LAMPIRAN

Perhitungan Reaktor

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi dehidrogenasi Etanol menjadi Asethaldehid

Type : Fixed Bed Multi Tube

Kondisi operasi : Nonadiabatis - nonisothermal

T umpan = 260,0000 C = 533,0000 K

P umpan = 1,5000 atm

Fasa = Gas

1. Neraca Massa

Umpan masuk reaktor

Komponen	kmol/jam	fraksi mol	kg/jam
C2H5O	74,9820	0,9500	3449,1720
H2O	3,9467	0,0500	71,0406
Total	78,9287	1,0000	3520,2126

Produk keluar reaktor

Komponen	kmol/jam	fraksi mol	kg/jam
CH3CHO	37,4933	0,3220	1649,7041
C2H5O	37,4933	0,3220	1724,6907
H2O	3,9467	0,0339	71,0399
H2	37,4933	0,3220	74,9866
Total	116,4265	1,0000	3520,4212

2. Viskositas (data diperoleh dari Yaws)

n gas = A+BT+CT^2 (Joule/mol K)

0,000339941 (Poise=g/cm s)

3. viskositas campuran gas (Perry,1984)

$$\mu_{mix} = \frac{\sum(y_i . \mu_i).(BM_i)^{0,5}}{\sum y_i . BM_i^{0,5}}$$

total = 0,00102368 6,6553

μ mix = 0,00015381 g/cm.s

4. Cp (data diperoleh dari Yaws)

Cp = A+BT+CT^2+DT^3+ET^4 (Joule/mol K)

Yi*Cpi = 2,12511998 Cp,j/g.K

5. Konduktivitas Termal (data diperoleh dari Yaws)

gas = A+BT+CT^2 (W/m K)

K gas mix = 0,0417 W/m.K

6. Menghitung Harga ΔHR (ΔHf diperoleh dari Smith Vaness)

ΔHR298 = ΔHf produk - ΔHf reaktan

ΔHR = ΔHR298 + Cp dT = 68920,0001

= 68,9100 kj/mol = 10,0001

= 68910,0000 j/mol 68910,0000

7. Densitas Umpan Gas (data diperoleh dari Carl Yaws)

Densitas mix = 0,9871 kg/m3 = 0,0010 g/cm3

8. Katalisator

Katalis = Tembaga (Cu)

diameter = 0,3450 cm

Partikel density = 8,9600 g/cm3 [wikipedia]

Specific surface area = 342,0000 m2/g

porosity (ε) = 0,3500

9. Menentukan Jenis dan Ukuran Tube

Diameter reaktor dipilih berdasarkan pertimbangan agar perpindahan panas berjalan dengan baik.

Pengaruh rasio Dp/Dt terhadap koefisien perpindahan dalam pipa yang berisi butir-butir katalisator dibandingkan dengan pipa kosong (hw/h), telah diteliti oleh Colburn's, yaitu :

Dp/Dt	0,0500	0,1000	0,1500	0,2000	0,2500	0,3000
hw/h	5,5000	7,0000	7,8000	7,5000	7,0000	6,6000

(Smith, Chem Kinetik Eng, P.571)

dipilih Dp/Dt = 0,1500 in = 0,381 cm

dimana :

hw : koefisien perpindahan panas dalam pipa berisi katalis

h : koefisien perpindahan panas dalam pipa kosong

Dp : diameter katalisator

Dt : diameter tube

sehingga :

Dp/Dt	=	0,1500 cm	=	0,0591 in
Dp	=	0,3450 cm	=	0,1358 in
Dt	=	2,3000 cm	=	0,9055 in

dari hasil perhitungan,maka dipilih ukuran pipa standart :

IPS	=	1,0000 in	
OD	=	1,3200 in	3,3528
Sc. Number	=	40,0000	
ID	=	1,0490 in	2,6645 cm
Flow area per pipe	=	0,8640 in2	

Surface per lin ft :

Outside	=	0,3440 ft2/ft	(Kern, Pros.heat.tranf, P.844)
Inside	=	0,2740 ft2/ft	
Weight per lin ft	=	1,6800 lb steel	

10. Menghitung Pemanas yang Dibutuhkan

Panas umpan reaktor :

suhu = 260,0000 C 533,0000 K

Komponen	Cp.dT (Kj/kmol)	Flowrate, kmol/j	Panas, kJ/jam
C2H5OH	19364,44778	74,9820	1451985,0237
H2O	8103,418614	3,9467	31981,7622

total = 1483966,7860

Produk keluar reaktor

suhu = 260,0000 C 533,0000 K

Komponen	Cp.dT (Kj/kmol)	Flowrate, kmol/jam	Panas, kJ/jam
C2H5OH	19364,44778	37,4933	726036,5712
C2H4O	15832,87175	37,4933	593626,2188
H2O	8103,418614	3,9467	31981,4426
H2	6842,497523	37,4933	256547,6432
total =	1608191,8757		

Panas reaksi = 2583348,0212 kj/jam

Panas yang diberikan oleh pemanas = -2707573,1110 kj/jam

Pemanas yang dipakai adalah steam :

suhu steam masuk = 350,0000 C 623,0000 K

suhu steam keluar = 317,0000 C 590,0000 K

Cp air = 4,1800 kJ/kg C = 1,0000 kkal/jam

Steam panas yang dibutuhkan 19628,6292 kg/j → 20000 kg/jam

11. Menentukan Jumlah Tube

asumsi Re = 3000

Dp = 0,3450 cm

μ = 0,00015381 g/cm.s

G (umpan total) = 3520,2126 kg/jam

= 977,8368333 g/s

Gt (kec. Massa per satuan luas) = 1,337502421 g/cm2.s

At (luas penampang total) = 731,0916362 cm2

Luas Penampang Pipa

Ao = 1,9505 cm2 = 0,000195055 m2

Jumlah Pipa Maksimal (Nt max)

Nt max = 374,8 buah

Nt = 220,4 Jumah tube

Note:

densitas s = 8,9600 g/cm3

P = 1 atm

BM = 29 g/gmol

R = 82,06 cm3 atm/gmol K

T udara = 298 K

sehingga:

densitas udara = 0,001185906 g/cm3

densitas B = 5,824415067 g/cm3 5824415,067 G/M3

Qv = 3566,081987 m3/jam

V max^2 = 2662122,124

V max = 1631,601092 cm/det 1631,601092

58737,63932 m/jam

At = 0,060712041 m2

maka juml pipa min:

Nt min = 311,2567116 buah

jadi jumlah tube : 240-289 buah

diambil Nt = 240 buah

12. Menghitung IDs (diameter reaktor)

Pipa (tube) disusun dengan pola 'triangular pitch' agar turbulensi yang terjadi pada aliran fluida dalam shell

Menjadi besar, sehingga akan memperbesar koefisien perpindahan panas konveksi (ho)

Susunan tube = triangular

Pitch tube (PT) = 1.25 Odt = 1,65 in = 4,1910 cm

Clearance (C') = PT - OD t = 0,3300 in = 0,8382 cm

untuk menghitung diameter shell, dicari luas penampang shell total (A total).

luas shell = luas segitiga

A total = 2. Nt. (luas segitiga ABC)

π/4 * IDs^2 = 2. Nt (1/2*PT^2*sin 60)

π/4 * IDs^2 = 2. Nt (1/2*PT^2*0.866)

IDs = 68,1942 cm = 26,8481 in

13. Menghitung koefisien perpindahan panas overall (Ud)

a. tube side

Cp = 94,99104265 kj/kmol K = 2,12511998 j/g k = 0,507576407 btu/lb.F

μ = 0,00015381 g/cm s = 0,037208695 lb/ft.h

k = 0,0417 W/m k = 0,024094637 Btu/ft h F

Pr = Cp. μ/ k = 0,783836506

Gt = 1,337502421 g/cm2.s

Dp = 0,3450 cm

Ret = Gt . DP = 3000 → dari fig. 24 Kern, didapat jH = 12

hi = 3,049766496 btu/hr.ft2.F

hio = hi x (ID/OD) = 2,423640192 btu/hr.ft2.F

b. Shell side

Didalam shell digunakan steam sebagai media pemanas, dengan spesifikasi sbb :

Cp = 0,39 Btu/lb.oF = 0,39 kkal/kg.K

μ = 0,0302 lb/ft.h = 0,00012484 gram/cm.s

k = 0,0127 Btu/ft.h

Menghitung bilangan Reynold di shell (Res)

IDs = diameter dalam shell = 26,8481 in

B = baffle spacing (0.25*IDs) …kern,1965 = 6,7120 in

PT = pitch tube = 1,6500 in

C' = jarak antar tube (clearance) = 0,3300 in

Ws = laju aliran pemanas = 20000,00 kg/jam = 44092,4 lb/h

as = flow area pada shell, ft2

= (IDs.C'.B)/(144PT)

= 0,2503 in2

= 0,001737979 ft2

Gs =mass velocity fluida dalam shell, lb/ft2.h

= Ws/as

=176168,7 lb/ft2.h

Diameter Equivalen (De) (keren, 1983) P.139

De = 4 (0.5 Pt^2 . 0.866 - 0.5 π . (OD^2)/4) 0.5 π OD

De = 1,9453 in = 0,162103388 ft = 4,941108917 cm

Res = (Gs.Dp)/μs = 945614,2547

dari fig.28 Kern, hal.838 didapat jH = 45

ho = 3,4381 Btu/h.ft2.oF

c. Clean overall coefficient (Uc)

Uc = 1,4215 Btu/h.ft2.oF

dari tabel.12 Kern, hal.845, didapat → Rd shell = 0,0005

Rd tube = 0,001

Rd = Rd shell + Rd tube = 0,0015

Ud = 1,4185 Btu/h.ft2.F

= 6,9252 kkal/h.m2.K

=28,9943 kj/jam.m2.k

14. Menghitung panjang reaktor

Persamaan yang digunakan :

$$\frac{dX_A}{dZ} = \frac{(-rA)\,\rho_b \,.\, Nt \,.\, \pi / 4 \,.\, (IDt)^2}{.FAo}$$

$$\frac{dTs}{dZ} = \frac{Ud \,.\, \pi \,.\, ODt \,.Nt \,.\, (T - Ts)}{Ws \,.\, Cps}$$

$$\frac{dT}{dZ} = \frac{Ud\,\pi.ODtNt.(T-Ts)+(-\Delta H_R).FAo\frac{dX}{dZ}}{\sum(Fi.CPi)}$$

$$\frac{dP}{dZ} \quad \frac{G}{\rho \,.\, g \,.\, Dp} \frac{(1 - \varepsilon)}{(\varepsilon)^3}\left(\frac{150 \quad (1 - \varepsilon)\,\mu}{Dp} + 1.75 \quad G\right)$$

(-rA) = $$ko \exp\left[-\frac{Ea}{R.T}\right].\frac{F_{Ao}(1-x)}{F_{To}}.P$$

ΔHR = $$\Delta HR_{298} + \int_{298}^{T} \Delta Cp \; dT$$

Σ Fi.Cpi = $$[F_{Ao}.(1-x).Cp_A]+[(F_{Bo}+\tfrac{1}{2}F_{Ao}.x).Cp_B]+[(F_{Co}+\tfrac{1}{2}F_{Ao}.x).Cp_C]$$

konversi (X) = 0,467205047 = 0,5000

suhu gas masuk (Tin) = 533 K

suhu gas keluar (Tout) = 533,1652059 K = 260,0152 °C

Z (panjang pipa tube) = 2,2000 m = 86,6139 inch

tekanan masuk (P in) = 1,5 atm

tekanan keluar (P out) = 0,164704 atm

suhu pemanas masuk (Ts in) = 623 K

suhu pemanas keluar (Ts out) = 621,7380133 K

Dimensi Reaktor

		in	cm	1:10
Tube :	panjang =	86,613912	220,00	22,00
	IDt =	1,0490	2,66	0,27
	ODt =	1,3200	3,35	0,34
	pitch (PT) =	1,65	4,19	0,42
	clearance (C) =	0,3300	0,84	0,08
	penyangga tube =	0,130798033	0,33	0,03
shell :	IDs =	26,8481	68,19	6,82
	ODs =	27,22310779	69,15	6,91
	baffle space (B) =	6,7120	17,05	1,70
	ts =	0,1875	0,48	0,05
head :	tH =	0,1601	0,41	0,04
	hH =	6,9050	17,54	1,75
	icr =	1,7500	4,45	0,44
	r =	26,0000	66,04	6,60
	sf =	2	5,08	0,51
	(tinggi reaktor) HR =	100,4239427	255,08	25,51
Nozzle :	D gas in =	8,8384	22,45	2,24
	D gas out =	18,8245	47,81	4,78
	D pemanas in =	8,0447	20,43	2,04
	D pemanas out =	8,0447	20,43	2,04
Isolasi :	t (isolasi) =	1,37	3,48	0,35