LAMPIRAN
REAKTOR (R)

Tugas : Mereaksikan diethanol amine menjadi morpholine dengan katalis oleum dengan kecepatan umpan = 100.000 Kg/jam

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Kondisi Operasi : Tekanan : 10 atm

Suhu : 190 °C

NERACA MASSA :

Umpan total masuk :

$C_4H_{11}NO_2$	=	155,0903 Kgmol/j	=	16284,4824 Kg/j
H_2O	=	9,1383 Kgmol/j	=	164,4897 Kg/j
H_2SO_4	=	218,8720 Kgmol/j	=	21449,4590 Kg/j
SO_3	=	67,0296 Kgmol/j	=	5362,3647 Kg/j
Jumlah	=	450,1302 Kgmol/j	=	43260,7969 Kg/j

Reaksi yang terjadi :

$C_4H_{11}NO_2$ ----------> C_4H_9NO + H_2O

Konversi : 0,95

Hasil reaksi :

$C_4H_{11}NO_2$	=	7,7545 Kgmol/j	=	814,2241 Kg/j
H_2O	=	89,4445 Kgmol/j	=	1610,0020 Kg/j

H2SO4 = 285,9016 Kgmol/j = 28018,3555 Kg/j

C4H9NO = 147,3358 Kgmol/j = 12818,2139 Kg/j

Jumlah = 530,4364 Kgmol/j = 43260,7969 Kg/j

NERACA PANAS

Diketahui Cp rata-rata untuk masing-masing komponen

sebagai berikut :

cp $C_4H_{11}NO_2$ = 32,62 Kcal/kmol K

cp H_2O = (92,05 – 0,03995 T – 2,1103E-04 T^2 + 5,3469E - 07 T^3) / 4,2 Kcal/kmol K

cp H_2SO_4 = (26,00 + 0,70337 T -0,0013856 T^2 + 1,0342E-06 T^3) 4,2 Kcal/kmol K

cp SO_3 = 12,21 Kcal/kmol K

cp C_4H_9NO = 39,24 Kcal/kmol K

Enthalpi Umpan Masuk Diethanolamine

Suhu Umpan masuk Reaktor = 190,0 ^oC

Suhu referensi = 25 ^oC

Komponen	M	cp dT	H = m ∫ cp dT
$C_4H_{11}NO_2$	10.500,0000	9823,4207	398479,816
H_2O	106,0606	4136,4284	5649,534
Jumlah			404129,350

Enthalpi Umpan masuk (H1) = 404129,350 Kj/jam

Enthalpi Umpan Masuk Asam Sulfat dan Oleum

Suhu Umpan masuk Reaktor = 190,0 ^{o}C

Suhu referensi = 25 ^{o}C

Komponen	M	cp dT	H = m ∫ cp dT
H_2SO_4	4867,711	7298,227	592094,401
SO_3	4,873	4136,428	1119,728
Jumlah	4872,584		593214,128

Enthalpi Umpan masuk (H2) = 593214,128 Kj/jam

Enthalpi Hasil Reaksi

Suhu hasil reaksi keluar Reaktor = 190,0 ^{o}C

Suhu referensi = 25 ^{o}C

Komponen	M	cp dT	H = m ∫ cp dT
C_4H_9NO	851,850	9823,421	139467,935
H_2O	504,302	4136,428	115889,451
$C_4H_{11}NO_2$	2689,411	11329,360	298718,640
H_2SO_4	11,926	7904,480	961,918
Jumlah	7343,193		954701,666

Enthalpi hasil reaksi (H4) = 954701,666Kj/jam

Panas Reaksi :

$C_4H_9NO + SO_3 \longrightarrow C_4H_{11}NO_2 + H_2O$

Dari data Literatur diperoleh :

Panas Pembentukan C_4H_9NO = 5,41 Kj/kmol

Panas Pembentukan SO_3 = 11,715 Kj/kmol

Panas Pembentukan $C_4H_{11}NO_2$ = 8,88 Kj/kmol

Panas Pembentukan H_2O = 6,002 Kj/kmol

Panas reaksi pada suhu 25 ^oC

= DHf produk - DHf reaktan

= (DHf $C_4H_{11}NO_2$ + DHf H_2O)- (DHf C_4H_9NO + DHf SO_3)

= (8,88 + 6,002)- (5,41 + 11,715)

= -2,243 Kj/kmol

Panas reaksi suhu 80 ^oC = DHr0 + $_{298}\int^{T}$cp dT

= DHr0 + $_{298}\int^{T}$ (Cp produk - Cp reaktan) dT

dimana :

$_{TQ}\int^{T}$d cp dT = $_{298}\int^{T}$392,3903 – 451,5309 dT

= -59,1407Kj/jam

maka :

Panas reaksi pada suhu 80 ^{o}C

= DHr0 + $_{298}\int^{T}$ d cp dT

= -59,1407 + 954701, 6659 KCal/gmol

= 43600,5205 Kj/jam

Jadi :

Panas Masuk (H1 + H2 + H3) = 998361,3270 Kj/jam

Panas Reaksi (Qr) = 43600,5205 Kj/jam

Neraca Panas disekitar reaktor :

Input - output = Accumulation

Panas Masuk - (Panas keluar + panas reaksi + panas dibuang) = 0

(H1 + H2 + H3) - (H4 + Qr + Ql) = 0

Panas Yang dikeluarkan (Ql) :

(Ql) = (H1 + H2 + H3) - (H4 + Qr)

= 998361,3270 - (954701,666 + 43600,5205)

= 59,1405 Kj/jam

Neraca Panas :

Komponen	Input (Kj/jam)	Output (Kj/jam)
Q in	998361,3270	
Q out		954701,67
Q reaksi		43600,5205
subtotal	998361,3270	998302,1864
Q pedingin		59,1407
Total	998361,3270	998361,3270

Perhitungan Volume dan Ukuran Reaktor

Dari data diperoleh :

Densitas $C_4H_{11}NO_2$ = 725,3978 Kg/m3

Densitas H_2O = 975,6407 Kg/m3

Densitas CH_3COOH = 983,7055 Kg/m3

Densitas C_4H_9NO = 808,2536 Kg/m3

Densitas SO_3 = 1764,6882 Kg/m3

Dari data percobaan patent dapat ditentukan konstanta kecepatanreaksi untuk kondisi operasi T = 80^oC dan tekanan Atmosferis

Volume cairan :

Komponen	massa kg	densitas	Volume
C_4H_9NO	860,322757	725,397854	624076,282
H_2O	509,318476	975,640716	496911,842
$C_4H_{11}NO_2$	3318,38778	983,70559	3264316,6
H_2SO_4	2716,16185	808,253699	2195347,86
C_4H_9NO	12,0445186	1764,6882	21254,8198
JUMLAH			6601907,41

Menentukan Konstanta Kecepatan Reaksi

Konstanta kecepatan reaksi ditentukan berdasarkan teori analisi datadengan persamaan reaksi :

Reaksi

$C_4H_9NO + SO_3 \longrightarrow C_4H_{11}NO_2 + H_2O$

Konversi XA = 0,65

(1 - XA) = 0,35

maka

C_4H_9NO = nAo (1 - XA)

= 40,5643*0,35

= 14,1975 Kmol/jam

SO_3 = nBo - nAo XA

= 81,1285 – 40,5643 * 0,65

= 54,7618 Kmol/jam

$C_4H_{11}NO_2$ = 26,3667 Kmol/jam

H_2O = 26,3667 Kmol/jam

sehingga :

Konstanta kecepatan reaksi :

$Kc = 1{,}57748E+13 * EXP(^{-8881{,}918657}/_{T})$

$= 2{,}2309E+13 * EXP(^{-8881{,}918657}/_{353})$

= 263,6883 lt/(Kgmol jam)

Anggapan :

- Volume cairan selama reaksi tetap
- Bisa dianggap isothermal karena cairan dalam tangki mixed flow
- Reaksi orde dua

Reaksi : $A + B \longrightarrow D$

dengan $-ra = {}^{-dCA}/_{dt} = k*CA*CB$

Volume cairan :

Komponen	massa kg	densitas	Volume
C_4H_9NO	860,322757	725,397854	624076,282
H_2O	509,318476	975,640716	496911,842
$C_4H_{11}NO_2$	3318,38778	983,70559	3264316,6
H_2SO_4	2716,16185	808,253699	2195347,86
SO_3	12,0445186	1764,6882	21254,8198
JUMLAH			6601907,41

Kondisi Awal :

Konsentrasi awal C_4H_9NO = 0,005217 grmol/lt

Konsentrasi awal SO_3 = 0,010434 grmol/lt

Perbandingan konsentrasi = 2,000000

maka diperoleh volume reaktor dengan volume:

Konversi Reaktor (Xa) = 0,65

Volume cairan dalam reaktor :

$$V = \frac{Fv , xa}{k * CAo (1 - xa)(M - xa)}$$

$$= \frac{19168{,}1085 * 0{,}650}{263{,}6883 * 0{,}005217 * (1 - 0{,}650) * (2{,}000 - 0{,}650)}$$

= 135 liter

Over Design : 20 %

Volume reaktor =(100/80)*21701,8409 lt

= 27127,3011 lt

Dipakai Volume reaktor = 27,127 m^3

Menghitung ukuran reaktor :

Reaktor berbentuk silinder tegak dengan perbandingan H : D = 1 : 1

$$Vt = \frac{\pi * D^2 * (h/d) * D}{4} + \frac{\pi}{12} D^2 * D$$

Atau :

$$\text{diameter } (D) = \left(\frac{Vt}{\pi/4 * (h/d) + \pi/12} \right)^{1/3}$$

$$\text{diameter } (D) = \left(\frac{27{,}127}{\pi/4 * 1. + \pi/12} \right)^{1/3}$$

$= 2{,}86$ m

Tinggi (H) $= 1 * 2{,}86$

$= 2{,}86$ m

diperoleh ukuran Reaktor :

diameter $= 2{,}86$ m

tinggi $= 2{,}86$m

Volume cairan dalam head $= (1/2) * (\pi/12) * 27{,}89$ m^3

$= 3{,}65$ m^3

Volume cairan dibadan Reaktor $= 21{,}7018$ m^3 - $3{,}64$ m^3

$= 18{,}05$ m^3

Tinggi cairan dibadan Reaktor $= (4*18{,}05)/(3{,}14*(2{,}85\text{^}2))$ m

$= 2{,}82$ m

Menghitung tebal shell dan head

Tebal shell :

Tekanan design (p) = 2,19 psi

Allowable stress = 18750 psi

Efisiensi sambungan = 0,85

Faktor korosi = 0,125 in

Jari-jari Reaktor = 56,22 in

$$t\ shell = \frac{p * ri}{S * e - 0{,}6 * p} + c$$

$$= \frac{2{,}19 * 56{,}22}{18750 * 0{,}85 - 0{,}6 * 22{,}0} + 0{,}125$$

= 0,1369 in

Maka dipilih tebal shell $^{3}/_{16}$ in

Tebal Head :

$$th = \frac{P\ .\ r\ .\ w}{(2\ .\ S\ .\ E) - (0{,}2\ .\ P)} + C$$

= 0,1955 in

Maka dipilih tebal head $^{1}/_{4}$ in

Menghitung pengaduk dalam Reaktor

Dipilih : Pengaduk type Turbine dengan 6 blade

Jumlah buffle 4 buah

Dari tabel 477, Brown diproleh :

Di/DR = 1/3

E = Di = 1

W = Di/5

L = Di/4

B = DR/12

Diameter Impeler = 0,95 m

Tinggi Impeler = 0,95 m

Lebar Buffle = 0,24 m

Tinggi Zone pegadukan = 0,19 m

Jumlah Impeller = 5 Impeller

diambil :

zi/Di = 1

Putaran = 2,88 rps

efisiensi = 70 %

Tinggi baffle diambil sama dengan tinggi cairanbilangan Reynold dalam Reaktor:

$$Re = \frac{\rho_L \; N \; DI^2}{\mu_L}$$

5257,68 *73 * 0,95

= ——————————

0,44

= 824179,6422

Dari fig, 477 brown diperoleh

$$P = \frac{N^3 DI^5 \rho N_p}{550 \; gc}$$

(1,21^3)*(0,95/0,3048)^5*328,23*7

= ——————————————————

550 *32,2

= 69,47 Hp

effisiensi : 70 %

P 69,47

Power = —— = ———

eff 0,70

= 99,24 Hp

Digunakan motor dengan daya = 100 Hp

Spesifikasi Reaktor

Tugas : Mereaksikan Diethanolamine dan Oleum menjadi Morpholine dan Air dengan katalis Asam Sulfat dengan kecepatan umpan = 7343,1935 kg/j

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Kondisi Operasi :

Tekanan : 10 atm

Suhu : 190 °C

Diperoleh ukuran Reaktor :

Diameter = 2,86 m

Tinggi = 3,99 m

Volume cairan dalam head = 3,65 m^3

Volume cairan dibadan Reaktor = 18,05 m^3

Tinggi cairan dibadan Reaktor = 2,82 m

Dipilih Tebal shell : $^3/_{16}$ in

Tebal Head : $^1/_4$ in

Dipilih : Pengaduk type Tuurbine dengan 6 blade

Jumlah buffle 4 buah

Diameter Impeler = 0,95 m

Tinggi Impeler = 0,95 m

Lebar Buffle = 0,24 m

Digunakan motor dengan daya = 100 Hp

Tebal Jaket :

Tebal Jaket = 0,24 in

Jenis bahan Isolasi = Stainless steel SA-167

Jenis Bahan Reaktor : Baja Steinless Steel

LAMPIRAN GAMBAR REAKTOR RATB