - H \\ &= 162.589 \text{ lb} \end{aligned}$$

Momen komponen dihitung dengan persamaan 12.98 Brownell&Young:

$$\begin{aligned} M_G &= H_G \times h_G \\ &= 3.514 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

Perbedaan antara *hydrostatic end force* total dan *hydrostatic force end* pada luas area dalam *flange*,  $H_T$  (Persamaan 12.97, Brownell & Young) :

$$\begin{aligned} H_T &= H - H_D \\ &= 800 \text{ lb} \end{aligned}$$

Hubungan *lever arm*,  $h_T$  (Persamaan 12.102 Brownell & Young, 1959):

$$h_T = \frac{1}{2} \times (h_D + h_G) = 1,32 \text{ in}$$

*The moment* (Persamaan 12.97 Brownell&Young, 1959):

$$\begin{aligned} M_T &= H_T \times h_T \\ &= 1.058 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

Jumlah *moment* untuk kondisi saat beroperasi,  $M_O$  (Persamaan 12.97

Brownell & Young, 1959):

$$\begin{aligned} M_O &= M_D + M_G + M_T \\ &= 307.010 \text{ lb-in} \end{aligned}$$

Sehingga *moment* saat beroperasi sebagai pengontrol:

$$M_{\max} = M_O = 307.010 \text{ lb-in}$$

f. Perhitungan tebal *flange* :

$$t = \sqrt{\frac{Y M_{\max}}{f_a B}} \quad (\text{Persamaan 12.85 Brownell \& Young, 1959})$$

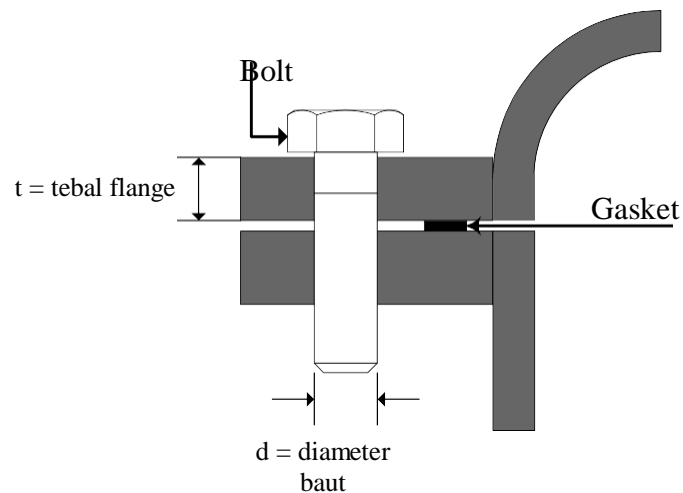
$$K = A/B = 1,0258$$

Dari Fig.12.22 dengan  $K = 1,0257$  (Brownell & Young, 1959)

Diperoleh nilai  $Y = 75$

$$t = 0,4 \text{ in}$$

Sehingga diambil ketebalan *flange* = 0,4 in



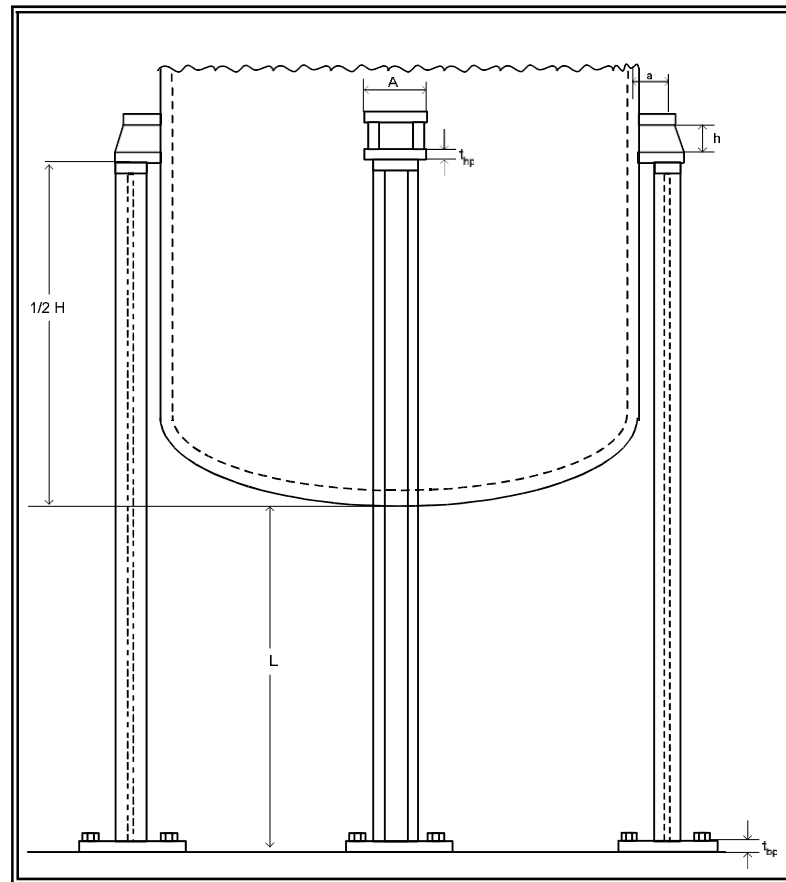
Gambar F.5.Detail untuk *Flange* and *bolt* pada *Head Adsorber*

## 10. Desain Sistem Penyangga

$$\begin{aligned} \text{Berat untuk perancangan} &= \text{berat total adsorber} \\ &= 8.399,405 \text{ lb} = 3.809,906 \text{ kg} \end{aligned}$$

Adsorber disangga dengan 4 kaki.

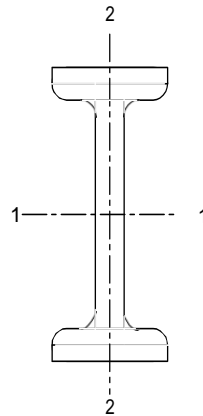
Kaki penyangga dilas ditengah – tengah ketinggian (50 % dari tinggi total adsorber).



Gambar F.6. Sketsa sistem penyangga adsorber

### ***Leg Planning***

Digunakan kaki (*leg*) tipe *I-beam* dengan pondasi dari cor atau beton.



Gambar F.7. Penyangga tipe *I beam*

Karena kaki dilas pada pertengahan ketinggian adsorber, ketinggian kaki:

$$(l) = \frac{1}{2} H + L$$

dengan :

H : tinggi total adsorber, ft

L : jarak antara bottom adsorber ke pondasi (digunakan 11 ft)

$$\text{Height } (l) = \frac{1}{2} \times 10,7577 \text{ ft} + 10 \text{ ft}$$

$$= 15,38 \text{ ft} = 184,55 \text{ in}$$

digunakan *I-beam* 8 in (Brownell and Young, App. G, item 2)

dimensi *I-beam* :

$$\text{kedalaman } f \text{ beam } (h) = 5 \text{ in}$$

$$\text{Lebar } flange (b) = 3,2840 \text{ in}$$

$$\text{Web thickness} = 0,4940 \text{ in}$$

$$\text{Ketebalan rata-rata } flange = 0,3260 \text{ in}$$

$$\text{Area of section } (A) = 4,2900 \text{ in}^2$$

$$\text{Berat/ft} = 14,750 \text{ lb/ft}$$

Peletakan dengan beban eksetrik (*axis* 1-1) :  $I = 15 \text{ in}^4$

$$S = 6 \text{ in}^3$$

$$r = 1,8 \text{ in}$$

Peletakan tanpa beban eksetrik (*axis 2-2*)  $I = 1,7 \text{ in}^4$

$$S = 1 \text{ in}^3$$

$$r = 0,63 \text{ in}$$

Cek terhadap peletakan sumbu *axis 1-1* maupun *axis 2-2*.

### Axis 1-1

$$l/r = 102,5258 \text{ in}$$

( $l/r < 120$ , memenuhi)

(Brownell and Young, 1959, p.201)

Stress kompressif yang diizinkan ( $f_c$ ):

$$(f_c) = \frac{18.000}{1 + (l^2/18.000 \cdot r^2)}$$

$$= 14.759,484 \text{ lb/in}^2 (< 15,000 \text{ psi, sehingga memenuhi})$$

(Brownell and Young, p.201)

jarak antara *center line* kolom dengan *center line shell* (a):

$$a = \frac{1}{2} b + 1,5 = 3,5855 \text{ in}$$

$$y = \frac{1}{2} b = 2,0855 \text{ in}$$

$$Z = I/y = 30,784 \text{ in}^3$$

Beban kompresi total maksimum tiap *leg* (P) adalah:

$$P = \frac{4 P_w (H - L)}{n D_{bc}} + \frac{\Sigma W}{n} \quad (\text{Pers. 10.76, Brownell and Young, 1959})$$

dengan :

$P_w$  = beban angin total pada permukaan yang terbuka, lb

H = tinggi adsorber di atas pondasi, ft

L = jarak dari fondasi ke bagian bawah adsorber, ft

$D_{bc}$  = diameter *anchor-bolt circle*, ft

n = jumlah penyangga, n = 4

$$\begin{aligned}\Sigma W &= \text{berat adsorber kosong} + \text{berat gas dan beban mati lainnya, lb} \\ &= 3.809,906 \text{ lb}\end{aligned}$$

Diasumsikan adsorber diletakkan dalam ruangan (*free from wind*) dan lokasi pabrik diasumsikan bebas dari gempa, sehingga  $P_w = 0$ , kemudian persamaan di atas menjadi:

$$P = \frac{\Sigma W}{n} = 952,476 \text{ lb}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban eksentrik (} f_{ec} \text{)} &= \frac{P a}{Z} \quad (\text{Pers. 10.98, Brownell and Young, 1959}) \\ &= 110,9377 \text{ psi}\end{aligned}$$

$$f = f_c - f_{ec} = 14.648,546 \text{ psi}$$

$$A = \frac{P}{f} = 0,065 \text{ in}^2 < A \text{ table (} 5,83 \text{ in}^2 \text{), memenuhi.}$$

### Axis 2-2

$$l/r = 239,817 \quad (l/r > 120, \text{ tidak memenuhi})$$

(Brownell and Young, 1959, p.201)

### **Leg Planning**

$$P = 952,476 \text{ lb}$$

*Each support have 4 bolt*

$$P_{\text{bolt}} = P/n_b = 238,119 \text{ lb}$$

$$A_{\text{bolt}} = \frac{P_{\text{bolt}}}{f_{\text{bolt}}} \quad (\text{Pers.10.35, Brownell and Young 1959})$$

Where :  $f_{\text{bolt}}$  = stress maksimum yang dapat ditahan setiap baut = 12,000 psi

$$A_{\text{bolt}} = 0,0198 \text{ in}^2$$

Digunakan baut *thread* standar dengan diameter = 1 in

(Brownell and Young, 1959, table. 10.4)

Ketebalan plat horizontal

$$t_{\text{bp}} = \sqrt{\frac{6 M_y}{f_{\text{allow}}}} \quad (\text{Pers.10.41, Brownell and Young, 1959})$$

$$M_y = \frac{\beta^3 t^2 P b R^2}{12(1-\mu^2) A h} \quad (\text{Pers. 13.2, MV, Joshi})$$

$$\beta = 4 \sqrt{\frac{3(1-\mu^2)}{R^2 t^2}}$$

dengan :

$t_{\text{bp}}$  = tebal horizontal plat, in

$M_y$  = *bending momen* maksimum sepanjang sumbu radial, in-lb

$t$  = tebal *shell* = 0,1875 in

$f_{\text{allow}}$  = *Stress* yang diizinkan = 12.000 psi

$R$  = jari-jari *shell* = 29,971 in

$$P = \frac{\sum W}{n} = 952,476 \text{ lb}$$

$b$  = jarak dari bagian tengah *shell* ke tengah kolom = 9 in

$A$  = panjang *kompresi plate* digunakan,

= kedalaman *beam* + 1 in = 10 in

$h$  = *height of gusset* = 12 in

$\mu$  = *poisson'ratio* (for steel  $\mu = 0,3$ )



$$\beta = 0,625 / \text{in}^2$$

$$M_y = 295,138 \text{ lb.in}$$

$$f_{\text{allow}} = \text{stress yang diizinkan untuk (23.938 psi)}$$

$$t_{\text{bp}} = 0,272 \text{ in. Digunakan plat standar dengan ketebalan } 5/16 \text{ in}$$

❖ Ketebalan vertikal plate

$$(t_g) = 3/8 \times t_{\text{hp}} = 0,1172 \text{ in}$$

diambil 1/4 in.

### ***Base Plate Planning***

digunakan I- beam dengan ukuran 8 in

$$\text{Length of leg } (l) = 194,252 \text{ in} = 16,187 \text{ ft}$$

$$\text{Sehingga berat satu leg} = (l) \times 14,75 = 238,768 \text{ lb}$$

$$\text{Beban base plate } (P_b) = \text{berat 1 leg} + P$$

$$= 1.191,245 \text{ lb}$$

$$\text{Base plate area } (A_{\text{bp}}) = P_b / f$$

Dengan:

$$P_b = \text{base plate loading}$$

$$f = \text{kapasitas bearing (untuk cor, } f = 1200 \text{ psi)}$$

(Brownell and Young, 1959, table. 10.1)

$$A_{\text{bp}} = 0,993 \text{ in}^2 (= A_{\text{bp}} \text{ min})$$

Untuk posisi lug 1-1

$$A_{\text{bp}} = \text{lebar } (l) \times \text{panjang } (p)$$

$$= (0,8 b + 2n)(0,95 h + 2m)$$

asumsi awal  $m = n$

dengan :

$$b = \text{lebar flange} = 4,171 \text{ in}$$

$$h = \text{kedalaman beam} = 8 \text{ in}$$

$$A_{bp} = 0,993$$

$$m = n = 1,251$$

$$\text{maka, } l = (0,8 \times 4,171) + (2 \times 1,25) = 5,8394$$

$$p = (0,95 \times 8) + (2 \times 1,25) = 10,1026$$

umumnya dibuat  $p = 6$ , maka dibuat  $p l = 6 \text{ in}$

$$A_{bp,baru} = 36 \text{ in}^2$$

$$n_{baru} = 1,1336 \text{ in}$$

$$m_{baru} = 1,25 \text{ in}$$

tebal *base plate*:

$$t_{bp} = (0,00015 \times p \times n^2)^{1/2}$$

dengan :

$$p = \text{tekanan aktual } p$$

$$= P / A_{bp,baru} = 26,457 \text{ psi}$$

$$t_{bp} = 0,0839 \text{ in. Digunakan plat standar } 3/16 \text{ in}$$

## 11. Vibrasi

Perioda dari vibrasi pada *vessel* harus dibatasi, karena vibrasi yang berlangsung dalam perioda yang cukup lama akan menimbulkan suatu kerusakan pada *vessel*.

Perioda vibrasi yang terjadi saat operasi (T) adalah :

$$T =$$

(Pers. 9.68, Brownell and Young, 1959)

Keterangan :

$$D = \text{OD Menara} = 61 \text{ in} = 5,08 \text{ ft}$$

$$H = \text{Tinggi vessel termasuk penyangga} = 16,187 \text{ ft}$$

$$w = \text{Berat vessel (lb/ft tinggi)} = 253,358 \text{ lb/ft}$$

$$t = \text{Ketebalan shell (in)} = 0,1875 \text{ in}$$

Maka :

$$T = 0,0067 \text{ detik}$$

Berdasarkan Tabel 9.3 (Brownell and Young, 1959) untuk periode vibrasi

kurang dari 0,4 detik diperoleh  $C = 0,2$

Sedangkan periode maksimum vibrasi dirumuskan dengan Megyesy (1983)

$$\text{yaitu : } T_a = 0,80 \times \sqrt{\frac{WH}{Vg}} \quad (\text{Megyesy, 1983 : 60})$$

Keterangan :

$$V : \text{total shear} = V = CW = 761,981 \text{ lb}$$

$$g : \text{percepatan gravitasi} = 32,2 \text{ ft/s}^2$$

Maka :

$$T_a = 1,268 \text{ detik}$$

Keterangan :

$T$  : periode vibrasi yang terjadi pada saat operasi (detik)

$T_a$  : periode maksimum vibrasi yang diijinkan (detik)

$T < T_a$  (memenuhi periode vibrasi diijinkan)

## 12. Desain Anchor Bolt

Vessel harus merekat erat pada concrete fondation, beam dengan anchor bolt.

Jumlah anchor bolt harus 4 atau kelipatannya untuk setiap vertikal vessel, pada vessel yang tinggi sebaiknya menggunakan 8 buah anchor bolt atau tergantung

pada besarnya diameter vessel. Agar merekat kuat pada concrete fondation, anchor bolt sebaiknya tidak dipasang terlampau dekat, yakni tidak kurang dari 18 in (Megyesy, 1983).

Diameter tempat bolt-bolt dipasang diasumsikan sebesar = 30 in

- As = Area di dalam lingkaran bolt = 706,5 in<sup>2</sup>
- CB = Circumference pada lingkaran bolt = 94,2 in<sup>2</sup>
- Menentukan area bolt =  $B_4 = \frac{T.C_B}{S_B.N}$

Karena tidak ada pengaruh angin, maka T diabaikan.

Keterangan :

SB = Maximum allowable stress value dari material bolt, SA 193 Grade B6 = 19.300

psi

N = jumlah dari anchor bolts = 4 buah

Area bolt yang diperlukan = 8.10<sup>-6</sup>

Dipakai bolt ukuran 1/2 in dengan area seluas = 0,1260 in<sup>2</sup>

### 13. Beban Karena Gempa

Magnitud akibat tekanan gempa merupakan hasil dari berat vessel dan koefisien seismic (C) yang merupakan fungsi dari vibrasi.

- Momen karena gempa
- $$M_{sx} = \frac{4 C w X^2 (3H - X)}{H^2}$$

Keterangan :

$M_{sx}$  = *Moment bending*, in-lb

$$C = 0,2 \text{ s} \quad (\text{Tabel 9.3, Brownell \& Young, 1959, untuk zona 3 dan } t \leq 0,4 \text{ s})$$

$$X = H = \text{Tinggi menara total} = 16,187 \text{ ft}$$

$$W = \text{Berat menara} = 3.809,906 \text{ lb}$$

$$M_{sx} = 98.677,751 \text{ in.lb}$$

- Stress karena gempa,  $f_{sx}$

$$f_{sx} = \frac{M_{sx}}{\pi r^2 (t_s - c)} \quad (\text{Brownell and Young, 1959, pers. 9.72})$$

Keterangan :

$$r = \text{jari-jari menara (in)} = 29,971 \text{ in}$$

$$t_s = \text{tebal shell (in)} = 0,1875 \text{ in}$$

$$c = \text{faktor korosi (in)} = 0,1250 \text{ in}$$

Maka :

$$f_{sx} = 559,762 \text{ psi}$$

#### 14. Perancangan Pondasi

Perancangan pondasi dengan sistem konstruksi pondasi beton terdiri dari campuran : semen : kerikil : pasir, dengan perbandingan 1 : 2 : 3.

Direncanakan pondasi berbentuk limas terpancung, dianggap hanya gaya vertikal dari berat kolom yang bekerja pada pondasi.

Asumsi tanah pondasi adalah *clay* dengan *safe bearing* maksimal = 10 ton/ft<sup>2</sup> (Tabel 12,2 Hess & Rushton).

Pondasi dibuat dari beton dengan *specific gravity* = 2,65 dan densitas = 140 lb/ft<sup>3</sup> (Dirjen Bina Marga DPU & Tenaker).

Maka :

a. Berat menara (termasuk perlengkapannya) :

Berat mati adsorber pada kondisi operasi = 3.809,906 lb

Material *skirt* = Carbon Steel SA-30

Densitas material =  $0,2790 \text{ lb/in}^3 = 482,1120 \text{ lb/ft}^3$  (Appendiks D

Item 3, Brownell & Young, 1959 : 341)

Berat penyangga yang diterima oleh *base plate* (Pb) = 803,982 lb

Jadi berat total yang diterima pondasi adalah = 4.613,888 lb

b. Digunakan tanah dengan :

Luas bagian atas (a) =  $(2,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}) = 9.687,4609 \text{ in}^2$

Luas bagian bawah (b) =  $(3 \text{ m} \times 3 \text{ m}) = 13.949,9438 \text{ in}^2$

Tinggi pondasi = 30 in

c. Volume pondasi (V) =  $(1/3) \times \text{tinggi pondasi} \times ((a + b) + (a \times b)^{1/2})$

$$= 352.623,5782 \text{ in}^3 = 204,0646 \text{ ft}^3$$

d. Berat pondasi (W) = V  $\times$  densitas beton = 28.569,0397 lb

e. Jadi berat total yang diterima tanah adalah = berat total yang diterima pondasi

+ berat pondasi = 33.182,928 lb

f. Tegangan tanah karena beban ( $\tau$ ) =  $P/F < 10 \text{ ton}$

Keterangan :

P = beban yang diterima tanah (lb) = 33.182,928 lb

F = luas alas ( $\text{ft}^2$ ) = 96,8746  $\text{ft}^2$

$$P/F = 342,535 \text{ lb/ft}^2 = 0,155 \text{ ton/ft}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Pondasi dapat dipasang pada tanah *clay*, karena tegangan tanah karena beban ( $\tau$ ) kurang dari *safe bearing* maksimal pada tanah *clay*.

## 15. Regenerasi Resin

- Kebutuhan Regeneran

Regeneran yang digunakan adalah NaCl konsentrasi 5% vol.

Kapasitas regeneran = 6,875 lb regeneran/ft<sup>3</sup> resin

(Perry's, ed.7<sup>th</sup>, 1997, Tabel. 16-19, hal. 16-66)

Kebutuhan resin = 1,6429 ft<sup>3</sup>

Kebutuhan teoritis = Kapasitas regeneran  $\times$  Kebutuhan resin

$$= 11,29527 \text{ lb regeneran}$$

*Over design* = 10 %

Kebutuhan = 1,1  $\times$  11,29527 lb regeneran

$$= 12.42480437 \text{ lb regeneran}$$

Densitas regeneran = 2.160,6 kg/m<sup>3</sup> = 18,035 lb/gal

Jadi volume regeneran = 0,6889 gal = 0,10945 m<sup>3</sup>

- Waktu Regenerasi

*Flowrate* regenerasi = 5 gpm/ft<sup>2</sup>

(Perry's, ed.7<sup>th</sup>, 1999, Tabel 16-19, hal.16-66)

Waktu pencucian selama 10 menit

*Flowrate* air pencuci = 5 gpm/ft<sup>2</sup> (Powell, 1954, hal. 59)

$$\text{Waktu regenerasi} = \frac{\text{Volumeregeneran}}{\text{Flowrate} \times \text{Luasresin}}$$



$$= 2.3368 \text{ menit}$$

Waktu pembilasan selama 5 menit

Total waktu = waktu pencucian + waktu regenerasi +

waktu pembilasan

$$= 10 + 0,756 + 5$$

$$= 17,336 \text{ menit}$$

Jumlah air pencuci dan pembilas,  $V_{wb}$  yaitu:

$$V_{bw} = (t_{pencucian} + t_{pembilasan}) \times \text{Flowrate regenerasi} \times \text{Luas resin}$$

$$= (10+5) \text{ menit} \times 5 \text{ gpm/ft}^2 \times 40\text{ft}^2$$

$$= 3000 \text{ gal}$$

| <b>IDENTIFIKASI</b>             |                                    |                     |
|---------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| Nama Alat                       | Adsorber                           |                     |
| Kode Alat                       | AD-01                              |                     |
| Jumlah                          | 2 Unit                             |                     |
| Fungsi                          | Menyerap Air dari Larutan Gliserol |                     |
| <b>DATA DESAIN</b>              |                                    |                     |
| Tipe                            | Fixed bed Adsorber                 |                     |
| Temperatur desain               | 30                                 | °C                  |
| Tekanan desain                  | 1                                  | atm                 |
| Kapasitas                       | 16.235,625                         | kg/jam              |
| <b>DATA MEKANIK</b>             |                                    |                     |
| Laju Alir Volumetrik            | 13,07082586                        | m <sup>3</sup> /s   |
| Volume Adsorber                 | 1,642982225                        | ft <sup>3</sup>     |
| Tinggi Tumpukan                 | 1,044744537                        | m                   |
| Luas Penampang                  | 0,602668724                        | m <sup>2</sup> /jam |
| Diameter                        | 0,6096                             | m                   |
| Tebal Tangki                    | 0,347                              | in                  |
| Tebal Head                      | 0,317                              | in                  |
| Tinggi                          | 129,108                            | in                  |
| Tekanan karena Adsorban         | 2,024631609                        | Kg/m <sup>2</sup>   |
| Waktu Regenerasi                | 2,336810038                        | Menit               |
| Waktu Pembilasan                | 17,33681004                        | Menit               |
| Jumlah Air pencuci dan pembilas | 3000                               | Gal                 |

## BAB XII

### KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Gliserol Karbonat Melalui Reaksi Transesterifikasi antara Gliserol dan Dimetil Karbonat dengan Kapasitas 144.000 Ton/Tahun diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Kapasitas produksi Gliserol Karbonat 144.000 ton/tahun menggunakan bahan baku Gliserol sebanyak 116.312,0175 ton/tahun dan Dimetil Karbonat sebanyak 116.896,5 ton/tahun.
2. Berdasarkan faktor bahan baku, transportasi, pemasaran, dan bahan penunjang, pabrik Gliserol Karbonat akan didirikan di Kecamatan Batu Hampar, Kabupaten Rokan Hilir, Riau. Perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas dengan struktur organisasi *line and staff* yang dipimpin oleh direktur dengan jumlah sebanyak 161 orang.
3. Luas tanah yang dibutuhkan untuk pembangunan pabrik 3,5 Ha.
4. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pabrik Gliserol Karbonat ini dinyatakan layak untuk didirikan, dengan rincian: *Annual Cash Flow* (ACF) : \$14.352.511,1787, NPOTLP : \$151.265.976,0857, *Total Capital Sink* (TCS) sebesar \$144.572.879,493, *Rate of Return on Investment* (ROI) : 36,8592 % *Rate of Return based on Discounted Cash Flow* (DCF) : 27,22 %, *Break Even Point* (BEP) : 35,850% dan *Pay Out Time* (POT) : 3,8 tahun.