

LAMPIRAN

LAMPIRAN
PERHITUNGAN REAKTOR

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara *butanol* dan *asam asetat* menjadi *butil asetat* dengan bantuan katalis *amberlyst15*.

Jenis : Reaktor alir tangki berpengaduk/RATB
(*Continuousn Stirred Tank Reactor*)

Kondisi Operasi : Suhu : 93°C
Tekanan : 1 atm

Alasan pemilihan :

1. Terdapat pengaduk sehingga suhu dan komposisi campuran adalah reaktor yang harus selalu homogen bisa terpenuhi.
2. Fase reaktan adalah cair sehingga memungkinkan penggunaan RATB.
3. Pengontrolan suhu mudah, sehingga kondisi operasi yang isothermal bisa dipenuhi.
4. Mudah dalam melakukan pengontrolan secara otomatis sehingga produk lebih konsisten dan biaya operasi lebih rendah.

Tujuan perancangan :

1. Menghitung neraca massa
2. Menghitung neraca panas
3. Perancangan reaktor

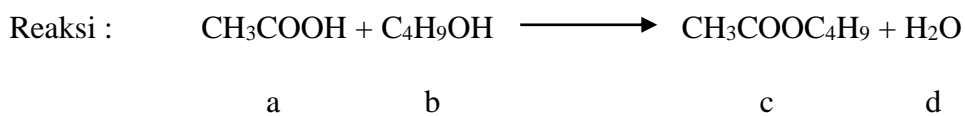
Data Raw Material :

- Butanol (C₄H₉OH) kemurnian 99%
- Asam Asetat (CH₃COOH) kemurnian 99,8%
- Katalis Amberlyst 15 kemurnian 99%

Spesifikasi produk Butil Asetat yang diinginkan CH₃COOC₄H₉ = 98%

Komponen	BM
C ₄ H ₉ OH	74
CH ₃ COOH	60
Amberlyst 15	139
CH ₃ COOC ₄ H ₉	116
H ₂ O	18

A. Kinetika Reaksi



Persamaan Laju Reaksi

Reaksi dianggap berorde 2 masing-masing terhadap a dan b

$$(-r_a) = k \cdot C_a \cdot C_b$$

Dengan : $(-r_a)$ = laju reaksi CH₃COOC₄H₉, kmol/m³.jam

k = konstanta laju reaksi, m³/kmol.jam.

C_a = konsentrasi CH₃COOH, kmol/m³.

C_b = konsentrasi C₄H₉OH, kmol/m³.

Berdasarkan referensi disebutkan :

1. Konversi sebesar = 0,80
2. Reaksi berlangsung dalam reaktor alir tangki berpengaduk
3. Waktu reaksi yang dibutuhkan = 1,5 jam

Menghitung densitas dan kecepatan laju alir volumetrik pada $T = 93^{\circ}\text{C}$

$$T = 93^{\circ}\text{C}$$

$$= 366\text{K}$$

$$\text{Density} = A \left[B^{-\left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^n} \right]$$

Komponen	A	B	n	Tc	density (ρ), g/ml	ρ, (kg/m ³)
CH ₃ COOH	0,352	0,270	0,268	592,710	0,969	968,620
C ₄ H ₉ OH	0,269	0,267	0,246	562,930	0,746	746,333
CH ₃ COOC ₄ H ₉	0,299	0,260	0,309	579,650	0,802	802,413
H ₂ O	0,347	0,274	0,286	647,130	0,963	962,637
Total					3,480	3480,004

Komponen	massa (kg/jam)	Fraksi massa (x)	mol (kmol/jam)	ρ campuran (x/ρ)	ρ, (kg/m ³)	Fv (m ³ /jam)
CH ₃ COOH	1604,663	0,192	26,744	0,000198437	968,620	1,657
C ₄ H ₉ OH	5937,255	0,711	80,233	0,000952896	746,333	7,955
CH ₃ COOC ₄ H ₉	25,068	0,003	0,216	3,74211E-06	802,413	0,031
H ₂ O	27,300	0,003	1,517	3,397E-06	962,637	0,028
Amberlyst 15	754,192	0,090	5,426	7,52824E-05	1200,000	0,628
Total	8348,478	1,000	114,136	0,00123	4680,004	10,300

Menghitung kecepatan laju alir volumetrik (Fv)

$$Fv = \frac{\text{massa} \left(\frac{\text{kg}}{\text{jam}} \right)}{\text{densitas} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} = 10,300 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Menghitung konsentrasi umpan

$$1. \text{ Konsentrasi CH}_3\text{COOH (C}_{A0}) = \frac{26,744 \text{ kmol/jam}}{10,300 \text{ m}^3/\text{jam}} = 2,597 \text{ kmol/m}^3$$

$$2. \text{ Konsentrasi C}_4\text{H}_9\text{OH (C}_{B0}) = \frac{80,233 \text{ kmol/jam}}{10,300 \text{ m}^3/\text{jam}} = 7,790 \text{ kmol/m}^3$$

$$\text{Ratio mol umpan masuk (M)} = C_{B0} / C_{A0} = 3 \text{ kmol/m}^3$$

Menghitung konstanta kecepatan reaksi

$$k = \frac{C_{A0} \cdot X}{\tau \cdot C_{A0}^2 \cdot (1-X) \cdot (M-X)}$$

Diketahui:

$$C_{A0} = 2,597 \text{ kmol/m}^3$$

$$C_{B0} = 7,790 \text{ kmol/m}^3$$

$$M = 3 \text{ kmol/m}^3$$

$$X_A = 0,80$$

$$\tau = 1,5 \text{ jam}$$

Maka didapat :

$$k = 0,467 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

Menghitung laju reaksi

$$-r_A = k \cdot C_a \cdot C_b$$

$$-r_A = k \cdot C_{A0}^2 \cdot (1 - X) \cdot (M - X)$$

$$-r_A = 1,385 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{jam}$$

B. Optimasi Reaktor

Tujuan optimasi reaktor adalah untuk mendapatkan jumlah dan volume optimal ditinjau dari konversi dan harga reaktor.

1. Jumlah Reaktor = 1

$$V = \frac{Fv(x_{A1} - x_{A0})}{kC_{A0}(1 - x_{A1})(M - x_{A1})}$$

Diperoleh : $X_{A0} = 0,000$

$$t = 90 \text{ menit}$$

$$X_{A1} = 0,800$$

$$V_1 = 15,450 \text{ m}^3$$

2. Jumlah Reaktor = 2

$$V = \frac{Fv(x_{A2} - x_{A1})}{kC_{A0}(1 - x_{A2})(M - x_{A2})}$$

Diperoleh :

$X_{A0} = 0$	$t = 26 \text{ menit}$
$X_{A1} = 0,565$	$V_1 = 4,536 \text{ m}^3$
$X_{A2} = 0,800$	$V_2 = 4,536 \text{ m}^3$

3. Jumlah Reaktor = 3

$$V = \frac{F_v(x_{A3} - x_{A2})}{kC_{A0}(1 - x_{A3})(M - x_{A3})}$$

Diperoleh :

$X_{A0} = 0$	$t = 15 \text{ menit}$
$X_{A1} = 0,435$	$V_1 = 2,552 \text{ m}^3$
$X_{A2} = 0,668$	$V_2 = 2,552 \text{ m}^3$
$X_{A3} = 0,800$	$V_3 = 2,552 \text{ m}^3$

4. Jumlah Reaktor = 4

$$V = \frac{F_v(x_{A4} - x_{A3})}{kC_{A0}(1 - x_{A4})(M - x_{A4})}$$

Diperoleh :

$X_{A0} = 0$	$t = 10 \text{ menit}$
$X_{A1} = 0,354$	$V_1 = 1,761 \text{ m}^3$
$X_{A2} = 0,571$	$V_2 = 1,761 \text{ m}^3$
$X_{A3} = 0,709$	$V_3 = 1,761 \text{ m}^3$
$X_{A4} = 0,800$	$V_4 = 1,761 \text{ m}^3$

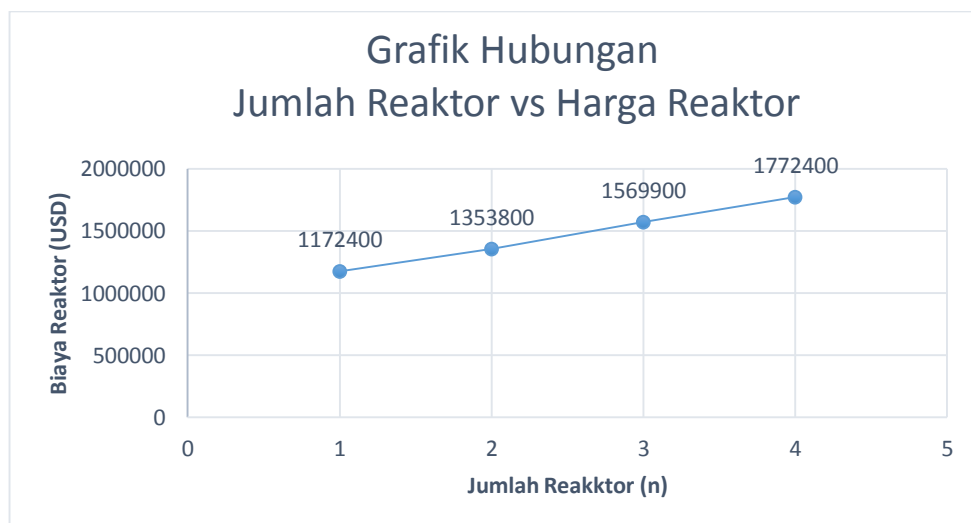
n	X _{A1}	X _{A2}	X _{A3}	X _{A4}
1	0,800			
2	0,565	0,800		
3	0,435	0,668	0,800	
4	0,354	0,571	0,709	0,800

n	V	1.2 x V
1	15,450	18,540
2	4,536	5,443
3	2,552	3,063
4	1,761	2,114

Untuk mengetahui jumlah reaktor dilakukan optimasi. Dengan menggunakan harga reaktor yang didapat dari <http://www.matche.com/equipcost/Reactor.html> untuk mempertimbangkan jumlah reaktor dengan harga minimal. Dipilih *stainless steel* sebagai bahan pembuat reaktor.

$$1 \text{ m}^3 = 264,172 \text{ gallons}$$

n	V (m ³)	V (gallon)	Harga (USD)	Harga alat (USD)
1	18,540	4897,738	1172400	1172400
2	5,443	1437,944	676900	1353800
3	3,063	809,104	523300	1569900
4	2,114	558,348	443100	1772400



Dilihat dari segi ekonomi, jumlah reaktor berpengaruh pada harga reaktor. Dari hasil optimasi, didapatkan harga paling ekonomis dengan menggunakan 1 buah reaktor.

Menghitung Neraca Massa Reaktor

Konversi $X_{A1} = 0,80 = 80\%$

Total *Flowrate* = 8348,478 kg/h

Komponen	<i>Input</i>		<i>Output</i>	
	Kmol/h	Kg/h	Kmol/h	Kg/h
CH ₃ COOH	26,744	1604,663	5,349	320,933
C ₄ H ₉ OH	80,233	5937,255	58,838	4353,987
CH ₃ COOC ₄ H ₉	0,216	25,068	21,612	2506,948
H ₂ O	1,517	27,300	22,912	412,419
Amberlyst 15	5,426	754,192	5,426	754,192
Total	114,136	8348,478	114,136	8348,478

Menghitung Dimensi Reaktor

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum 1:1 (D:H = 1:1)

$$D : H = 1 \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$\text{Volume shell} = \frac{\pi}{4} D^2 H$$

$$= \frac{\pi}{4} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 V_{\text{shell}}}{\pi}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times 18,540}{3,14}}$$

$$= 2,869 \text{ m}$$

$$= 112,957 \text{ in} \quad (1 \text{ in} = 0,0254 \text{ m})$$

$$= 9,413 \text{ ft} \quad (1 \text{ m} = 3,280 \text{ ft})$$

$$D = H$$

$$\begin{aligned} H &= 2,869 \text{ m} \\ &= 112,957 \text{ in} \\ &= 9,413 \text{ ft} \end{aligned}$$

(Brownell, hal 88)

Bentuk reaktor dipilih vertical vessel dengan formed head.

dasar pemilihan digunakan untuk tangki dengan tekanan dalam 15 psi-200 psi

$$\begin{aligned} V_{\text{dish}} &= 0.000049D_s^3 \\ \text{Dimana :} \\ D_s &: \text{diameter shell, in} \\ V_{\text{dish}} &: \text{volume dish, ft}^3 \end{aligned}$$

$$V_{\text{dish}} = 0,000049 \times (112,957 \text{ in})^3$$

$$V_{\text{dish}} = 70,621 \text{ ft}^3$$

$$\begin{aligned} V_{\text{sf}} &= \frac{\pi}{4} D^2 \frac{\text{sf}}{144} \\ \text{Dipilih sf : } &2 \text{ in} \end{aligned}$$

$$V_{\text{sf}} = \frac{3,14}{4} \times (112,957 \text{ in})^2 \times \frac{2 \text{ in}}{144}$$

$$V_{\text{sf}} = 139,111 \text{ in}^3$$

$$V_{\text{sf}} = 0,081 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{Head}} = 2 (V_{\text{dish}} + V_{\text{sf}})$$

$$V_{\text{Head}} = 2 (70,621 \text{ ft}^3 + 0,081 \text{ ft}^3)$$

$$V_{\text{Head}} = 141,403 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{Head}} = 4,005 \text{ m}^3$$

$$(1 \text{ ft}^3 = 0,02832 \text{ m}^3)$$

$$V_{\text{Reaktor}} = V_{\text{shell}} + V_{\text{Head}}$$

$$V_{\text{Reaktor}} = 18,540 \text{ m}^3 + 4,005 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Reaktor}} = 22,544 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Bottom}} = 0.5 V_{\text{Head}}$$

$$V_{\text{Bottom}} = 0,5 \times 4,005 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Bottom}} = 2,002 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Cairan}} = V_{\text{Shell}} - V_{\text{Bottom}}$$

$$V_{\text{Cairan}} = 18,540 \text{ m}^3 - 2,002 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Cairan}} = 16,538 \text{ m}^3$$

$$h_{\text{Cairan}} = \frac{4 V}{\pi D^2}$$

$$h_{\text{Cairan}} = \frac{4 \times 18,540 \text{ m}^3}{3,14 \times (2,869 \text{ m})^2}$$

$$h_{\text{Cairan}} = 2,869 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

Diameter shell	: 2,869 m
Tinggi shell	: 2,869 m
Volume shell	: 18,540 m ³
Volume head	: 4,005 m ³
Volume reaktor	: 22,544 m ³
Volume cairan	: 16,538 m ³

Volume bottom : 2,002 m³

Tinggi cairan dalam shell : 2,869 m

Menghitung Tebal Dinding Reaktor

Digunakan persamaan dari Pers. 13.1, Brownell & Young, 1959 hal. 254

$$t_s = \frac{Pr}{(fE - 0.6P)} + C$$

Reaktor terdiri atas dinding (shell), tutup atas dan tutup bawah (head). Head atas dan head bawah berbentuk *torispherical*. Bahan untuk reaktor adalah *stainless steel* SA 316.

Spesifikasi:

Tebal shell (Ts)

Max.Allowable Stress (f) = 150 N/mm² = 21755,661 psi (Coulson hal 812

diperoleh stainless steel (316) 150 N/mm² pada suhu 100°C)

Efisiensi sambungan (E) = 0,85 (tabel 13.2 brownell 1959:254)

Faktor koreksi (C) = 0,125 (tabel 6, Timmerhaus, 1991:542)

Jari-jari shell (ri) = 56,478 in

Menghitung tekanan hidrostatik

$$P_{\text{Hidrostatik}} = \frac{\rho gh}{gc}$$

Diketahui :

$$\text{Tekanan operasi} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psi}$$

$$g/gc = 1$$

$$\rho \text{ campuran} = 810,534 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = 810,534 \text{ kg/m}^3 \times 1 \times 2,869 \text{ m}$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = 2325,506 \text{ kg/m}^2 = 3,308 \text{ psi}$$

Menghitung tekanan total

$$P_{\text{Tot}} = P_{\text{Hidrostatik}} + P_{\text{Operasi}}$$

$$P_{\text{Tot}} = 3,308 \text{ psi} + 14,696 \text{ psi}$$

$$P_{\text{Tot}} = 18,004 \text{ psi}$$

Karena tekanan *over design* 20% maka, P desain menjadi 21,604 psi.

Dari data-data diatas sehingga dapat diperoleh tebal *shell* (ts) = 0,191 in

Dari tabel Brownell hal 350 tentang tebal *shell*,dipilih Ts standart = 1/4 in

Menghitung Ukuran Head

Menghitung tebal head

$$t_h = \frac{P \cdot r_c \cdot W}{2 f E - 0,2 P} + C$$

Dimana:

th = tebal head , m

W= faktor intensifikasi tegangan untuk jenis head

$$f = \text{allowable stress} = 21755,661 \text{ psi}$$

$$E = \text{joint efisiensi} = 0,85$$

C= corrosion allowance, = 0,125 in

$$P = P_{\text{Design}} - P_{\text{Lingkungan}}$$

$$P = 21,604 \text{ psi} - 14,696 \text{ psi}$$

$$P = 6,908 \text{ psi}$$

$$\text{OD} = \text{ID shell} + 2 \text{ ts}$$

$$\text{OD} = 112,957 \text{ in} + (2 \times 0,250 \text{ in})$$

$$\text{OD} = 113,457 \text{ in}$$

Dari Tabel 5.7 Brownell di dapat :

OD	114	in
icr	6,875	in
R	108	in

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right)$$

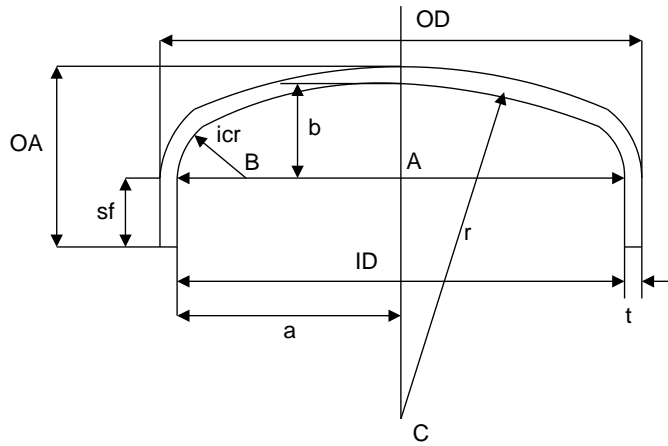
$$w = 1,741 \text{ in}$$

Dari data-data diatas sehingga dapat diperoleh tebal *head* (th) = 0,160 in

Dari tabel Brownell hal 350 tentang tebal *head* ,dipilih:

$$\text{Th standart} = 3/16 \text{ in}$$

Gambar 5.8 Brownell hal:87)



Dengan t_h sebesar $3/16$ in maka nilai sf adalah $1\ 1/2 - 2$, sehingga dipilih nilai sf sebesar $1,75$ in

$$ID = OD - 2ts$$

$$ID = 114\text{ in} - (2 \times 0,250\text{ in})$$

$$ID = 113,500\text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$a = 113,500\text{ in} / 2$$

$$a = 56,750\text{ in}$$

$$AB = a - icr$$

$$AB = 56,750\text{ in} - 6.875\text{ in}$$

$$AB = 49,875\text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 108 \text{ in} - 6,875 \text{ in}$$

$$BC = 101,1 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$AC = \sqrt{(101,100 \text{ in})^2 - (49,875 \text{ in})^2}$$

$$AC = 87,970 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$b = 108 \text{ in} - 87,970 \text{ in}$$

$$b = 20,030 \text{ in}$$

$$h_{\text{Head}} = th + b + sf$$

$$OA = 0,188 \text{ in} + 20,030 \text{ in} + 1,75 \text{ in}$$

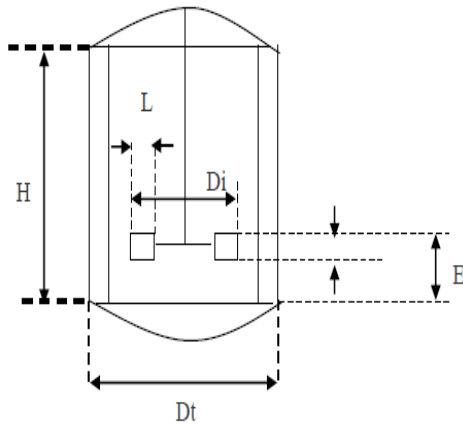
$$OA = 21,967 \text{ in} = 0,558 \text{ m}$$

$$h_{\text{Reaktor}} = 2 h_{\text{Head}} + h_{\text{Shell}}$$

$$h_{\text{Reaktor}} = (2 \times 0,558 \text{ m}) + 2,869 \text{ m}$$

$$h_{\text{Reaktor}} = 3,985 \text{ m}$$

Menghitung Ukuran Pengaduk



Keterangan

ID	: diameter dalam pengaduk
D_i	: diameter pengaduk
L	: panjang sudut pengaduk
W	: lebar sudut pengaduk
E	: jarak pengaduk dengan dasar tangki
J	: lebar <i>baffle</i>
H	: tinggi cairan

Data pengaduk dari Brown "Unit Operation" p.507

$$D_i / ID = 1/3$$

$$B / ID = 1/12$$

$$W / D_i = 1/5$$

$$E / D_i = 1$$

$$L / D_i = 1/4$$

$$\text{Diameter pengaduk } (D_i) = ID/3 = 0,956 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi pengaduk } (W) = D_i/5 = 0,191 \text{ m}$$

$$\text{Lebar pengaduk } (L) = D_i/4 = 0,239 \text{ m}$$

$$\text{Lebar baffle } (B) = ID/12 = 0,239 \text{ m}$$

$$\text{Jarak pengaduk dengan dasar tangki } (E) = D_i(0.75-1.3); \text{ dipilih } 1 = 0,956 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Cairan } (Z_L) = 2,869 \text{ m}$$

Menghitung kecepatan putar pengaduk (N)

$$N = \frac{600}{\pi D_i} \sqrt{\frac{WELH}{2D_i}}, WELH = Z_L \times Sg$$

Dimana: N = kecepatan putar pengaduk, rpm
 d = diameter pengaduk, ft
 Z_L = tinggi cairan dalam tangki, m
 S_g = *specific gravity*
 $WELH$ = *Water Equivalent Liquid Height*, ft

S_g (Specific Gravity) = $\rho_{\text{cairan}}/\rho_{\text{air}}$

S_g (Specific Gravity) = 0,811

$WELH = 2,869 \text{ m} \times 0,811$

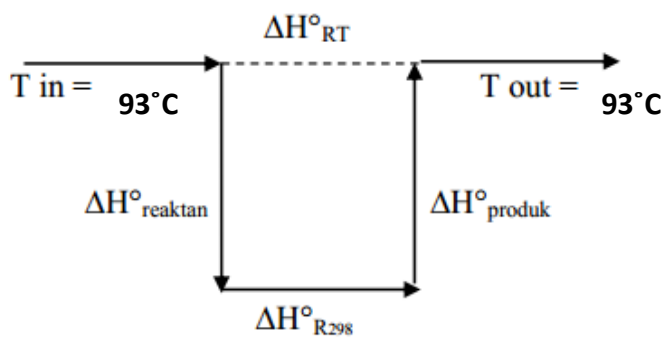
$WELH = 2,326 \text{ m} = 7,630 \text{ ft}$

Jumlah pengaduk = $WELH/ID = 0,811 \text{ m} = 1$, maka dipakai 1 buah pengaduk

Maka didapat kecepatan putar pengaduk sebesar:

$N = 67,149 \text{ rpm} = 1,119 \text{ rps}$

Neraca Panas Reaktor



Keterangan	Q _{input} (kJ/jam)	Q _{output} (kJ/jam)
Input	1.204.680,268	
Output		1.223.981,246
Reaksi	368.599,669	
Pendingin		349.298,692
Total	1.573.279,937	1.573.279,937

Menghitung dimensi pendingin

Suhu fluida panas reaktor = 93°C = 199°F

Suhu fluida dingin masuk = 25°C = 77°F

Suhu fluida dingin keluar = 45°C = 113°F

Inisial	Fluida panas (°F)		Fluida dingin (°F)	ΔT (°F)
ΔT ₂	119	Lower Temp	77	122
ΔT ₁	119	Higher Temp	113	86

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{122-86}{\ln \frac{122}{86}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 103,357 \text{ °F}$$

Mengitung Kebutuhan Air Pendingin

Beban pendingin (Q_w) = Q_{keluar} - Q_{masuk}

Beban pendingin (Q_w) = 349298,692 KJ/jam

C_p air = 4,148 KJ/Kg °C

ΔT = 20 °C

$$m_w = \frac{Q_w}{C_p(T_{out} - T_{in})}$$

$$m = \frac{349298,692 \text{ KJ/jam}}{4,148 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \text{C} \times 20 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$m = 4210,447 \text{ kg/jam}$$

Menghitung Luas Transfer Panas

Untuk fluida panas medium organics (viskositasnya 0,5-1 cP) dan fluida dingin air, nilai UD = 50-125 Btu/ft².°F.jam (*Kern table 8 pg 840*).

Diambil UD = 75 Btu/ft².°F.jam

$$A = \frac{Q}{U_D \Delta T_{LMTD}}$$

$$A = \frac{331135,160 \text{ BTU/jam}}{75 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2} \cdot \text{°F.jam} \times 103,357 \text{ }^\circ\text{F}}$$

$$A = 42,717 \text{ ft}^2$$

$$A = 3,968 \text{ m}^2$$

Menghitung Luas Selubung Reaktor

$$L = \pi D L$$

$$L = 3,14 \times 2,869 \text{ m} \times 2,869 \text{ m}$$

$$L = 25,848 \text{ m}^2$$

Karena luas transfer panas kurang dari luas selubung reaktor maka menggunakan jaket pendingin.

Menghitung Volume Air Pendingin

$$V \text{ air pendingin} = \frac{m \text{ air pendingin}}{\rho \text{ air pendingin}}$$

$$V \text{ air pendingin} = \frac{4210,447}{1000} = 4,210 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Menghitung Jaket Pendingin

Menghitung diameter dalam jaket (D1)

$$D1 = DR + (2 \times ts)$$

$$D1 = 2,869 \text{ m} + (2 \times 0,00476 \text{ m})$$

$$D1 = 2,879 \text{ m} = 113,332 \text{ in}$$

Tinggi jaket = tinggi *shell*

$$\text{Tinggi jaket} = 2,869 \text{ m} = 112,957 \text{ in}$$

$$\text{Asumsi jarak jaket} = 5 \text{ in} = 0,127 \text{ m}$$

Menghitung diameter luar jaket (D2)

$$D2 = D1 + (2 \times \text{jarak jaket})$$

$$D2 = 2,879 \text{ m} + (2 \times 0,127 \text{ m})$$

$$D2 = 3,133 \text{ m} = 123,332 \text{ in}$$

Menghitung kecepatan air pendingin (v)

Luas yang dilalui air pendingin (A)

$$A = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2)$$

$$A = \frac{3,14}{4} (123,332 \text{ in} - 113,332 \text{ in})$$

$$A = 1857,810 \text{ in} = 1,198 \text{ m}^2$$

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

$$v = \frac{4,210 \text{ m}^3/\text{jam}}{1,198 \text{ m}^2}$$

$$v = 3,514 \text{ m/jam}$$

Menentukan tebal jaket

$$H \text{ jaket} = 2,869 \text{ m} = 9,413 \text{ ft}$$

$$P_{hidrostatik} = \frac{H-1}{144} * \rho_{air}$$

Diketahui :

$$\rho_{air} = 62,4 \text{ lb/ft}^2$$

Didapat :

$$P_{hidrostatik} = 3,646 \text{ psia}$$

$$P_{desain} = P_{desain \text{ reaktor}} + P_{hidrostatik}$$

$$P_{desain} = 21,604 \text{ psia} + 3,646 \text{ psia}$$

$$P_{desain} = 25,250 \text{ psia}$$

$$t_j = \frac{P_{desain} \cdot D_2}{fE - 0,6P_{desain}} + C$$

$$t_j = 0,294 \text{ in}$$

dipakai tebal jaket standar = 3/8 in (brownell&young, 1959, tabel 5.2 hal 83)