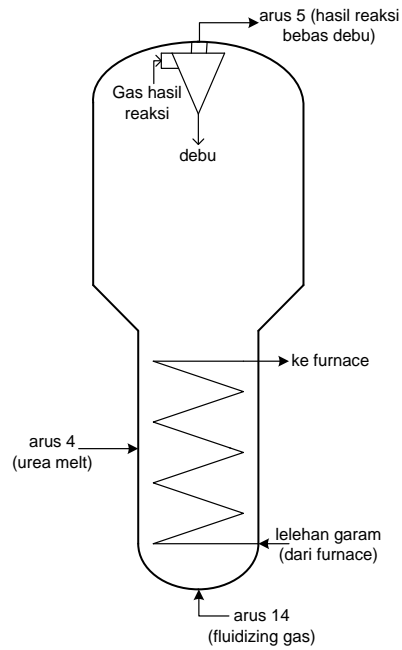


## REAKTOR



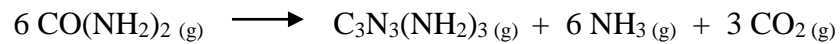
**Kode** : R - 01

**Fungsi**: mereaksikan urea menjadi melamin ammonia dan karbondioksida

**Tujuan Perancangan** :

- a. Menentukan tipe dan bahan konstruksi reaktor
- b. Menentukan dimensi reaktor
- c. Menentukan tebal dinding reaktor
- d. Menentukan dimensi coil pemanas
- e. Menghitung pressure drop
- f. Menghitung dimensi gas distribution plate

Reaksi:



Fase reaksi : gas – gas

Konversi : 95 % (Ullman Vol A 16)

Kondisi Operasi : T = 395 °C

P = 3 atm

Data Pendukung :

- **Aliran Fluidizing Gas**

➤ Densitas gas

Basis : 1 mol gas pada T : 395 °C dan P : 3 atm

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{1 \times 0,082 \times 668}{3} = 18,26 \text{ liter}$$

BM NH<sub>3</sub> = 17,031 gr/mol

$$\rho \text{ NH}_3 = \frac{17,031 \text{ gr/mol}}{18,26 \text{ lt/mol}} = 0,932 \text{ gr/lt} = 0,9328 \text{ kg/m}^3$$

BM CO<sub>2</sub> = 44,01 gr/mol

$$\rho \text{ CO}_2 = \frac{44,01 \text{ gr/mol}}{18,26 \text{ lt/mol}} = 2,41 \text{ gr/lt} = 2,4104 \text{ kg/m}^3$$

Dari neraca massa ,campuran terdiri dari 44% NH<sub>3</sub> dan 56% CO<sub>2</sub>

$$\rho_{\text{gas}} = (0,44 \times 0,9328) + (0,56 \times 2,4104)$$

$$= 1,765 \text{ kg/m}^3 \times 10^3 \text{ gr/kg} \times \text{m}^3/10^6 \text{ cm}^3 = 1,765 \times 10^{-3} \text{ gr/cm}^3$$

➤ Viskositas gas

Pada  $T = 395 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\mu_{\text{NH}_3} = 0,0235 \text{ cp} \times 0,01 \text{ Poise/cp} \times 1 \text{ (gr/cm.s)/Poise} \times 1 \text{ kg/1000gr} \times 100$$

cm/m

$$= 2,35 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m.s}$$

$$\mu_{\text{CO}_2} = 0,029 \text{ cp} = 2,9 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m.s}$$

Komponen	Fraksi mol	M	$\mu$ (cp)
NH <sub>3</sub>	0,6667	17,031	0,0235
CO <sub>2</sub>	0,3333	44,01	0,029

i	j	M <sub>i</sub> /M <sub>j</sub>	$\mu_i/\mu_j$	M <sub>j</sub> /M <sub>i</sub>	$\phi_{ij}$	$x_j \cdot \phi_{ij}$
1	1	1	1	1	1	0,667
	2	0,387	0,810	2,584	1,376	0,459
2	1	2,584	1,234	0,679	0,753	0,502
	2	1	1	1	1	0,333

$$\mu_{\text{camp}} = \frac{\sum x_i \cdot \mu_i}{\sum x_j \cdot \phi_j}$$

$$= \frac{(0,667)(0,0235)}{1,1257} + \frac{(0,333)(0,029)}{0,8353}$$

$$= 0,0255 \text{ cp} = 2,55 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m.s} = 2,55 \cdot 10^{-4} \text{ gr/cm.s}$$

➤ Laju Alir

$$Q = 2966.56 \text{ kg/jam}$$

• **Katalis**

- ❖ Jenis : Alumina
- ❖ Bentuk : Bola
- ❖ Densitas Padatan,  $\rho_s$  : 4,13 gr/cm<sup>3</sup>
- ❖ Diameter Partikel,  $d_p$  : 275 mikron :  $2,75 \cdot 10^{-2}$  cm
- ❖ Porositas Awal : 0,45
- ❖ Porositas Fluida min : 0,65

**Langkah Perancangan :**

**a. Menentukan Tipe dan Bahan Konstruksi Reaktor**

Menentukan Tipe Reaktor (Ullmann, Vol B4:242)

Dipilih reaktor tipe *fluidized bed* dengan pertimbangan:

- Profil temperatur dalam reaktor seragam, pengoperasiannya juga mudah karena unggun terfluidisasi menyebabkan proses lebih stabil.
- Penanganan dan transportasi produk lebih mudah dilaksanakan
- Tingginya koefisien perpindahan panas antara unggun dengan permukaan pemanas/pendingin yang terdapat di dalamnya

Menentukan Bahan Konstruksi Reaktor (Brownell :215)

Dipilih bahan konstruksi *Plate Stell SA 129 grade B* dengan pertimbangan:

- Bahan tahan terhadap panas (sampai dengan 400<sup>0</sup> C)
- Mempunyai tekanan maksimum yang besar (sampai dengan 11.000 psi)

## b. Menentukan Dimensi Reaktor

- Menentukan Kecepatan Pada Saat Fluidisasi Minimum

Untuk semua range diameter partikel, berlaku persamaan:

$$\frac{dp}{\mu} \text{Umf} \rho g = \left[ (33,7)^2 + 0,0408 \frac{dp^3 \rho g (\rho p - \rho g) g}{\mu^2} \right]^{1/2} - 33,7$$

$$\frac{2,75 \cdot 10^{-2} \text{Umf} 1,765 \cdot 10^{-3}}{2,55 \cdot 10^{-4}} =$$

$$\left[ (33,7)^2 + 0,0408 \frac{(2,75 \cdot 10^{-2})^3 1,765 \cdot 10^{-3} (4,13 - 1,765 \cdot 10^{-3}) 980}{(2,55 \cdot 10^{-4})^2} \right]^{1/2} - 33,7$$

$$0,1903 \text{Umf} = 1,355$$

$$\text{Umf} = 7,12 \text{ cm/s} \quad (\text{Kunii, 1977 : 73})$$

- Menentukan Kecepatan Terminal

$$\text{Ut} = \left[ \frac{4 \cdot (\rho p - \rho g)^2 \cdot g^2}{225 \cdot \rho g \cdot \mu} \right]^{1/3} \times dp$$

$$= \left[ \frac{4 \cdot (4,13 - 1,765 \cdot 10^{-3}) \cdot 980^2}{(225) \cdot (1,765 \cdot 10^{-3}) \cdot (2,55 \cdot 10^{-4})} \right]^{1/3} \times 2,75 \cdot 10^{-2}$$

$$= 238,01 \text{ cm/s} \quad (\text{Kunii, 1977 : 76})$$

- o Menghitung Diameter Zona Reaksi ( dt )

Supaya partikel dapat jatuh, maka kecepatan gas fluidisasi harus dibawah kecepatan terminal (Ut)

$$U_{mf} = 7,12 \text{ cm/s}$$

$$U_t = 238,01 \text{ cm/s}$$

$$\frac{U_t}{U_{mf}} = \frac{238,01}{7,12} = 33,428$$

$$\text{Diambil } U_o = 10 \cdot U_{mf}$$

$$= 10 \times 7,12$$

$$= 71,2 \text{ cm/s} = 0,712 \text{ m/s}$$

Untuk diameter partikel < 0,8 mm maka harga  $U_o$  yang diijinkan antara 0,1 sampai 5 m/s ( Kunii, 1977 : 12)

$$\text{- Laju Alir Gas} = 2996,56 \text{ kg/jam}$$

$$\text{- Volume rate Gas Total} = \frac{m}{\rho}$$

$$= \frac{2996,56 \text{ kg/jam}}{1,76 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 1702,38 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 1702,38 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam}/3600 \text{ s}$$

$$= 0,473 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$A = \frac{0,473 \text{ m}^3/\text{s}}{0,712 \text{ m/s}}$$

$$A = 0,664 \text{ m}^2$$

$$dt = \left[ \frac{4 \times A}{\pi} \right]^{1/2}$$

$$Dt = 0,920 \text{ m}$$

- Menghitung Transport Disengaging Height (TDH )

$$U_o = 71,2 \text{ cm/s}$$

$$dt = 0,920 \text{ m}$$

Dari fig. 3.16, diperoleh harga ( TDH/dt ) = 2 (Kunii,1977: 94 )

$$TDH = 2 \times dt$$

$$= 2 \times 0,920 \text{ m}$$

$$= 1,840 \text{ m}$$

- Menghitung Tinggi Head bagian Bawah (Lh)

Dipilih *elliptical dished head*, sehingga:

$$Lh = \frac{1}{4} \times dt$$

$$= \frac{1}{4} \times 0,920 \text{ m}$$

$$= 0,23 \text{ m}$$

- Menghitung tinggi zona reaksi (Lf)

Persamaan yang digunakan:

$$\ln \frac{C_{A0}}{C_A} = \left[ \gamma_b \cdot k + \frac{1}{K_{bc} + \frac{1}{\gamma_c \cdot k + \frac{1}{\frac{1}{K_{ce}} + \frac{1}{\gamma_e \cdot k}}}} \right] \cdot \frac{L_f}{U_b}$$

Dimana : (Levenspiel, 1972:518)

$k$  = Kecepatan reaksi kimia

$K_{bc}, K_{ce}$  = Koefisien perpindahan massa ( $s^{-1}$ )

$L_f$  = Tinggi dari bubbling bed (cm)

$U_b$  = Kecepatan gelembung (cm/s)

$\gamma_b$  = Rasio padatan yang terdispersi dalam gelembung dan volume gelembung dalam bed

$\gamma_c$  = Ratio padatan yang terdispersi dalam gas dan volume gelembung dalam bed

$\gamma_e$  = Ratio antara padatan yang terdispersi dalam emulsi dan volume gelembung dalam bed

Menghitung konstanta yang ada:

$$1. U_b = U_o - U_{mf} + U_{br}$$

Dimana;

$$U_{br} = 0,711 \cdot (g \cdot db)^{1/2} \quad (\text{Levenspiel, 1972:521})$$



$$dp = 2,75 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$$

$$\rho_s = 4,13 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_g = 1,76 \cdot 10^{-3} \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_s - \rho_g = 4,128 \text{ gr/cm}^3$$

Dari *Kunii* Fig. 14 halaman 122, diperoleh

$$\frac{db_{\max}}{dp} = 180$$

$$\begin{aligned} db_{\max} &= 180 \times 2,75 \cdot 10^{-2} \\ &= 4,95 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{br} &= 0,711 \cdot (980 \cdot 4,95)^{1/2} \\ &= 49,52 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} U_b &= 71,2 - 7,12 + 49,52 \\ &= 113,603 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

$$2. \quad \delta = (U_o - U_{mf}) / U_b \quad (\text{Kunii : 133})$$

$$= (71,2 - 7,12) / 113,603$$

$$= 0,56$$

$$3. \quad \gamma_b = \frac{(1 - \epsilon_{mf})(1 - \delta) \cdot 0,015}{\delta} \quad (\text{Kunii : 202})$$

$$= \frac{(1 - 0,65)(1 - 0,56) \cdot 0,015}{0,56}$$

$$= 0,004 \quad (\gamma_b \text{ kurang dari } 0,1 \text{ bisa diabaikan})$$

$$4. \gamma_c = (1 - \epsilon_{mf}) \cdot \left[ \frac{3 \cdot U_{mf} / \epsilon_{mf}}{U_{br} - U_{mf} / \epsilon_{mf}} + \alpha \right] \quad (\text{Kunii : 202})$$

$$\alpha = 0,25 - 1,0 \rightarrow \text{diambil } \alpha = 0,25$$

$$\gamma_c = (1 - 0,65) \cdot \left[ \frac{3 \cdot 7,12 / 0,65}{(49,52 - 7,12) / 0,65} + 0,25 \right]$$

$$= 0,264$$

$$5. \gamma_e = \frac{(1 - \epsilon_{mf})(1 - \delta)}{\delta} - (\gamma_c + \gamma_b) \quad (\text{Kunii : 202})$$

$$\gamma_e = \frac{(1 - 0,65)(1 - 0,56)}{0,56} - (0,264 + 0)$$

$$= 0,015$$

$$6. K_{bc} = 4,5 \cdot \left( \frac{U_{mf}}{db} \right) + 5,85 \left( \frac{\varphi^{1/2} \cdot g^{1/4}}{db^{5/4}} \right) \quad (\text{Kunii : 181})$$

$$\varphi = 0,204 \text{ cm}^2 / \text{s} \quad (\text{Levenspiel, 1972:520})$$

$$K_{bc} = 4,5 \times \left( \frac{7,12}{4,95} \right) + 5,85 \left( \frac{0,204^{1/2} \times 980^{1/4}}{4,95^{5/4}} \right)$$

$$= 8,475$$

$$7. K_{ce} = 6,78 \cdot \left[ \frac{(\epsilon_{mf} \cdot \varphi \cdot U_b)}{db^3} \right]^{1/2} \quad (\text{Kunii : 183})$$

$$K_{ce} = 6,78 \times \left[ \frac{0,65 \times 0,204 \times 113,603}{4,95^3} \right]^{1/2}$$

$$= 2,36$$

$$C_A = \left( \frac{C_{A0} 1 - X_A}{1 + \varepsilon_A X_A} \right)$$

$$\frac{C_{A0}}{C_A} = \frac{1}{\left( \frac{C_{A0} 1 - X_A}{1 + \varepsilon_A X_A} \right)}$$

$$\ln \frac{C_{A0}}{C_A} = \ln \frac{1}{\left( \frac{C_{A0} 1 - X_A}{1 + \varepsilon_A X_A} \right)}$$

maka:

$$\ln \frac{C_{A0}}{C_A} = \left[ 0 \times 0.016 \frac{1}{8.475 + \frac{1}{0.264 \times 0.016 + \frac{1}{\frac{1}{2.39} + \frac{1}{0.015 \times 0.016}}} \right] \times \frac{L_f}{1.136}$$

$$L_t = 4,13 \text{ m}$$

- o Menghitung tinggi reaktor ( L )

$$L = TDH + L_h + L_f$$

$$= 1,840 + 0,23 + 4,13$$

$$= 6,199 \text{ m}$$

Diambil faktor keamanan 10 %, maka ;

$$L = 1,1 \times 6,199 \text{ m}$$

$$= 6,8189 \text{ m}$$

- o Menghitung diameter freeboard (Df)

Untuk menghindari terjadinya *entrainment* atau aliran partikel padat pada freeboard, maka kecepatan gas pada freeboard ( $U_c$ )  $\ll$   $U_t$ .

Asumsi :  $U_c = 30 \text{ cm/s}$

Persamaan yang digunakan:

$$Df = \left[ \frac{4 \cdot Af}{\pi} \right]^{1/2}$$

$$Af = \frac{Q}{U}$$

$$Af = 1,576 \text{ m}^2$$

$$Df = \left[ \frac{4 \times 1,576}{3,14} \right]^{1/2}$$

$$Df = 1,42 \text{ m}$$

- Menghitung Kebutuhan katalis

$$W = At \times Lm \times (1 - \epsilon m) \times \rho s$$

$$At = 1/4 \cdot \pi \cdot Dt^2$$

$$\frac{Lf}{Lm} = \frac{(1 - \epsilon m)}{(1 - \epsilon f)} = \frac{\rho m}{\rho f}$$

$$1 - \delta = \frac{(1 - \epsilon m)}{(1 - \epsilon f)} = \frac{\rho m}{\rho f}$$

$$Lf = \frac{Lmf}{(1 - \delta)} = \frac{Lm \cdot (1 - \epsilon m)}{(1 - \delta) \cdot (1 - \epsilon mf)}$$

$$4,13 = \frac{Lm \times (1 - 0,45)}{(1 - 0,56) \times (1 - 0,65)}$$

$$Lm = 115,6 \text{ cm} = 1,156 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} W &= 1/4 \cdot \pi \cdot (2,508)^2 \cdot 1,156 \cdot (1 - 0,45) \cdot 413 \\ &= 174,45 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kebutuhan katalis adalah 174,45 kg

**c. Menentukan Tebal Reaktor**

Persamaan yang digunakan:

$$t = \frac{P \cdot ID}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} + C$$

dimana;

P : Tekanan design reaktor = 3 atm = 44,1 psi

ID : Inside Diameter = 0,920 m = 36,21 in

f : Tekanan maksimum yang diijinkan sesuai bahan yang dipakai = 11.000 psi

E : Efisiensi pengelasan = 0,85

C : Faktor Koreksi = 0,125

maka;

$$t = \frac{44.1 \times 36.21}{11000 \times 0.85 - 0.6 \times 44.1} + 0.125$$

$$t = 0,30$$

**d. Menentukan Dimensi Koil Pemanas**

- o Menghitung Dimeter Koil

Persamaan yang dipakai:

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

(Peters, 1980:380)

Dimana;

$Q_f$  : laju alir molten salt (= 189.730,28kg/jam = 0,790 cuft/s)

$\rho$  : density molten salt (= 123,81 lb/cuft)

Maka:

$$\begin{aligned} Di &= 3,9 \cdot (0,790)^{0,45} \cdot (123,81)^{0,13} \\ &= 6,56 \text{ in} \end{aligned}$$

dipilih D nominal 8 in

Dari table 11 p. 844 *Kern*, didapatkan

OD = 8,625 in

ID = 7,981 in

Flow area = 50 in<sup>2</sup>

Surface area= 2,09 ft<sup>2</sup>/lin ft

o Menghitung luas Koil Menyeluruh

Persamaan yang digunakan:

$$A = 4,6 \cdot (V)^{2/3}$$

Dimana;

A : luas area koil

V : volume reaktor pada zona reaksi

$$= \pi/4 \cdot (0,920 \text{ m})^2 \cdot 4,12 \text{ m}$$

$$= 2,73 \text{ m}^3$$

maka:

$$A = 4,6 \cdot (2,73)^{2/3}$$

$$= 1,956 \text{ m}^2$$

$$= 21,055 \text{ ft}^2$$

- Menghitung Jumlah Lingkaran Koil

$$\text{Jumlah Lingkaran} = A/A'$$

Dimana :

$A'$  : luas satu lingkaran koil

$$= \pi \cdot D_c \cdot a't$$

$D_c$  : diameter lingkaran koil

$$= D_t - 2 \cdot \text{jarak koil dari dinding reactor}$$

$$= 0,950 \text{ m} \times \frac{3,28084 \text{ ft}}{\text{m}} - 2 \times 3,5 \text{ in} \times \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}}$$

$$= 2,53 \text{ ft}$$

$$A' = \pi \cdot 2,53 \text{ ft} \cdot 1,59 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

$$= 12,64 \text{ ft}^2$$

Jumlah lingkaran koil

$$= A/A'$$

$$= 21,055 / 12,64 = 1,66 \approx 2 \text{ lingkaran}$$

#### e. Menghitung Pressure Drop

Persamaan yang digunakan:

$$\frac{\Delta P}{Lmf} = (1 - \epsilon) \cdot (\rho_s - \rho_g) \cdot (g/gc)$$

(Kunii, 1969:72)

Dimana;

$\Delta P$  : pressure drop (lb/ft<sup>2</sup>)

$\rho_s$  : density katalis

$$= 413,088 \text{ kg/m}^3 = 25,788 \text{ lb/ft}^3$$

$\rho_g$  : density gas

$$= 1,765 \text{ kg/m}^3 = 0,1102 \text{ lb/ft}^3$$

$$\frac{Lmf}{Lf} = 1 - \delta$$

$$\frac{Lmf}{4.13} = 1 - 0.56$$

$$Lmf = 1,817 \text{ m}$$

$$= 5,96 \text{ ft}$$

$$\frac{\Delta P}{5.96} = (1 - 0.65) \times (25.788 - 0.1102) \times 1$$

$\Delta p =$	53.56 lb/ft <sup>2</sup>	26.15 g/cm <sup>2</sup>
--------------	--------------------------	-------------------------

#### f. Menghitung Dimensi Gas Distributor

- Menghitung  $\Delta P$  melalui distributor

$$\Delta P = 10\% \text{ dari } \Delta P \text{ reactor}$$

$$= 0,1 \cdot 26,15 \text{ g/cm}^2 = 2,615 \text{ g/cm}^2$$

- Menghitung koefisien *orifice* (Cd)

$$N_{Re} = \frac{Dt \times \rho g \times Umf}{\mu g}$$



$$N_{Re} = \frac{0.920 \text{ m} \times (1.765 \times 10^{-3}) \times 7.12}{2.55 \times 10^{-4}}$$

$$N_{Re} = 45.208$$

Dari *Kunii*, Fig 3.12 halaman 88 untuk  $N_{Re} > 10.000$  , maka koefisien orifice (Cd) adalah 0,6

- Menghitung  $U_{or}$

Persamaan yang digunakan:

$$U_{or} = Cd \left[ \frac{2 \times gc \times \Delta p}{\rho g} \right]^{1/2} \quad (\text{Kunii, 1969:72})$$

$$U_{or} = 0.6 \left[ \frac{2 \times 980 \times 2.615}{1.765 \times 10^{-3}} \right]^{1/2}$$

$$U_{or} = 1022,492 \text{ cm/s}$$

- Menghitung jumlah lubang (Nor)

Diameter orifice 1 cm maka;

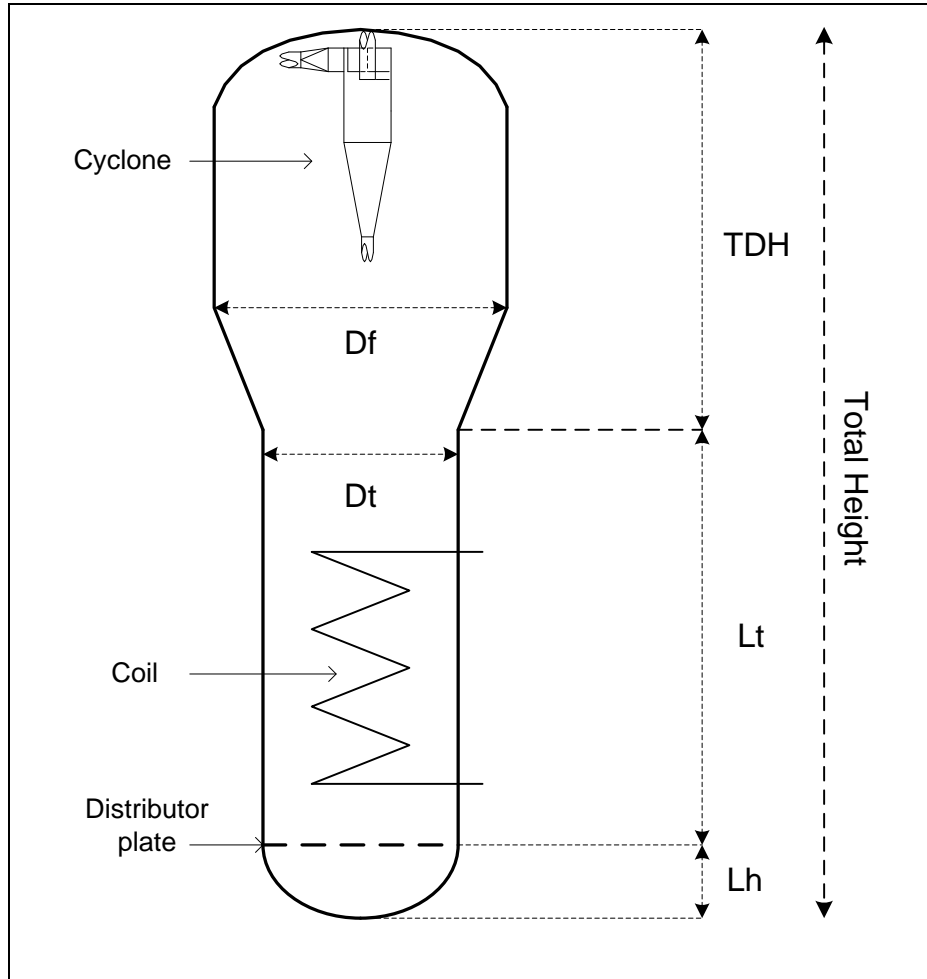
$$Nor = \frac{4 \cdot U_0}{U_{or} \times \pi \times D_{or}^2}$$

$$Nor = \frac{4 \times 71.2}{1022.492 \times \pi \times (1)^2}$$

$$Nor = 0,0887$$

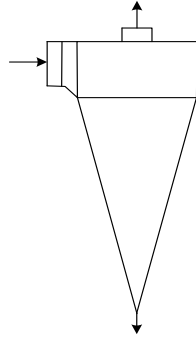
Jumlah lubang = 887 lubang tiap  $\text{m}^2$

# Rangkuman Reaktor



Fungsi	Mereaksikan urea menjadi melamin, CO <sub>2</sub> dan NH <sub>3</sub>
Tipe	Fluidized bed reactor
Jumlah	1
Tinggi, total	6,199 m
Total Disengaging Head	1,84 m
Tinggi zone reaksi (Lt)	4,13 m
Tinggi head bawah (Lh)	0,230 m
Diameter freeboard (Df)	1,42 m
Diameter zone reaksi (Dt)	0,920 m
Tebal	0,30 in
Bahan	Plate Steel SA 129 grade B
Kondisi Operasi	3 Atm, 395° C

## CYCLONE DALAM REAKTOR



**Kode** : CY – 01

**Fungsi** : memisahkan partikel padatan yang terikut dalam gas hasil reaksi

**Tujuan** :

- a. menentukan jenis cyclone
- b. menghitung diameter minimal partikel
- c. menentukan ukuran cyclone
- d. menghitung friksi
- e. menghitung pressure drop

### a. Menentukan Jenis Cyclone

Untuk parameter  $2.U_{mf} < U_o < 200.U_{mf}$ , maka digunakan jenis reaktor Bubbling Bed Internal Cyclone with Internal Heat Transfer (*Perry, 6<sup>th</sup> ed, 20-61*). Maka jenis cyclone yang digunakan merupakan internal cyclone dengan proporsi ukuran mengikuti Lapple model (*Perry, 6<sup>th</sup>ed, 20-83*).

### b. Menghitung Diameter Minimal Partikel

Menentukan diameter minimal partikel yang dapat terpisahkan dari campuran gas

Persamaan yang digunakan :

$$D_{p,\min} = \left[ \frac{9 \cdot \mu \cdot Bc}{2\pi Nc Vc (\rho_s - \rho_g)} \right]^{1/2} \quad (\text{Perry } 6^{\text{th}} \text{ed, } 20-86)$$

dimana:

Bc = Lebar pipa aliran gas masuk

Vc = Laju alir gas masuk cyclone

Nc = Angka perputaran gas dalam cyclone

Proporsi dimensi cyclone mengikuti model Sheperd dan Lapple sesuai fig. 20-106

Perry 6<sup>th</sup>ed, dimana:

$$Bc = Dc / 4$$

$$Hc = Dc / 2 \quad (\text{Perry } 6^{\text{th}} \text{ed, } 20-84)$$

Laju alir gas masuk cyclone mengikuti persamaan:

$$Q = Vc \times Ac$$

dimana :

$$Ac = Hc \cdot Bc$$

$$Hc = Dc/2 = 4Dc/2 = 2 Bc$$

$$Q = 2 \times Vc \times Bc^2$$

Dari neraca massa diperoleh :

$$Q = 2996,56 \text{ kg/jam}$$

$$= 0,473 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 16,70 \text{ cuft/s}$$

Dari fig. 20-107 Perry 6<sup>th</sup>ed, untuk perancangan diambil  $V_c = 40$  ft/s.

Maka :

$$Q = 2 \times V_c \times Bc^2$$

$$16,70 = 2 \times 40 \times Bc^2$$

$$Bc = 0,2087 \text{ ft}$$

Harga  $N_c$  bervariasi antara 5-10, namun banyak data mengindikasikan harga  $N_c$  adalah 10. (Perry, 6<sup>th</sup>ed, 20-86). Oleh karena itu diambil  $N_c = 10$ .

Data – data campuran gas masuk cyclone :

$$\begin{aligned} \mu &= 2,55 \cdot 10^{-4} \text{ g/cm.s} \times 2,20462 \cdot 10^{-3} \text{ lb/gr} \times (1/3,28084 \cdot 10^{-2}) \text{ cm/ft}^3 \\ &= 1,71 \cdot 10^{-5} \text{ lb/ft.s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_s &= 4,13 \text{ g/cm}^3 \times 2,20462 \cdot 10^{-3} \text{ lb/gr} \times (1/3,28084 \cdot 10^{-2}) \text{ cm/ft}^3 \\ &= 257,83 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_g &= 2,3842 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3 \times 2,20462 \cdot 10^{-3} \text{ lb/gr} \times (1/3,28084 \cdot 10^{-2}) \text{ cm/ft}^3 \\ &= 0,1489 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

maka:

$$\begin{aligned} D_{p \min} &= \left[ \frac{9 \cdot 1.71 \times 10^{-5} \cdot 0.20871}{2(3.14) \cdot 10 \cdot 40 \cdot (2.58 \times 10^2 - 1.1 \times 10^{-1})} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= 7,049 \cdot 10^{-6} \text{ ft} \\ &= 2,146 \cdot 10^{-2} \mu\text{m} \end{aligned}$$

Diameter katalis yang digunakan sebagai unggun terfluidisasi adalah 275 mikron. Karena diameter partikel minimal yang dapat terpisahkan dari campuran gas ( $D_{p_{min}}$ ) jauh lebih kecil dari diameter partikel katalis ( $D_p$ ) maka harga perancangan  $V_c = 40$  ft/s dan asumsi nilai  $N_c = 10$  bisa diterima.

### c. Menghitung Ukuran Cyclone

Sesuai dengan *Lapple's model* (Perry, 6<sup>th</sup> ed, fig 20-106) untuk cyclone

didapatkan proporsi:

$$\text{Lebar pipa masuk cyclone (Bc)} = 0,209 \text{ ft} = 0,064 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter cyclone (Dc)} &= 4 \times \text{Bc} \\ &= 4 \times 0,209 \\ &= 0,835 \text{ ft} = 0,254 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi pipa gas masuk cyclone (Hc)} &= 2 \times \text{Bc} \\ &= 2 \times 0,209 \\ &= 0,417 \text{ ft} = 0,127 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cyclone (Lc)} &= 2 \times \text{Dc} \\ &= 2 \times 0,835 \\ &= 1,6698 \text{ ft} = 0,5089 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{De} &= \text{Dc} / 2 \\ &= 0,835 / 2 \\ &= 0,417 \text{ ft} = 0,127 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sc} &= \text{Dc} / 8 \\ &= 0,835 / 8 \end{aligned}$$

$$= 0,104 \text{ ft} = 0,032 \text{ m}$$

$$Z_c = D_c / 4$$

$$= 0,835 / 4$$

$$= 0,209 \text{ ft} = 0,064 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi total} = L_c + Z_c$$

$$= 0,5089 + 0,064$$

$$= 0,573 \text{ m}$$

#### d. Menghitung Friksi

Persamaan yang digunakan:

$$F_{cv} = \frac{K \cdot B_c \cdot H_c}{D_e^2} \quad (\text{Perry } 6^{\text{th}} \text{ ed, } 20-84)$$

Dimana;

$F_{cv}$  = cyclone friction losses

$K$  = konstanta, untuk Lapple model bernilai 16 (Perry, 6<sup>th</sup> ed, 20-84)

$B_c$  = 0,209 ft

$H_c$  = 0,417 ft

$D_e$  = 0,417 ft

maka;

$$F_{cv} = \frac{16 \cdot 0,209 \cdot 0,417}{0,417^2} = 8$$

Harga ini sesuai untuk proporsi Lapple fig 20-106 Perry, 6<sup>th</sup> ed.



**e. Menghitung Pressure Drop**

Persamaan yang digunakan:

$$\Delta P_{cv} = K \left( \frac{D_c}{D_e} \right)^2 \quad (\text{Perry } 6^{\text{th}} \text{ ed, } 20-84)$$

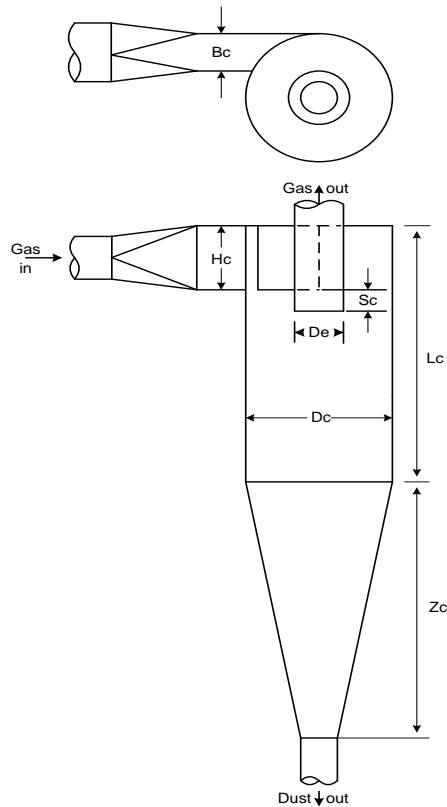
dimana;

K = konstanta dengan nilai 3,2

Maka;

$$\begin{aligned} \Delta P_{cv} &= 3.2 \left( \frac{0.835}{0.417} \right)^2 \\ &= 12,8 \text{ lb/ft}^2 \\ &= 0,006 \text{ atm} \end{aligned}$$

### Rangkuman Cyclon



Fungsi	Memisahkan partikel padatan yang terikut pada gas hasil reaksi
Tipe	Internal cyclone
Diameter partikel,min	2.149 $\mu\text{m}$
Tinggi total	0.573 m
Diameter	0.254 m
Pressure Drop	12.8 lb/ft <sup>2</sup>

