LAMPIRAN
ALAT UTAMA

REAKTOR

Fungsi : Untuk mereaksikan C_4H_9OH dan CH_3COOH dengan bantuan katalis H_2SO_4
Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Kondisi Operasi : T = 100^{o}C
P = 1 atm

Perhitungan Alat:

ρ campuran	=	822,66	kg/m³
Fv campuran	=	23,71	m³/jam
Waktu	=	50	menit
Volume	=	19,76	m³
		697,70	ft³
overdesign 20%	=	23,71	m³
		837,24	ft³

Jika, H = D
Torispherical dished head
Vh = 0,000049 D^3

$$V = \frac{\pi \times D^2 \times H}{4} + 0.000049\ ID^3$$

$$D = \left[\frac{Vr}{\frac{\pi}{4} + 2(0.000049)}\right]^{1/3}$$

= 10,22 ft = 122,60 in = 3,11 m
H=D, maka :
H = 10,22 ft = 122,60 in = 3,11 m

Volume cairan = 19,76 m³
Volume head dasar = 0.000049 D3 = 0,001479856 m³
volume cairan di sheel = volume cairan - volume head dasar = 19,75 m³

$$t_s = \frac{P \times r}{f \times E - 0{,}6 \times P} + c$$

dengan:
P = 18,42 (tekanan desain)

r = 61,30 (jari - jari ID)

f = 18750 (tegangan yang diijinkan (stainless steel type 304)

E = 85% (efisiensi pengelasan)

c = 0,125 (faktor korosi)

ts = 0,20 in

dirancang : 1/4

Tinggi cairan (hc)

V = $\frac{1}{4}\ \pi \times D^2 \times hc$

hc = $\left[\frac{V}{\frac{\pi}{4} \times D^2}\right]$

hc = 8,51 ft

Tekanan desain

P operasi = 1 atm = 14,7 psia

P hidrostatis = ρ x g x hcairan

= 14079,28 pa

= 2,04 psia

P desain diambil 10% faktor keamanan

P desain = 18,42 psia

Menghitung diameter luar (OD)

OD = ID + (2ts)

= 123,10 in

10,26 ft

3,13 m

Diperoleh :

r = 123,10

icr = 7,39

Menghitung tinggi dan tebal head

Torispherical dished head

W = $\frac{1}{4}[3 + (\frac{r}{icr})^{1/2}]$

Tebal h $\frac{P \times r \times W}{(2 \times f \times E) - (0.2 \times P)} + c$

dengan :

W	=	2,83	faktor intensifikasi stress
f	=	18750	tegangan yang diijinkan
E	=	85%	efisiensi pengelasan
c	=	0,125	faktor korosi
P	=	18,42	tekanan desain
th	=	0,33	in

dirancang : 5/16

Diperoleh :

Sf = 1(1/2) – 2(1/2)

Dipilih = 2 in

Tinggi tangki digunakan

a	=	D/2	=	61,30 in
AB	=	a - icr	=	53,92 in
BC	=	r - icr	=	115,72 in
AC	=	[(BC)^2-(AB)^2]^0.5	=	102,39 in
b	=	r-AC	=	20,71 in

Tinggi head (OA)

OA = th + b + sf

= 23,03 in

0,58 m

Tinggi total tangki = tinggi silinder + (2 x tinggi head)

= 10,22 + 3,84

= 14,05 ft

= 4,28 m

Jenis *impelle*r : *six flat blade turbine with 4 baffle*

Da = 1/3 Dt

L = 1/4 Da

E = Da

J = 1/12 Dt

W = 1/5 Da

dengan :

Da = Diameter pengaduk	=	3,41	ft
L = Panjang blade	=	0,85	ft

E = Jarak pengaduk ke dasar reaktor = 3,41 ft

J = Lebar baffle = 0,85 ft

W = Lebar blade = 0,68 ft

$$\frac{WELH}{2Da} = \left[\frac{\pi \times Da \times N}{600}\right]^2$$

dengan :

$$N = \frac{600}{\pi Da}\sqrt{\frac{WELH}{2Da}}$$

WELH = Water equivalent Liquid Height (ft)

= hc x (ρ.cairan/ρ.air)

7,25

Da = 3,41 Diameter pengaduk (ft)

N = 57,90 Kecepatan putaran pengaduk (rpm)

= 0,96 rps

$$Nre = \frac{N \times \rho \times Da^2}{\mu}$$

dengan :

Da	=	3,41	diameter pengaduk (ft)
N	=	0,96	kecepatan putaran (rps)
ρ	=	51,36	densitas campuran (lb/ft^3)
μ	=	0,003950	viskositas campuran (lb/ft.s)
Nre	=	145510,09	

Turbulen, Nre > 10^4

Np = 5,5

$$P = \frac{Np \times \rho \times N^3 \times Da^5}{gc}$$

dengan :

N	=	0,96	kecepatan pengadukan (rps)
ρ	=	51,36	densitas campuran (lb/ft^3)
Di	=	3,41	diameter pengaduk (ft)
gc	=	32,2	gaya gravitasi (ft/s^3)
P	=	3611,08	Watt
		4,84	Hp

Daya pengaduk yg dibutuhkan (efisiensi 85%)

P = 5 Hp

Dimensi pendingin reaktor

		F. Panas	F. Dingin		
T in air	= 30°C	(F)	(F)	ΔT	
T out (air)	= 60 °C	212	140	72	Δt1
T reaksi	= 100 °C	212	86	126	Δt2

$$\Delta T\ LMTD = \frac{\Delta t1 - \Delta t2}{\ln\left(\frac{\Delta t1}{\Delta t2}\right)}$$

= ,49

Q (beban pendingin) = 11360,01 kJ/jam

74274,89 Btu/jam

Pendingin berupa air UD : 250-500 Btu/ft².°F.jam

Diambil harga UD = 250

Luas transfer panas (A) = $\frac{Q}{U_D - \Delta T}$

= 27,95 ft^2

2,60 m^2

Luas selubung reaktor = π. D. L

= 30,45 m^2

Jenis pendingin yang digunakan adalah pendingin air.

Jumlah air	=	1130,63	kg/jam
ρ air pada 30°C	=	1031,25	kg/m^3
Fv air	=	1,10	m^3/jam
V air	=	Fv x 24 jam	
	=	26,31	m^3

Diameter dalam jaket (Di) = diameter dalam + (2 x tebal dinding)

= 122,60 + 0,50 +

= 123,10 in

3,13 m

10,26 ft

Tinggi jaket = Tinggi tangki

hj = 122,60 in

10,22 ft

Asumsi jarak jaket 6 in

Diameter luar jaket (Do) = Di + (2 x Jarak Jaket)

= 134,60 in

= 3,42 m

11,22 ft

Tebal jaket (tj)

$$t_j = \frac{P \times r}{f \times E - 0,6 \times P} + c$$

dengan:

P = 19,55 tekanan desain

r = 61,55 jari - jari ID

f = 18750 tegangan yang diijinkan

E = 85% efisiensi pengelasan

c = 0,125 faktor korosi

ts = 0,20 in

dirancang : 1/4

Tekanan desain

P operasi = 1 atm

P hidrostatis = ρ x g x hj

21180,73 pa = 3,07

= psia

P desain diambil 10% faktor keamanan

P desain = 19,55 psia

P desain = 1,33 atm

MENARA DISTILASI 1

Fungsi : Untuk memisahkan $CH_3COOC_4H_9$ dari reaktan dan katalis

Jenis : *Sieve Tray*

Umpan Menara

Suhu : 116 ^oC

Tekanan : 1 atm

Puncak Menara

Suhu : 98 ^oC

Tekanan : 0,6 atm

Dasar Menara

Suhu : 129 ^oC

Tekanan : 1,1 atm

Perhitungan Alat:

$$K_i = \frac{Psat}{P}$$

$$\ln Psat = A - \frac{B}{(T+C)}$$

$$\alpha = \frac{Ki}{Kc}$$

dengan:

K_i = konstanta kesetimbangan uap cair

K_c = konstanta kesetimbangan uap cair *heavy key*

P^{sat} = tekanan uap komponen

P = tekanan operasi

Dipilih:

LK = CH_3COOH

HK = $CH_3COOC_4H_9$

Dengan cara trial and error maka didapat kondisi operasi (umpan):

T = 116 ^oC

P = 1 atm

Komponen	x	K_i	Y	α	α.x	log α
H2O	0,25	1,72	0,36	1,36	0,34	0,13
C4H9OH	0,15	0,95	0,14	1,27	0,19	0,10
CH3COOH	0,12	0,93	0,11	1,25	0,15	0,10
CH3COOC4H9	0,48	0,74	0,38	1,00	0,48	0,00
H2SO4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,49
Total	1,00	4,34	1,00	4,89	1,16	-3,15

Asumsi distribusi produk distilat dan bottom:

1. CH_3COOH di top = 99%
2. $CH_3COOC_4H_9$ di bottom = 99%

Komponen	n(D)	n(B)	D/B	log D/B	log α
CH3COOH	0,11	0,01	19,00	1,28	0,10
CH3COOC4H9	0,02	0,46	0,05	-1,28	0,00

Log (D/B) = m log (α) + c

Persamaan grafik: y = 31,472x - 1,9956

m = 31,472

c = -1,9956

Dengan cara trial and error maka didapat kondisi operasi (Distilat, bubble point):

T = 95 ^oC

P = 0,6 atm

Komponen	Log (D/B)	D/B	mol	x	K_i	Y
H2O	3,71	5070,72	57,50	0,30	1,38	0,65
C4H9OH	1,00	9,91	34,03	0,20	0,70	0,21
CH3COOH	0,83	6,69	23,14	0,00	0,72	0,14
CH3COOC4H9	-1,28	0,05	0,56	0,00	0,62	0,00
H2SO4	-76,91	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
Total			115,24	1,00	3,42	1,00

Dengan cara trial and error maka didapat kondisi operasi (Distilat, dew point):

T = 98 ^oC

P = 0,6 atm

Komponen	mol	Y	K_i	x
H2O	57,50	0,30	1,38	0,32
C4H9OH	34,03	0,20	0,70	0,37
CH3COOH	23,14	0,00	0,72	0,28
CH3COOC4H9	0,56	0,00	0,62	0,01
H2SO4	0,00	0,50	0,00	0,00
Total	115,24	1,00	3,42	0,99

Dengan cara trial and error maka didapat kondisi operasi (Bottom, bubble point):

T = 129 ^oC

P = 1,1 atm

Komponen	mol	x	K_i	Y
H2O	0,00	0,00	2,35	0,00
C4H9OH	0,00	0,00	1,33	0,00
CH3COOH	4,08	0,04	1,29	0,05
CH3COOC4H9	108,88	0,96	0,99	0,95
H2SO4	0,63	0,01	2,35	0,00
Total	113,59	1,00	0,00	1,00

Dengan cara trial and error maka didapat kondisi operasi (Bottom, dew point):

T = 162 ^oC

P = 0,6 atm

Komponen	mol	Y	K_i	x
H2O	0,00	0,00	9,97	0,00
C4H9OH	0,00	0,00	6,03	0,00
CH3COOH	4,08	0,04	5,55	0,01
CH3COOC4H9	108,88	0,96	3,81	0,58
H2SO4	0,63	0,01	0,01	0,41
Total	113,59	1,00	6,03	1,00

$$\alpha_{avg} = \sqrt{\alpha_{top} x\ \alpha_{bottom}}$$

Komponen	α_{top}	α_{bottom}	α_{avg}
C4H9OH	1,13	1,35	1,24
CH3COOH	1,15	1,30	1,22
H2SO4	0,00	0,00	0,00
CH3COOC4H9	1,00	1,00	1,00
H2O	2,22	2,37	2,29
Total	5,50	6,02	5,76

Jumlah plat minimum (Nm)

$$Nm = \frac{\log[(\frac{x_{LK}}{x_{HK}})D \cdot (\frac{x_{HK}}{x_{LK}})B]}{\log \alpha_{avg} LK}$$

= 24

dengan:

x_{LK} = fraksi mol *light key*

x_{HK} = fraksi mol *heavy key*

$\alpha_{avg,LK}$ = volatilitas relatif rata – rata *light key*

Refluk minimum (Rm)

$$\sum \frac{\alpha_i \text{ x } x_{i,F}}{(\alpha_i - \theta)} = 0$$

$$\sum \frac{\alpha_i \text{ x } x_{i,D}}{(\alpha_i - \theta)} = \text{Rm}+1$$

dengan:

α_i = volatilitas relatif rata – rata komponen

$x_{i,F}$ = fraksi mol pada *feed*

$\alpha_{i,D}$ = fraksi mol pada distilat

Nilai ɵ, ditrial sehingga:

Komponen	α_{avg}	$x_{i,F}$	αavg x xi,F	αi x xi,F/ αi-ɵ
C4H9OH	1,24	0,15	0,19	-0,30
CH3COOH	1,22	0,12	0,15	-0,23
H2SO4	0,00	0,00	0,00	0,00
CH3COOC4H9	1,00	0,51	0,51	-0,59
H2O	2,29	0,21	0,48	1,12
Total	5,76	1	1,33	0,00

Komponen	α_{avg}	$x_{i,D}$	αavg x xi,D	αi x xi,D/ αi-ɵ
C4H9OH	1,24	0,29	0,36	-0,57
CH3COOH	1,22	0,22	0,27	-0,42
H2SO4	0,00	0,00	0,00	0,00
CH3COOC4H9	1,00	0,05	0,05	-0,06
H2O	2,29	0,43	1,00	2,34
Total	5,76	1,00	1,68	1,29

Maka:

1,29 = Rm + 1

Rm = 0,29

R operasi antara 1,2 - 1,5Rm

R operasi = 0,35

Jumlah Plate

$$X = \frac{R - R_m}{R+1}$$

$$Y = \frac{N-N_m}{N+1} = 1 - \exp[(\frac{1 + 54,4X}{11 + 117,2X})(\frac{X-1}{X0,5})$$

$$N = \frac{N_m - Y}{1+Y}$$

X = 0,04

Y = 0,64

N = 24

Efisiensi Plate

μ avg produk atas pada T = 368 K

Komponen	Massa	x	μ	x/μ
C4H9OH	2279,91	0,44	0,56	0,78
CH3COOH	1416,41	0,27	0,47	0,59
H2SO4	-	-	-	-
CH3COOC4H9	660,61	0,13	0,30	0,42
H2O	831,04	0,16	0,29	0,55
Total	5187,97	1,00	1,62	2,34

μ avg top = 0,43 cp

μ avg produk bawah pada T = 402 K

Komponen	Massa	x	μ	x/μ
C4H9OH	230,02	0,02	0,32	0,05
CH3COOH	211,66	0,02	0,33	0,05
H2SO4	61,33	0,00	3,47	0,00
CH3COOC4H9	12552,92	0,96	0,23	4,21
H2O	0,15	0,00	0,21	0,00
Total	13056,08	1,00	4,57	4,31

μ avg bottom = 0,23 cp

$$\mu_{avg} = \sqrt{\mu_{top} x \ \mu_{bottom}}$$

μ avg = 0,32

$\alpha_{avg, LK}$ = 1,22

= 0,39

Dari grafik 11.13 didapat:
Eo = 70%
N aktual = 34

Letak Plate Umpan

$$\log\left(\frac{Nr}{Ns}\right) = 0{,}206 \text{ x } \log\left[\frac{B}{D}\left(\frac{x_{HK,F}}{x_{LK,F}}\right)\left(\frac{x_{LK,B}}{x_{HK,D}}\right)^2\right]$$

dengan:
Nr = Jumlah plate umpan dihitung dari atas (top)
Ns = Jumlah plate umpan dihitung dari bawah (bottom)
Nr/Ns = 0,92
Nr/Ns = Nact – 1
Ns = 17
Nr = 17

Tinggi plate spacing pada umumnya 0,3 - 0,6 m
Diambil plate spacing 0,3 m

$$FLv = Lw/Vw\sqrt{\rho V/\rho L}$$

dengan:
Lw = 1824,36 laju alir massa cairan (kg/jam)
Vw = 7012,32 laju alir massa uap (kg/jam)
ρV = 1,32 densitas uap (kg/m³)
ρL = 848,41 densitas cairan (kg/m³)
FLv top = 0,01 *liquid vapor flow factor*

Untuk tray spacing 0,3 m dan FLv 0,02, maka didapat :
K_1 = 0,065 (Coulson 1983, hal 568)
α top = 0,03 tegangan permukaan (N/m)
α bottom = 0,01

Koreksi nilai K_1 top = $K1\left[\frac{\alpha\, top}{0{,}02}\right]^{0{,}2}$

$K_{1\ top}$ = 0,07
FLv bottom = 0,07
Untuk tray spacing 0,3 m dan FLv 0,01, maka didapat:
K_1 = 0,06
$K_{1\ bottom}$ = 0,06

Kecepatan Flooding

$uf = K1\sqrt{(\rho L - \rho V)}/\rho V$

dengan:

K_1 = 0,07

uf top = 1,73 m/s

uf bottom = 0,46 m/s

Kecepatan uap pada umumnya 70-90% dari kecepatan flooding

Dipilih uv = 80% uf

uf top = 1,4 m/s

uf bottom = 0,4 m/s

Laju alir volumetrik maksimum

$Qv = \frac{Vw}{\rho V}$

dengan:

Qv top = 1,47 m^3/s

Qv bottom = 0,51 m^3/s

Luas area netto untuk kontak uap-cair

$An = \frac{Qv}{uv}$

dengan:

An top = 1,07 m^2

An bottom = 1,39 m^2

Luas penampang lintang menara

$Ac = \frac{An}{1-Ad}$

dengan:

Ac top = 2,33 m^2

Ac bottom = 2,73 m^2

Diameter menara berdasarkan kecepatan flooding

$Dc = \sqrt{4Ac/\pi}$

dengan:

Dc top = 2,30 m^2

Dc bottom = 2,49 m^2

Perancangan *tray*

Diameter menara (Dc)	=	2,49	m
Luas menara, π/4xDc^2 (Ac)	=	2,73	m^2
Luas downcomer, 0,12Ac (Ad)	=	0,21	m^2
Luas netto, Ac-Ad (An)	=	1,53	m^2
Luas aktif, Ac-2Ad (Aa)	=	1,32	m^2
Luas hole, 6%Aa (Ah)	=	0,08	m^2
Ad/Ac = 0,12, lw/Dc	=	0,75	
Panjang weir (lw)	=	1,11	m

Tinggi weir
Dipili hw = 50 mm
Diameter hole
Dipili dh = 5 mm
Tebal tray
Tebal plate = 3 mm

Layout tray
Digunakan cartridge type construction dengan 50 mm unperforated strip around tray edge dan 50 mm wide calming zones.
lw/Dc = 0,75, ɵc = 90^o
Tray edge :
α = 180 - ɵc
= 90
lh/Dc = 0,20
Panjang rata rata unperforated edge strips :
Lav = (α/180)xπx(Dc-0,05)
= 2,25 m^2
Luas unperforated edge strips:
Aup = 0,05 x Lav
= 0,11 m^2
Luas calming zone:
Acz = 2 x hw x (lw-(2hw)
= 0,10 m^2

Luas total
Ap = Aa-(Aup+Acz)
= 1,10

Ah/Ap1= 0,07

Didapat lp/dh = 3,4

Hole pitch :

Ip = (Ip/dh) x dh

= 17 mm

Luas 1 lubang:

L = (π/4) x dh^2

= 19,625 mm^2

Jumlah lubang:

Jl = Ah/L

= 4029

P operasi = 1 atm

P desain = 1,2 atm

= 17,64 psi

$$t_s = \frac{P \times r}{f \times E - 0.6 \times P} + c$$

dengan:

P =	17,64	tekanan desain
r =	29,26	jari - jari ID
f =	18750	tegangan yang diijinkan
E =	85%	efisiensi pengelasan
c =	0,125	faktor korosi

ts = 0,16 in

dirancang : 3/16

OD = ID + (2ts)

= 58,89 in

= 4,91 ft

Diperoleh :

r = 58,89

icr = 3,53

$$W = \frac{1}{4}\left[3 + \left(\frac{r}{icr}\right)^{1/2}\right]$$

= 2,83

$$\text{Tebal head (th)} = \frac{P \times r \times W}{(2 \times f \times E) - (0.2 \times P)} + c$$

dengan :

W	=	2,83	faktor intensifikasi stress
f	=	18750	tegangan yang diijinkan
E	=	85%	efisiensi pengelasan
c	=	0,125	faktor korosi
P	=	17,64	tekanan desain
th	=	0,22	in

dirancang : 1/4

sf = 1(1/2) - 2(1/2)

dipilih = 2

a	=	D/2	=	29,26	in
AB	=	a - icr	=	25,72	in
BC	=	r - icr	=	55,36	in
AC	=	[(BC)^2-(AB)^2]^0.5	=	49,02	in
b	=	r-AC	=	9,87	in

Tinggi head (OA)

OA = th + b + sf

= 12,12 in

= 1,01 ft

Qbottom = L'/ρL

= 77,12 m^3/jam

Vcairan = 6,43 m^2

Tinggi cairan shell (hc)

Vc = $\frac{1}{4}$ π x D^2 x hc

= 3,71 m

MENARA DISTILASI 2

Fungsi : Untuk memisahkan $CH_3COOC_4H_9$ dari reaktan
Jenis : *Sieve Tray*
Umpan Menara
Suhu : 95 ^oC
Tekanan : 0,6 atm
Puncak Menara
Suhu : 90 ^oC
Tekanan : 0,5 atm
Dasar Menara
Suhu : 125 ^oC
Tekanan : 1 atm

Perhitungan Alat:

$$K_i = \frac{Psat}{P}$$

$$\ln Psat = A - \frac{B}{(T+C)}$$

$$\alpha = \frac{Ki}{Kc}$$

dengan:
K_i = konstanta kesetimbangan uap cair
K_c = konstanta kesetimbangan uap cair *heavy key*
P^{sat} = tekanan uap komponen
P = tekanan operasi

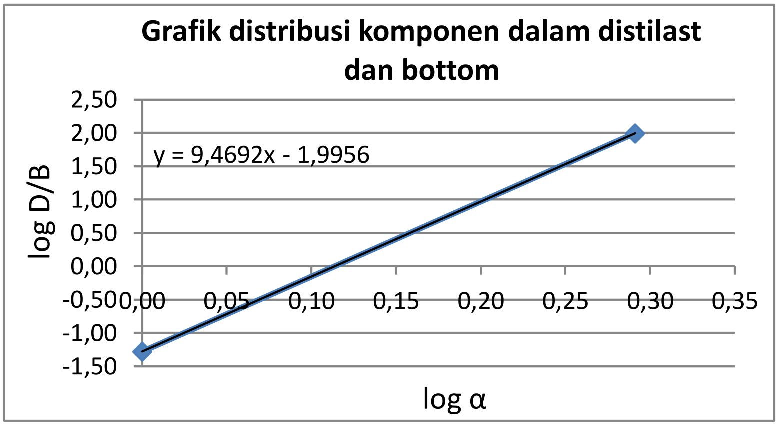
Dipilih:
LK = H_2O
HK = $CH_3COOC_4H_9$

Dengan cara trial and error maka didapat kondisi operasi (umpan):
T = 95 ^oC
P = 0,6 atm

Komponen	x	K_i	Y	α	α.x	log α
H2O	0,29	0,70	0,21	2,22	1,09	0,35
C4H9OH	0,20	0,72	0,10	1,13	0,32	0,05
CH3COOH	0,01	0,62	0,01	1,15	0,25	0,06
CH3COOC4H9	0,50	1,38	0,68	1,00	0,01	0,00
Total	1,00	3,42	1,00	5,50	1,67	0,46

Asumsi distribusi produk distilat dan bottom:
1. H_2O di top = 99%
2. $CH_3COOC_4H_9$ di bottom = 99%

Komponen	n(D)	n(B)	D/B	log D/B	log α
H2O	0,47	0,02	19,00	1,28	0,35
CH3COOC4H9	0,0005	0,01	0,05	-1,28	0,00



Log (D/B) = m log (α) + c
Persamaan grafik: y = 9,4692x- 1,9956
m = 9,4692
c = -1,9956

Dengan cara trial and error maka didapat kondisi operasi (Distilat, bubble point):
T = 83 ^oC
P = 0,5 atm

Komponen	Log (D/B)	D/B	mol	x	K_i	Y
H2O	1,16	14,60	56,92	0,97	1,04	0,99
C4H9OH	-1,43	0,04	1,70	0,03	0,50	0,01
CH3COOH	-1,29	0,05	0,15	0,00	0,52	0,00
CH3COOC4H9	-2,00	0,01	0,02	0,00	0,48	0,00
Total			58,80	1,00	2,55	1,00

Dengan cara trial and error maka didapat kondisi operasi (Distilat, Dew point):
T = 90 ^oC
P = 0,5 atm

Komponen	mol	Y	K_i	x
H2O	56,92	0,97	2,25	0,00
C4H9OH	1,70	0,03	1,00	0,57
CH3COOH	0,15	0,00	1,01	0,40
CH3COOC4H9	0,02	0,00	0,85	0,02
Total	58,80	1,00	5,12	0,99

Dengan cara trial and error maka didapat kondisi operasi (Bottom, bubble point):

T = 118 ^oC

P = 1 atm

Komponen	mol	x	K_i	Y
H2O	0,57	0,01	1,81	0,02
C4H9OH	32,33	0,57	1,00	0,57
CH3COOH	22,99	0,40	0,98	0,40
CH3COOC4H9	1,08	0,02	0,78	0,01
Total	56,97	1,00	4,56	1,00

Dengan cara trial and error maka didapat kondisi operasi (Bottom, dew point):

T = 125 ^oC

P = 1 atm

Komponen	mol	Y	K_i	x
H2O	0,57	0,01	2,25	0,00
C4H9OH	32,33	0,57	1,00	0,57
CH3COOH	22,99	0,40	1,01	0,40
CH3COOC4H9	1,08	0,02	0,85	0,02
Total	56,97	1,00	5,12	1,00

Relatifitas volatil rata – rata

$$\alpha_{avg} = \sqrt{\alpha_{top} x \, \alpha_{bottom}}$$

Komponen	α_{top}	α_{bottom}	α_{avg}
C4H9OH	1,04	1,29	1,16
CH3COOH	1,09	1,26	1,17
CH3COOC4H9	1,00	1,00	1,00
H2O	2,16	2,32	2,24
Total	5,29	5,87	5,57

Jumlah plat minimum (Nm)

$$Nm = \frac{\log[(\frac{x_{LK}}{x_{HK}})D \cdot (\frac{x_{HK}}{x_{LK}})B]}{\log \alpha_{avg} LK}$$

= 7

dengan:

x_{LK} = fraksi mol *light key*

x_{HK} = fraksi mol *heavy key*

$\alpha_{avg,LK}$ = volatilitas relatif rata – rata *light key*

Refluk minimum (Rm)

$$\sum \frac{\alpha_i \text{ x } x_{i,F}}{(\alpha_i - \theta)} = 0$$

$$\sum \frac{\alpha_i \text{ x } x_{i,D}}{(\alpha_i - \theta)} = Rm+1$$

dengan:

α_i = volatilitas relatif rata – rata komponen

$x_{i,F}$ = fraksi mol pada *feed*

$\alpha_{i,D}$ = fraksi mol pada distilat

Nilai ɵ, ditrial sehingga:

Komponen	α_{avg}	$x_{i,F}$	αavg x xi,F	αi x xi,F/ αi-ɵ
C4H9OH	1,16	0,29	0,34	-0,78
CH3COOH	1,17	0,22	0,26	-0,62
CH3COOC4H9	1,00	0,05	0,05	-0,09
H2O	2,24	0,43	0,97	1,49
Total	5,57	1	1,62	0,00

Komponen	α_{avg}	$x_{i,D}$	αavg x xi,D	αi x xi,D/ αi-ɵ
C4H9OH	1,16	0,04	0,05	-0,11
CH3COOH	1,17	0,03	0,03	-0,07
CH3COOC4H9	1,00	0,01	0,01	-0,01
H2O	2,24	0,92	2,07	3,44
Total	5,57	1,00	2,16	3,25

Maka:

3,25 = Rm + 1

Rm = 2,25

R operasi antara 1,2 - 1,5Rm

R operasi = 2,70

Jumlah Plate

$X = \frac{R - R_m}{R+1}$

$Y = \frac{N-N_m}{N+1} = 1 - \exp[(\frac{1 + 54,4X}{11 + 117,2X})(\frac{X-1}{X0,5})$

$N = \frac{N_m - Y}{1+Y}$

X = 0,12

Y = 0,51

N = 14

Efisiensi Plate

μ avg produk atas pada T = 356 K

Komponen	Massa	x	μ	x/μ
C4H9OH	142,74	0,14	0,56	0,24
CH3COOH	82,84	0,08	0,47	0,17
CH3COOC4H9	37,45	0,04	0,30	0,12
H2O	789,50	0,75	0,29	2,55
Total	1052,53	1,00	1,62	3,08

μ avg top = 0,43 cp

μ avg produk bawah pada T = 398 K

Komponen	Massa	x	μ	x/μ
C4H9OH	2137,18	0,52	0,37	1,39
CH3COOH	1333,56	0,32	0,36	0,90
CH3COOC4H9	623,16	0,15	0,25	0,61
H2O	41,54	0,01	0,23	0,04
Total	4135,44	1,00	1,21	2,95

μ avg bottom = 0,23 cp

$\mu_{avg} = \sqrt{\mu_{top} x \, \mu_{bottom}}$

μ avg = 0,33

$\alpha_{avg, LK}$ = 2,24

= 0,74

Dari grafik 11.13 didapat:
Eo = 60%
N aktual = 24

Letak Plate Umpan

$$\log\left(\frac{Nr}{Ns}\right) = 0{,}206 \text{ x } \log\left[\frac{B}{D}\left(\frac{x_{HK,\,F}}{x_{LK,\,F}}\right)\left(\frac{x_{LK,\,B}}{x_{HK,\,D}}\right)^2\right]$$

dengan:
Nr = Jumlah plate umpan dihitung dari atas (top)
Ns = Jumlah plate umpan dihitung dari bawah (bottom)
Nr/Ns = 0,67
Nr/Ns = Nact – 1
Ns = 14
Nr = 10

Dimensi Menara Distilasi
Tinggi plate spacing pada umumnya 0,3 - 0,6 m
Diambil plate spacing 0,3 m

$$FLv = Lw/Vw\sqrt{\rho V/\rho L}$$

dengan:

Lw	=	2837,03	laju alir massa cairan (kg/jam)
Vw	=	3889,56	laju alir massa uap (kg/jam)
ρV	=	0,89	densitas uap (kg/m³)
ρL	=	933,49	densitas cairan (kg/m³)
FLv top	=	0,02	*liquid vapor flow factor*

Untuk tray spacing 0,3 m dan FLv 0,02, maka didapat :
K_1 = 0,06
α top = 0,05 tegangan permukaan (N/m)
α bottom = 0,02

Koreksi nilai K_1 top = $K1\left[\frac{\alpha\ top}{0{,}02}\right]^{0{,}2}$

$K_{1\ top}$ = 0,07
FLv bottom = 0,041
Untuk tray spacing 0,3 m dan FLv 0,01, maka didapat:
K_1 = 0,04
$K_{1\ bottom}$ = 0,04

Kecepatan Flooding

$$uf = K1\sqrt{(\rho L - \rho V)}/\rho V$$

dengan:

K_1 = 0,07

uf top = 2,32 m/s

uf bottom = 0,68 m/s

Kecepatan uap pada umumnya 70-90% dari kecepatan flooding

Dipilih uv = 80% uf

uf top = 1,86 m/s

uf bottom = 0,54 m/s

Laju alir volumetrik maksimum

$$Qv = \frac{Vw}{\rho V}$$

dengan:

Qv top = 1,21 m^3/s

Qv bottom = 0,42 m^3/s

Luas area netto untuk kontak uap-cair

$$An = \frac{Qv}{uv}$$

dengan:

An top = 0,65 m^2

An bottom = 0,78 m^2

Luas penampang lintang menara

$$Ac = \frac{An}{1 - Ad}$$

dengan:

Ac top = 2,19 m^2

Ac bottom = 2,27 m^2

Diameter menara berdasarkan kecepatan flooding

$$Dc = \sqrt{4Ac/\pi}$$

dengan:

Dc top = 2,02 m^2

Dc bottom = 2,11 m^2

Perancangan *tray*

Diameter menara (Dc)	=	2,11	m
Luas menara, π/4xDc^2 (Ac)	=	2,27	m^2
Luas downcomer, 0,12Ac (Ad)	=	0,12	m^2
Luas netto, Ac-Ad (An)	=	0,85	m^2
Luas aktif, Ac-2Ad (Aa)	=	0,74	m^2
Luas hole, 6%Aa (Ah)	=	0,04	m^2
Ad/Ac = 0,12, lw/Dc	=	0,75	
Panjang weir (lw)	=	0,83	m

Tinggi weir

Dipili hw = 50 mm

Diameter hole (dh)

Dipili dh = 5 mm

Tebal tray

Tebal plate =3 mm

Layout tray

Digunakan cartridge type construction dengan 50 mm unperforated strip around tray edge dan 50 mm wide calming zones.

lw/Dc = 0,75, ѳc = 90^o

Tray edge :

α = 180 - ѳc

= 90

lh/Dc = 0,20

Panjang rata rata unperforated edge strips :

Lav = (α/180)xπx(Dc-0,05)

= 1,67 m^2

Luas unperforated edge strips:

Aup= 0,05 x Lav

= 0,08 m^2

Luas calming zone:

Acz = 2 x hw x (lw-(2hw)

= 0,07 m^2

Luas total

Ap = Aa-(Aup+Acz)

= 0,58

Ah/Ap1= 0,08

Didapat lp/dh = 4

Hole pitch :

Ip = (Ip/dh) x dh

= 20 mm

Luas 1 lubang:

L = (π/4) x dh^2

= 19,625 mm^2

Jumlah lubang:

Jl = Ah/L

= 2255

P operasi = 1 atm

P desain = 1,2 atm

= 17,64 psi

$$t_s = \frac{P \times r}{f \times E - 0.6 \times P} + c$$

dengan:

P	=	17,64	tekanan desain
r	=	21,89	jari - jari ID
f	=	18750	tegangan yang diijinkan
E	=	85%	efisiensi pengelasan
c	=	0,125	faktor korosi

ts = 0,15 in

dirancang : 3/16

Menghitung diameter luar (OD)
OD = ID + (2ts)
= 44,15 in
= 3,68 ft
Diperoleh :
r = 44,15
icr = 2,65

Menghitung tinggi dan tebal head
W $= \frac{1}{4} [3 + (\frac{r}{icr})^{1/2}]$
= 2,83

Tebal head (th) $= \frac{P \times r \times W}{(2 \times f \times E) - (0.2 \times P)} + c$

dengan :

W	=	2,83	faktor intensifikasi stress
f	=	18750	tegangan yang diijinkan
E	=	85%	efisiensi pengelasan
c	=	0,125	faktor korosi
P	=	17,64	tekanan desain
th	=	0,22	in

dirancang : 1/4
sf = 1(1/2) - 2(1/2)
dipilih = 2

a	=	D/2	=	21,89	in
AB	=	a - icr	=	19,24	in
BC	=	r - icr	=	41,50	in
AC	=	[(BC)^2-(AB)^2]^0.5	=	36,77	in
b	=	r-AC	=	7,38	in

Tinggi head (OA)
OA = th + b + sf
= 9,57 in
= 0,80 ft

Menghitung diameter luar (OD)

Volume head dasar = 0.000049 D3	0,00006736	m³
Volume head pd sf = π/4 x D^2 x sf	0,050874467	m³

Volume total head	= v.head dasar + v.head pd sf	0,050941831	m^3
Blank diameter	= OD+OD/24+2sf+2/3icr	51,76	in

Qbottom = L'/ρL

= 10,12 m^3/jam

Vcairan = 0,83 m

Tinggi cairan shell (hc)

Vc = $\frac{1}{4}$ π x D^2 x hc

= 0,87 m

DEKANTER

Fungsi : Untuk memisahkan $CH_3COOC_4H_9$ dari sisa reaktan dan katalis
Jenis : *Decanter Continous Gravity*
Kondisi Operasi : T = 30°C
P = 1 atm

Perhitungan Alat:

ρ campuran	=	877,27	kg/m³
μ campuran	=	0,75	cp
Fv campuran	=	14,88	m³/jam
Waktu	=	0,41	jam
Volume	=	6,14	m³

Overdesign 20% = 7,37 m³

Waktu tinggal (t) = $\frac{100\mu}{\rho b - \rho t}$

dengan:

μ	=	0,75	viskositas (cp)
ρb	=	1054,29	densitas pada bottom produk (kg/m³)
ρt	=	871,25	densitas pada top produk(kg/m³)
t	=	0,41	jam

Volume fase ringan
V = (m1 x t)/ρt
= 5,98 m³
Volume fase berat
V = (m1 x t)/ρt
= 0,17 m³

Jika, H = 2D
Torispherical dished head
Vh = 0,000049 D³
V = (π x D^2 x H)/4 + 0,000049 ID^3

$$D = \left[\frac{Vr}{\frac{\pi}{4}+2(0.000049)}\right]^{1/3}$$

= 6,92 ft = 83,04 in
H=2D, maka :
H = 13,84 ft = 166,07 in

Volume cairan = 6,14 m^3

Volume head dasar = 0.000049 D3 = 0,00046 m^3

Volume cairan di sheel = volume cairan - volume head dasar = 6,14 m^3

$$t_s = \frac{P \times r}{f \times E - 0.6 \times P} + c$$

dengan:

P = 17,79 (tekanan desain)

r = 41,52 (jari - jari ID)

f = 18750 (tegangan yang diijinkan

E = 85% (efisiensi pengelasan)

c = 0,125 (faktor korosi)

ts = 0,20 in

dirancang : 3/16

Tinggi cairan (hc)

V = $\frac{1}{4}$ π x D^2 x hc

Hc = $\left[\frac{V}{\frac{\pi}{4} \times D2}\right]$

Hc = 5,77 ft

P operasi = 1 atm = 14,7 psia

P hidrostatis = ρ x g x hcairan

= 10168,66 pa = 1,47 psia

P desain diambil 10% faktor keamanan

P desain = 17,79 psia

OD = ID + (2ts)

= 83,41 in

Diperoleh:

r = 83,41

icr = 5,00

W = $\frac{1}{4}[3 + (\frac{r}{icr})^{1/2}]$

= 2,83

Tebal head (th) = $\frac{P \times r \times W}{(2 \times f \times E) - (0.2 \times P)} + c$

dengan :

W	=	2,83	faktor intensifikasi stress
f	=	18750	tegangan yang diijinkan
E	=	85%	efisiensi pengelasan
c	=	0,125	faktor korosi
P	=	17,79	tekanan desain
th	=	0,26	in

dirancang : 1/2

Diperoleh :

Sf = 1(1/2) – 2(1/2)

Dipilih = 2 in

Tinggi tangki digunakan

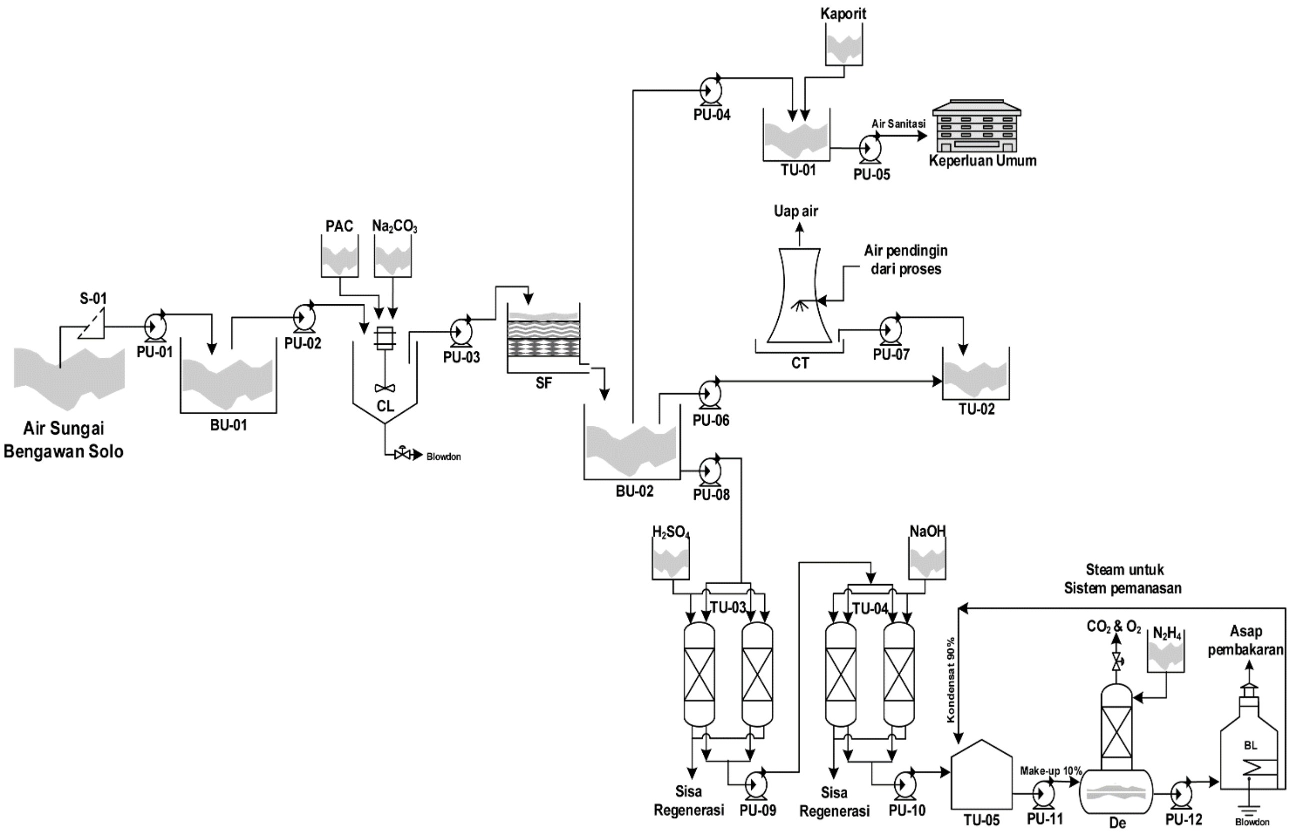
a	=	D/2	=	41,52 in
AB	=	a - icr	=	36,51 in
BC	=	r - icr	=	78,41 in
AC	=	[(BC)^2-(AB)^2]^0.5	=	69,39 in
b	=	r-AC	=	14,03 in

Tinggi head (OA) = th + b + sf
= 23,03 in
= 0,58 m

Tinggi total tangki = tinggi silinder + (2 x tinggi head)
= 16,55 ft

PENGOLAHAN AIR PRARANCANGAN PABRIK BUTIL ASETAT DARI BUTANOL DAN ASAM ASETAT

KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN



KETERANGAN	
KODE	NAMA ALAT
S-01	SCREEN
BU-01	BAK SEDIMENTASI
BU-02	BAK AIR BERSIH
CL	CLARIFIER
SF	SAND FILTER
TU-01	TANGKI SANITASI
TU-02	TANGKI PENDINGIN
TU-03	TANGKI KATION EXCHANGER
TU-04	TANGKI ANION EXCHANGER
TU-05	TANGKI AIR DEMIN
De	DEAERATOR
CT	COOLING TOWER
BL	BOILER
PU 01-12	POMPA