

Reaktor (R)

Tugas : mereaksikan Alil alkohol dengan Hidrogen Peroksida menjadi Gliserol
kecepatan umpan Alil Alkohol = 1799,1529 kg/jam
kecepatan umpan H₂O₂ = 527,3379 kg/jam

Dipilih : RATB

Alasan : - Reaksi berlangsung pada fase cair
- Proses kontinu
- Reaksi eksothermis

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 50 C

323,15 K

A. Kinetika Reaksi

Persamaan Laju Reaksi

Reaksi dianggap berorder 1 masing-masing terhadap a dan b

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

Dengan : $(-r_a)$ = laju reaksi C₃H₅(OH)₃, kmol/m³.jam

k = konstanta laju reaksi, m³/kmol.jam

C_a = konsentrasi C₃H₅OH, kmol/m³

C_b = konsentrasi H₂O₂ kmol/m³

Dengan data :

1. Konversi sebesar 0,884

2. Waktu Reaksi 2 jam

3. Suhu 50 C

(Data diperoleh dari US Patent)

Penurunan matematis kinetika reaksi

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

$$C_a = C_{a0} (1 - X_a)$$

$$C_b = C_{b0} - C_{a0} \cdot X_a$$

$$C_{a0}((C_{b0}/C_{a0}) - X_a)$$

$$C_{b0}/C_{a0} = M$$

$$C_b = C_{a0}(M - X_a)$$

neraca massa

input - output + reaksi = akumulasi

$$F_v.C_{a0} - F_v.C_a + (-r_A).V = 0$$

$$F_v.C_{a0} - F_v.C_{a0}(1-X_a) + (-r_A).V = 0$$

$$F_v.C_{a0} - F_v.C_{a0} - F_v.C_{a0}.X_a + (-r_A).V$$

$$F_v.C_{a0}.X_a = (-r_A).V$$

$$(F/V).C_{a0}.X_a = (-r_A)$$

$$t = C_{a0}.X_a = (-r_A)$$

$$t = C_{a0}.X_a/(-r_A)$$

$$C_{a0}.X_a / k.C_a.C_b$$

$$C_{a0}.X_a / k.C_{a0}(1-X_a).C_{a0}(M - X_a)$$

$$K = X_a / t.C_{a0}(1-X_a).(M - X_a)$$

(Levenspiel, 1999)

Menghitung konsentrasi awal a (Ca0)

Komponen	BM (kg/kmol)	rho (kg/m ³)	Fm (kmol)	Fw (kg)	Fv (m ³)
C3H5OH	58,0000	241,7100	31,0199	1799,1529	7,4434
H2O2	34,0000	350,4562	15,5099	527,3379	1,5047
H2O	18,0000	288,4240	54,4079	979,3418	3,3955
H2WO4	249,0000	4171,6693	0,4327	107,7377	0,0258
Total			101,3704	3413,5704	12,3695

Sehingga :

$$C_{a0} = 1,2539 \text{ kmol/m}^3$$

$$C_{b0} = 2,5078 \text{ kmol/m}^3$$

$$M = C_{b0} / C_a = F_{a0}/F_{b0} = 2,0$$

Waktu tinggal = 2 jam

Dengan memasukkan data-data ke dalam persamaan maka diperoleh konstanta laju reaksi :

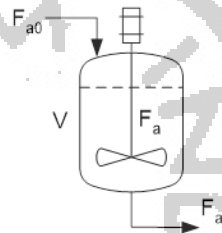
$$K = 2,7230 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

B. Perancangan Reaktor

Model Matematis Perancangan Reaktor

Asumsi :

1. Isothermal
2. Pengadukan sempurna
3. Laju alir volumetrik tetap
4. Steady state



Neraca Massa A

Laju A masuk - Laju A keluar - Laju reaksi A = Laju Akumulasi

$$F_{a0} - F_a - (-r_a)V = 0$$

$$(-r_a)V = F_v (C_{a0} - C_a)$$

$$k C_{a0}^2 (1 - X_a) (M - X_a) V = F_v C_{a0} X_a$$

$$V / F_v = t = X_a / (k C_{a0} (1 - X_a) (M - X_a))$$

Dengan : $M = C_{b0} / C_{a0} = 2,0$

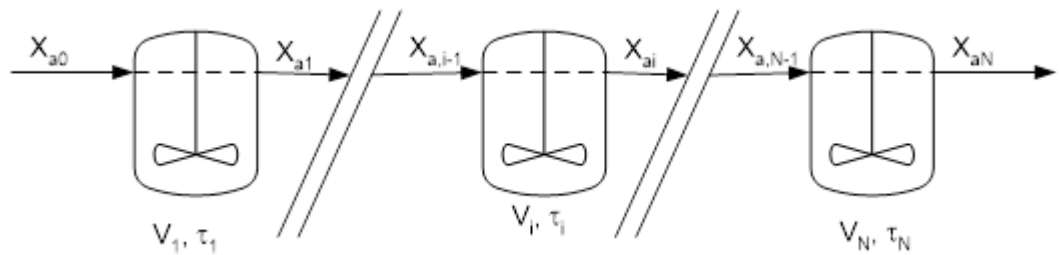
Dirancang : $X_a = 0,884$

Optimasi jumlah reaktor

Dirancang : besarnya volume reaktor dan waktu tinggalnya sama

$$V_1 = V_2 = V_i = V_N = V$$

$$t_1 = t_2 = t_i = t_N = t$$



Sehingga untuk N buah reaktor :

$$\tau = \frac{X_{a1}}{kC_{a0}(1-X_{a1})(M-X_{a1})} = \frac{X_{a2} - X_{a1}}{kC_{a0}(1-X_{a2})(M-X_{a2})} = \dots = \frac{X_{a,N} - X_{a,N-1}}{kC_{a0}(1-X_{a,N})(M-X_{a,N})}$$

Algoritma perhitungan optimasi jumlah reaktor :

1. Menentukan jumlah reaktor (N) buah
2. Trial konversi (X_{a1} sampai $X_{a,N-1}$)
3. Menghitung t_1 sampai t_N
4. Jika $t_1 \sim t_2 \sim \dots \sim t_N$ maka perhitungan sudah benar, jika tidak maka ulangi perhitungan dari no.2.
5. Hitung volum tiap reaktor.
6. Hitung volum total reaktor
7. Hitung harga relatif reaktor

Harga relatif reaktor diambil sebagai dasar optimasi yang dihitung dengan *six-*

tenth rules.

Penentuan harga relatif reaktor

Jika untuk 1 buah reaktor yang mempunyai volum V_1 harganya C_1 maka untuk N buah reaktor :

$$C_N = NC_1 \left(\frac{V_{N,i}}{V_1} \right)^{0.6}$$

Maka harga relatif N buah reaktor dengan volum masing masing V_i adalah :

$$C_{N,relatif} = \frac{C_N}{C_1} = N \left(\frac{V_{N,i}}{V_1} \right)^{0.6}$$

Menghitung laju alir volumetrik (F_v) dan konsentrasi a mula-mula (Ca_0)

Komponen	rho (kg/m ³)	Fm (kmol/jam)	Fw (kg/jam)	Fv (m ³ /jam)
C3H5OH	241,7100	31,0199	1799,1529	7,4434
H2O2	350,4562	15,5099	527,3379	1,5047
H2O	288,4240	54,4079	979,3418	3,3955
H2WO4	4171,6693	0,4327	107,7377	0,0258
Total		101,3704	3413,5704	12,3695

Diperoleh,

$$F_v = 12,369 \text{ m}^3/\text{jam}$$

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

$$Ca_0 = 1,254 \text{ }^3$$

Perhitungan optimasi jumlah reaktor

Jumlah Reaktor 1

Reaktor ke-	Xa,N-1	Xa,N	t (jam)	error t
1	0	0,884	2	0
			2	0

$N = 1$
 $t, \text{ rata-rata} = 2 \text{ jam}$
 $V_i = t \cdot F_v = 24,739 \text{ m}^3$
 $V = N \cdot V_i = 24,739 \text{ m}^3$
 $C_{\text{relatif}} = 1$

Jumlah Reaktor 2

Reaktor ke-	Xa,N-1	Xa,N	t (jam)	error t
1	0	0,678	0,466	0,000
2	0,678	0,884	0,466	0,000
			0,933	0,000

$N = 2$
 $t, \text{ rata-rata} = 0,466 \text{ jam}$
 $V_i = t \cdot F_v = 5,767 \text{ m}^3$
 $V = N \cdot V_i = 11,535 \text{ m}^3$
 $C_{\text{relatif}} = 0,835$

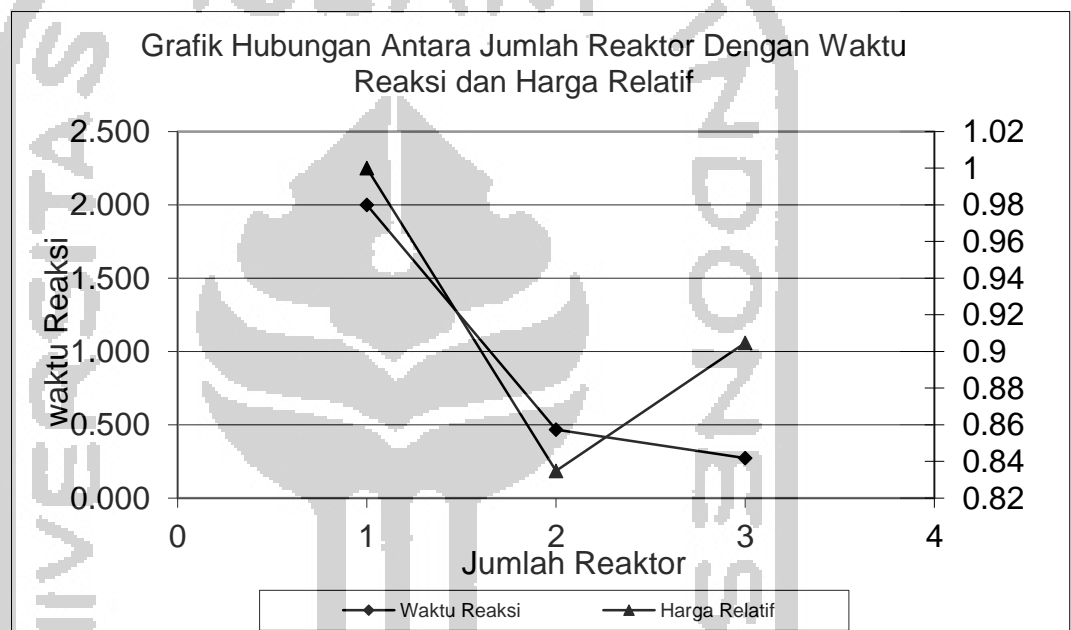
Jumlah Reaktor 3

Reaktor ke-	Xa,N-1	Xa,N	t (jam)	error t
1	0	0,421	0,135	0,000
2	0,421	0,644	0,135	0,000
3	0,644	0,884	0,544	0,409
			0,814	0,409

$N = 3$
 $t, \text{ rata-rata} = 0,271 \text{ jam}$
 $V_i = t \cdot F_v = 3,354 \text{ m}^3$
 $V = N \cdot V_i = 10,063 \text{ m}^3$
 $C_{\text{relatif}} = 0,905$

Tabulasi waktu reaksi untuk berbagai reaktor

Jmlh Reaktor	Waktu	Harga Relatif
1	2,000	1
2	0,466	0,835
3	0,271	0,905

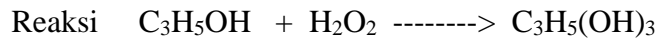


Dari data-data yang ditampilkan oleh data dan grafik terlihat bahwa RATB yang digunakan berjumlah 2 buah, karena ketika dipakai 3trial reaktor, harganya kembali naik dan erornya semakin besar sehingga, untuk menghemat biaya dan mendapatkan eror yang baik (=0) maka dipilih penggunaan 2 buah reaktor.

Sehingga susunan reaktor yang dipilih :

1. 2 buah reaktor disusun secara seri
2. Vol masing-masing reaktor = $5,7675 \text{ m}^3$
3. Waktu masing-masing reaktor = 0,466 jam

Neraca Massa Tiap Reaktor



Diketahui :

$$X_{a1} = 0,678$$

$$X_{a2} = 0,884$$

Reaktor - 01

Komponen	BM (kg/kgmol)	Umpan		Hasil Reaksi	
		Fm (kmol/jam)	Fw(kg/jam)	Fm(kmol/jam)	Fw (kg/jam)
C3H5OH	58	31,0199	1799,1529	17,3091	1003,9273
H2O2	34	15,5099	527,3379	1,7992	61,1712
H2O	18	54,4079	979,3418	55,4189	997,5402
H2WO4	249	0,4327	107,7377	0,4327	107,7377
C3H5(OH)3	92,	0,0000	0,0000	13,7108	1261,3923
Total	359	101,3704	3413,5704	88,6706	3431,7687

Reaktor -02

Komponen	BM (kg/kgmol)	Umpan		Hasil Reaksi	
		Fm (kmol/jam)	Fw (kg/jam)	Fm (kmol/jam)	Fw (kg/jam)
C3H5OH	58	17,3091	1003,9273	15,3012	1049,5287
H2O2	34	1,7992	61,1712	1,5905	54,0753
H2O	18	55,4189	997,5402	48,9903	1282,6145
H2WO4	249	0,4327	107,7377	0,4327	107,7377
C3H5(OH)3	92	13,7108	1261,3923	12,1203	2096,0748
TOTAL	359	88,6706	3431,7687	78,4350	4590,0311

Perhitungan Volume dan Ukuran Reaktor

Dari data literatur menunjukkan dengan perbandingan mol Alil alkohol dan hidrogen peroksida adalah 2:1 katalis tungstic acid 0,0598 % berat dari Alil alkohol, suhu reaksi 50 C diperoleh konversi 88,4% , dengan waktu reaksi 2 jam (US. Patent)

$$T = 50^{\circ}\text{C}$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$t \text{ reaksi} = 0,466 \text{ jam}$$

Volume Cairan :

Volume Cairan Masuk reaktor

Komponen	Massa (Kg/j)	ρ (kg/m ³)	Fv (m ³)	Fraksi, xi
C ₃ H ₅ OH	1799,1529	241,7100	7,4434	0,5271
H ₂ O ₂	527,3379	350,4562	1,5047	0,1545
H ₂ O	979,3418	288,4240	3,3955	0,2869
H ₂ WO ₄	107,7377	4171,6693	0,0258	0,0316
Total	3413,5704	5052,2595	12,3695	1,0000

a. Volume cairan dalam tangki =

$$V_r = F_v \times t$$

$$= 5,7675 \text{ m}^3$$

dipakai volume = 5,7675 m³

b. Volume reaktor =

Over design 20 %

$$\text{Volume Reaktor} = 1.20 \times 5,7675$$

$$= 6,9210 \text{ m}^3$$

Dipakai Volume Reaktor = 6,9210 m³

Ukuran reaktor

Reaktor berbentuk silinder tegak dengan perbandingan 1.5 : 1
dasar pemilihan = untuk pemakaian 1 buah propeller

$$V_t = \frac{D^2 \cdot H}{4} + \frac{\pi \cdot D^3}{12}$$

$$= \frac{1.5 \cdot D^3}{4} + \frac{\pi \cdot D^3}{12}$$

$$= (\pi \cdot 1,5) / 4 + \pi \cdot D^3$$

$$D_t = \frac{V_t}{\frac{\pi \cdot 1,5}{4} + \frac{\pi}{12}} = \frac{6,9210}{1,8311} = 3,78 \text{ m} = 148,819 \text{ in}$$

Perbandingan H : D 1,5 : 1

Tinggi H = 1,5/1 x OD

H = 2,7466 meter

H = 108,1345 in

Catatan : Pertimbangan pemilihan bahan reaktor

Kondisi operasi $T = 50^{\circ}\text{C} = 323,15 \text{ K}$

$P = 1 \text{ atm} = 14,6960 \text{ psia} = 15 \text{ psia}$

Reaktor berbentuk silinder tegak dengan Head dan Bottom Thorispherical Heads untuk tekanan berkisar (15-200 psia) atau (1-13 atm), Brownell n Young p.88

Menghitung tebal dinding reaktor

Menggunakan cylindrical under internal pressure (Brownell n Young p.254)

$$t_s = \frac{P \times r_i}{f \times E - 0.6 P} + C$$

$$r_i = D_t / 2 = 0,916 \text{ m} = 36,045 \text{ in}$$

Tekanan perancangan = $1,2 \times P \text{ operasi} = 1,2 \text{ atm} = 17,64 \text{ psia}$

Tebal shell = $t_s = 0,165 \text{ in}$

Dipilih ukuran standar $t_s = 0,1875 \text{ in} (3/16) \text{ in}$
 $= 0,0048 \text{ m}$

Catatan :

Pertimbangan pemilihan bahan reaktor didasarkan pada :

- Kondisi operasi $T = 50 \text{ C}$ dan $P = 1 \text{ atm}$
- Bahan mudah menguap -----> tangki tertutup

Berdasarkan pertimbangan diatas maka dipilih tipe : *Stainless stell SA 167 grade*

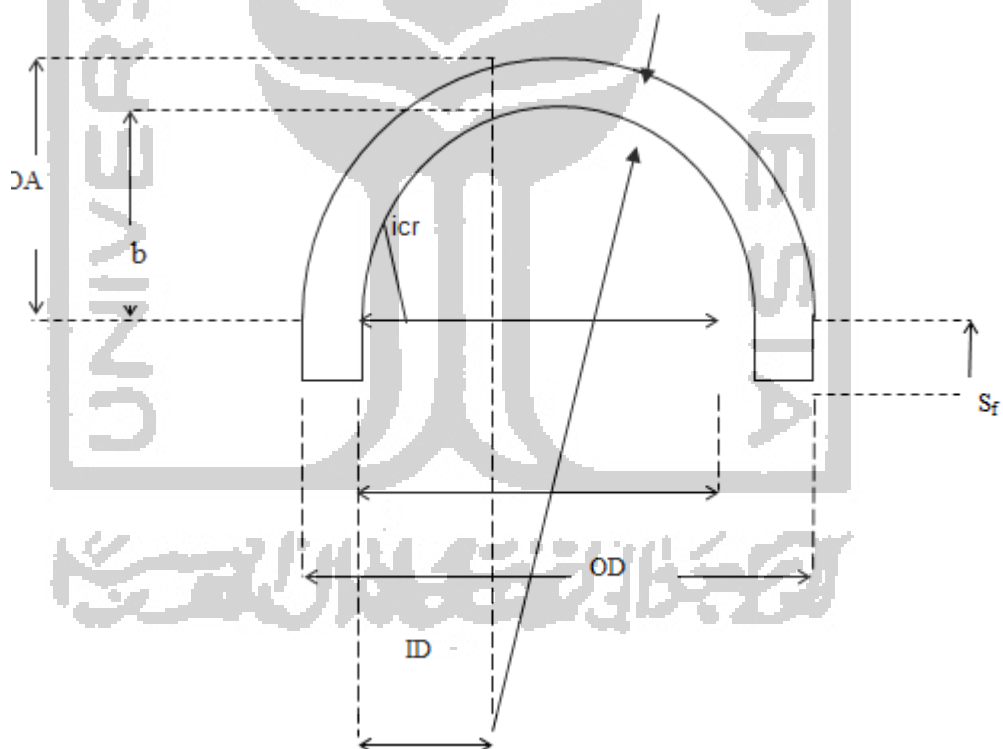
11 type 316

Corrosion Allowance (C) = 0,125 in

Tekanan yang di ijinakan (f) = 18750 psia

Welded Joint efficientcy (E) = 85%

Menentukan Head dan Bottom Reaktor



Dipakai tutup reaktor dengan bentuk Torispherical dished head

$$ID = Dt = 1,831 \text{ m} \quad 72,090 \text{ in}$$

$$\text{Diambil harga } r \text{ (radius of dish) } ID = 72,090 = r$$

$$\text{icr } 6 \% ID = 4,325 \text{ in}$$

$$t' = \frac{0.885 \times P \times r}{f \times E - 0.1 P} + C$$

$$t' = 0,071 + 0,125$$

$$\text{tebal head} = 0,196 \text{ in} \quad 0,0050 \text{ m}$$

Digunakan tebal head $1/4 \text{ in} = 4/16 \text{ in}$

dengan tebal $1/4 \text{ pd}$ Brownell n Young (hal 87) dapat diambil :

$$\text{Standart Straight Flange (Sf) } = 1.5 - 2.5$$

$$\text{Akan diambil (Sf) } = 2 \text{ in}$$

$$OD = ID + 2.t = 72,645 \text{ in}$$

$$a = ID / 2 = 36,719 \text{ in}$$

$$AB = a - \text{icr} = 31,719 \text{ in}$$

$$BC = r - \text{icr} = 67,764 \text{ in}$$

$$AC = [(BC^2 - AB^2)]^{1/2} = 59,882 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 12,207 \text{ in}$$

$$\text{tinggi head } OA = t + Sf + b = 14,403 \text{ in} \quad 0,3658$$

Volume Head

Volume dari sebuah Torispherical dished head dengan icr 6% ID (Brownell n Young hal 88)

$$ID = 1,831 \text{ m} = 72,090 \text{ in} =$$

$$6,007 \text{ ft} = 0,016 \text{ ft}^3$$

$$Vol = 0.000049 ID^3$$

$$\text{Volume sebuah head} = 0.000049 ID^3 + 1/4 \pi \cdot (ID/12)^2 \cdot Sf/12$$

$$= 19,5410 \text{ ft}^3 = 33766,766 \text{ in}^3$$

$$= 0,5533 \text{ m}^3$$

Menentukan tinggi cairan di dalam shell

$$\text{Volume cairan pada bagian shell} = V_r'$$

$$V_r' = V_r - \text{Volume sebuah head}$$

$$= 5,2141 \text{ m}^3 \quad 9010,046 \text{ in}^3$$

$$= 184,1154 \text{ ft}^3 = H L_s = V L_s$$

$$\text{Luas penampang tangki} = A = \pi/4 ID^2 = 2,632 \text{ m}^2$$

$$\text{Tinggi larutan dalam shell} = H L_s = V L_s / A = 1,981 \text{ m}$$

$$77,994 \text{ in}$$

$$\text{Vol Tangki} = 6,921 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol Reaktor} = V_r' + V_{\text{head}} = 42776,812 \text{ in}^3$$

Menghitung tinggi shell dan reaktor

$$\text{Volume tangki} = 6,921 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume shell} = V_s = V_r - 2 \text{ Vol head}$$

$$= 4,661 \text{ m}^3$$

$$\text{Luas penampang tangki} = A = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$= 2,632 \text{ m}^2$$

$$\text{Tinggi shell} = L_s = \frac{V_s}{A} = 1,771 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi reaktor} = \text{tinggi shell} + 2 \cdot \text{tinggi head}$$

$$= 2,137 \text{ m}$$

Menghitung luas permukaan dalam dan luar dinding reaktor

Luas permukaan dinding dalam

$$\text{* Dinding shell} \quad A_{si} = \pi \cdot D \cdot L_s = 10,182 \text{ m}^2$$

$$\text{* Dinding head} \quad A_{hi} = 2 \cdot (1,22 \cdot \frac{\pi}{4} D^2) = 6,422 \text{ m}^2$$

$$\text{* Luas total} \quad A_i = A_{si} + A_{hi} = 16,604 \text{ m}^2$$

Luas permukaan dinding luar

$$\text{* Dinding shell} \quad A_{so} = \pi \cdot (D + 2t_s) \cdot L_s = 10,235 \text{ m}^2$$

* Dinding head $A_{ho} = 2(1,22 \text{ phi}/4 (D + 2t)^2) = 6,492 \text{ m}^2$

* Luas total $A_o = A_{so} + A_{ho} = 16,726 \text{ m}^2$

Menentukan Kecepatan Putar dan Pengaduk

Jenis : Marine Propeller with 3 Blades and 4 Baffles

Pemilihan jenis pengaduk berdasarkan Coulson fig 10.57 hal 470

Spesifikasi :

1. Diameter propeller : $D_a = D_t / 3 = 0,6104 \text{ m}$

2. Posisi sudu propeller : $E = D_a = 0,6104 \text{ m}$

3. Lebar propeller : $W = D_a / 5 = 0,1221 \text{ m}$

4. Kedalaman baffle : $J = D_t / 12 = 0,1526 \text{ m}$

5. Panjang sudu propeller : $L = D_a / 4 = 0,1526 \text{ m}$

Putaran pengaduk untuk cairan agak kental besarnya sekitar 140 rpm (Coulson, 1986)

6. Putaran pengaduk : $N = 140 \text{ rpm}$
 $= 2,333 \text{ rps}$

Power Motor Pengaduk

Sifat fisis cairan dalam reaktor : $\rho = 896,470 \text{ kg/m}^3$

$$\mu = 0,800 \text{ Ns/m}^2$$

Bilangan Reynold = 1596,520

Dari Coulson fig 10.58 hal 472

Power Number $N_p = 0,33$

Tenaga pengadukan

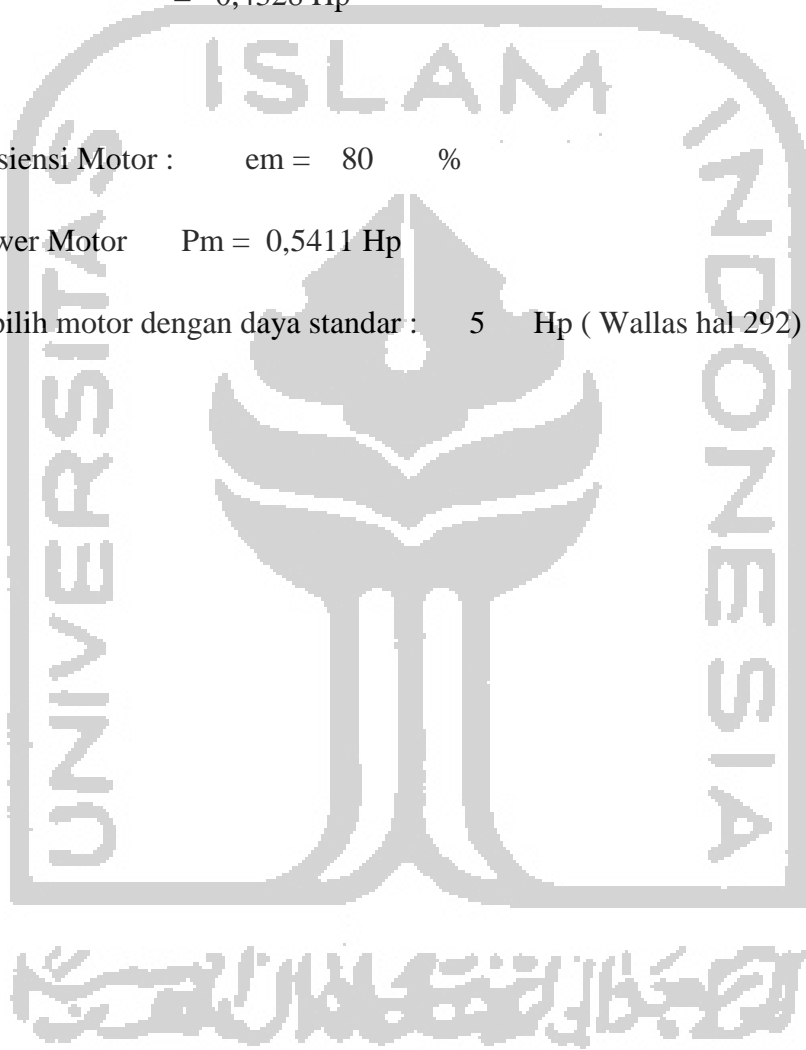
$$P = 318,3554 \text{ J/dtk}$$

$$= 0,4328 \text{ Hp}$$

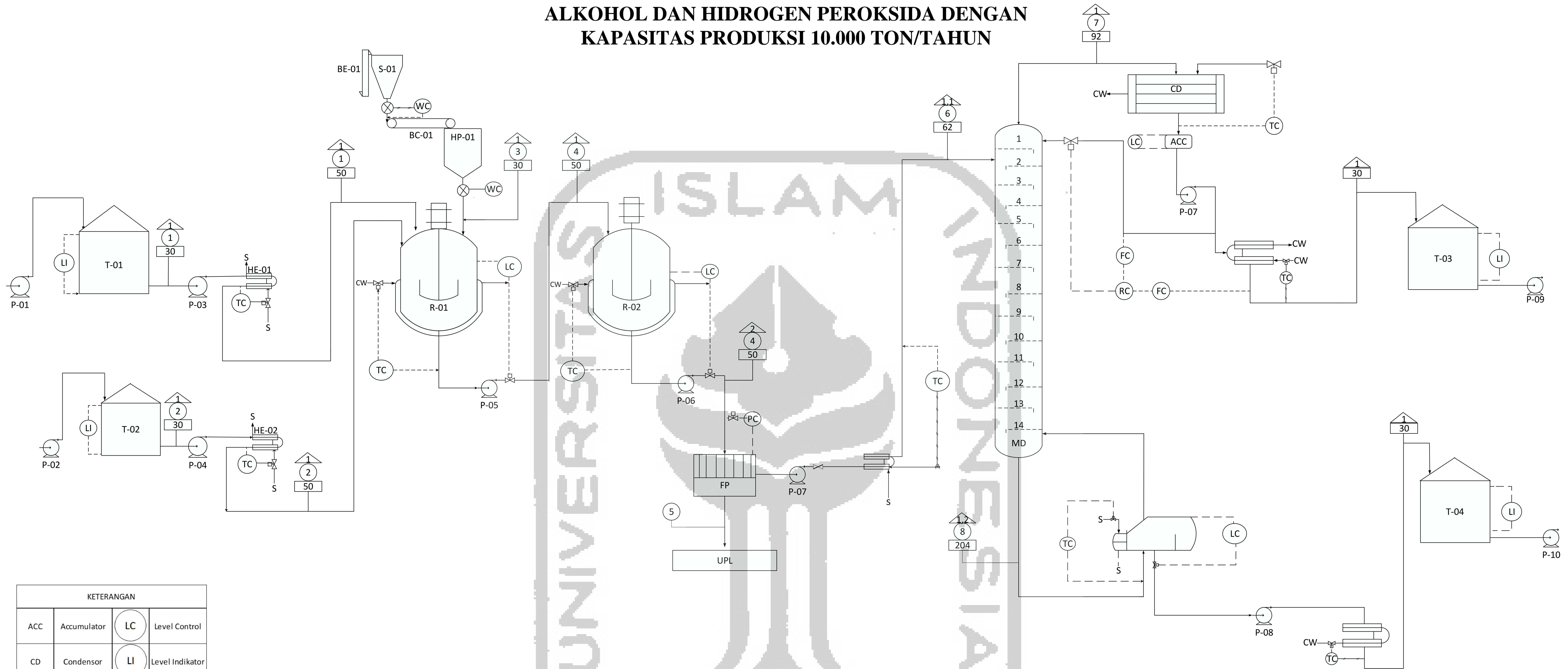
Efisiensi Motor : $\eta_m = 80 \%$

Power Motor $P_m = 0,5411 \text{ Hp}$

Dipilih motor dengan daya standar : 5 Hp (Wallas hal 292)



**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA
RANCANGAN PABRIK GLISEROL DARI ALIL
ALKOHOL DAN HIDROGEN PEROKSIDA DENGAN
KAPASITAS PRODUKSI 10.000 TON/TAHUN**



KETERANGAN			
ACC	Accumulator	LC	Level Control
CD	Condensor	LI	Level Indikator
CL	Cooler	FC	Flow Control
HE	Heater	TC	Temp Control
MD	Menara Distilasi	FC	Flow Control
P	Pompa	WC	Weight Control
R	Reaktor	PC	Pressure Control
RB	Reboiler		Nomor Arus
T	Tangki		Temperature
		△	Tekanan
		- - -	Sambungan Listrik

NO	KOMPONEN	NOMOR ARUS							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	C3H5OH		1799,1529		1003,9273		1003,9273	1003,9273	
2	H2O2	527,3379			61,1712	3,0586	58,1126	3,8064	54,3036
3	H2O	973,3418	18,1983		997,5402	49,877	947,6632	938,1865	9,4766
4	H2WO4			107,7377	107,7377	107,7377			
5	C3H(5OH)3				1261,3923	63,0696	1198,3327		1198,3227
	TOTAL	1506,6798	1817,3512	107,7377	3431,7687	223,7429	3208,0258	1945,9202	1262,626



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK
GLYSEROL DARI ALIL ALKOHOL DAN HIDROGEN PEROKSIDA DENGAN
KAPASITAS PRODUKSI 10.000 TON/TAHUN**

**1. Malino Palemsa Yudha (14521057)
2. Albert Alberta (14521233)**

**Dosen Pembimbing :
Dr.Ir. Farham H M Saleh,MSIE NIP.865210103**