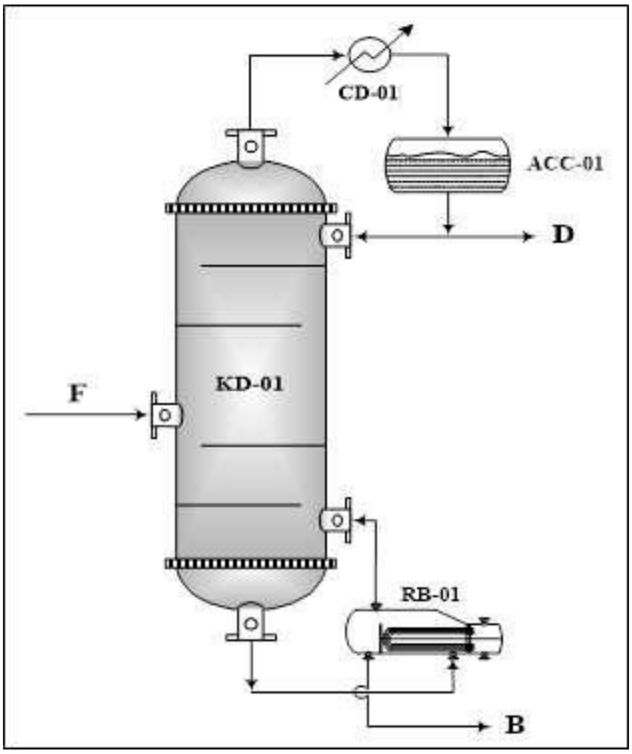
LAMPIRAN

KOLOM DESTILASI (KD-01)



Fungsi : Memurnikan kandungan bioetanol pada campuran bioetanol-air.

Tipe : Sieve Tray Tower

Bahan : Stainless steel (SA-240)

Jumlah : 1 Buah

Gambar :

A. Menentukan Kondisi Operasi

Dengan Trial dan Error, didapatkan kondisi operasi :

P = 1216,00000 mmHg = 1,60000 atm

T = 382,22700 °K = 109,22700 °C

FEED

Komponen	ln Pi	Pi (mmhg)	Pi(atm)	Xi	Ki = Pi / P	Yi = Xi . Ki
Biobioetanol	7,74179	2302,60051	3,02974	0,13808	1,89359	0,26147
Air	6,94883	1041,92553	1,37095	0,86192	0,85685	0,73853
Total	14,69062	3344,52604	4,40069	1,00000	2,75043	1,00000

Komposisisi Top (Destilat)

P = 760,00000 mmHg = 1,00000 atm

T = 353,23127 °K = 80,23127 °C

Komponen	ln Pi	Pi (mmhg)	Pi(atm)	Yi	Ki = Pi / P	Xi = Yi . Ki
Biobioetanol	6,70220	814,19176	1,07130	0,88144	1,07130	0,94429
Air	5,87670	356,63000	0,46925	0,11856	0,46925	0,05563
Total	12,57889	1170,82176	1,54055	1,00000	1,54055	0,99993

Komposisi Bottom

P = 912,00000 mmHg = 1,20000 atm

T = 378,31670 °K = 105,31670 °C

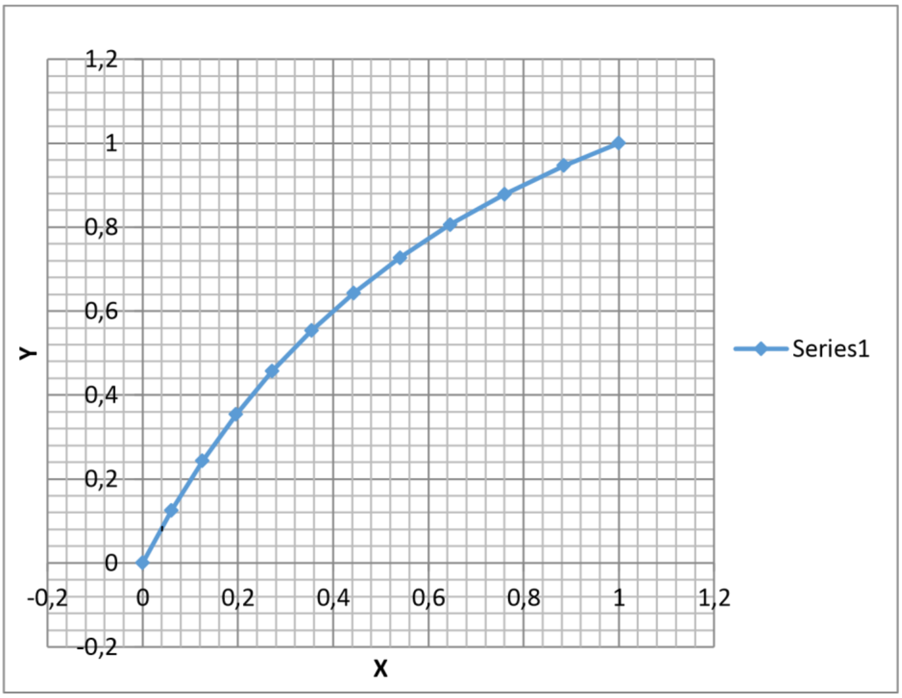
<table>
<tr><th>Kompon en</th><th>ln Pi</th><th>Pi
(mmhg)</th><th>Pi(atm)</th><th colspan="2">Xi</th><th>Ki = Pi
/ P</th><th>Yi = Xi
. Ki</th></tr>
<tr><td>Biobioetano
l</td><td>7,61204</td><td>2022,40
7 06</td><td>2,66106</td><td colspan="2">0,00040</td><td>2,2175
5</td><td>0,0008
8</td></tr>
<tr><td>Air</td><td>6,81516</td><td>911,561
9
3</td><td>1,19942</td><td colspan="2">0,99960</td><td>0,9995
2</td><td>0,9991
2</td></tr>
<tr><td>Total</td><td colspan="2">14,42720</td><td>2933,969
00</td><td>3,8604
9</td><td>1,0000
0</td><td>3,21707</td><td>1,00000</td></tr>
</table>

B. Desain Kolom Destilasi

Data kesetimbangan Uap-Cair untuk bioetanol dan air pada 1 atm

T (K)	t (oC)	x	y
351,44819	78,29819	1,00000	1,00000
353,15000	80,00000	0,88494	0,94622
355,15000	82,00000	0,76015	0,87849
357,15000	84,00000	0,64560	0,80562
359,15000	86,00000	0,54032	0,72730
361,15000	88,00000	0,44345	0,64326
363,15000	90,00000	0,35419	0,55315
365,15000	92,00000	0,27185	0,45667
367,15000	94,00000	0,19580	0,35348
369,15000	96,00000	0,12548	0,24322
371,15000	98,00000	0,06037	0,12553
373,15062	100,00062	0,00000	0,00000

Grafik Data kesetimbangan Uap-Cair untuk bioetanol dan air pada 1 atm



Dari grafik kesetimbangan uap-cair bioetanol, diperoleh :

Ø Rasio refluks minimum

Xd / Rm + 1	=	0,62500
Xd	=	0,88144
Rm	=	0,41031

Rasio Refluks actual

R = L/D = 1.5 x RM	=	0,61546
Xd / (R + 1)	=	0,54563

C. EFISIENSI TRAY

• Temperatur rata-rata

T top	=	80,23127
T bottom	=	105,31670
T avg	=	92,77399

$$\alpha = \frac{K_{lk}}{K_{hk}}$$

• Relatif volatilitas, α

Light key (lk) = C_2H_5OH

Heavy key (hk) = H_2O

(Ludwig,E.q 8.13)

maka:

α feed = 2,20995

α Destilat = 2,28302

α Bottom = 2,21862

αlk avg = $\sqrt{(\alpha_{Top} \ x \ \alpha_{Bot})}$ (Ludwig,E.q 8.11)

= 2,53257

phycal properties				
	densitas uap (kg/m3)	densitas liquid (kg/m3)	viskositas uap (cp)	viskositas cairan (cp)
Destilat	1,33993	754,56868	0,10544	
Bottom	0,69597	950,24393	0,00000	0,26429

μ avg = $\sqrt{\mu top \ x \ \mu bottom}$ (Coulson,1985)

= 0,16693 cP

1. menentukan Jumlah tray minimum ditentukan dengan menggunakan persamaan fenske :

$$N_m = \frac{\log\left[\left(\frac{X_{LK}}{X_{HK}}\right)\right]_D \cdot \left[\left(\frac{X_{HK}}{X_{LK}}\right)\right]_B}{\log \alpha_{LK} avg}$$

Nm = 10,59167

2. Menghitung jumlah tray ideal dari persamaan Gilliland :

$$\frac{N-N_{min}}{N+1}=0,75\left\{1-\left(\frac{R-R_{min}}{R+1}\right)^{0,566}\right\}$$

$$\frac{N-N_m}{N+1} = 0,51676$$

N-Nm = 0,5168 N + 0,5168

N - 10,5917 = 0,5168 N + 0,5168

0,4832N = 11,10843

N = 23 (tidak termasuk reboiler)

= 24,00000 (termasuk reboiler)

3. Menentukan efisiensi tray.

Jumlah tray aktual dihitung dari jumlah trey ideal dibagi dengan efisiensi tray. Efisiensi tray dicari dengan menggunakan korelasi viskositas rata – rata dikali dengan relatif volatilitas rata – rata yang kemudian dapat dilihat pada grafik **Fig. 8.16. Chopey**

X = viskositas rata2 x volatilitas rata-rata

X = 0,42277 cP

maka efisiensi tray sebesar dari Fig. 8.16. Chopey

Eo = 76%

4. Menentukan tray actual

Tray Actual = Tray ideal / efisiensi tray

= 30

5. Menentukan Letak Plat Umpan

Feed location ditentukan dengan menggunakan metode Kirkbride.

$$Log\ \frac{m}{p} = 0{,}206\ Log\left\{\frac{B}{D}\left(\frac{X_{HK}}{X_{LK}}\right)_F\left[\frac{(X_{LK})_B}{(X_{HK})_D}\right]^2\right\}$$

(J.M Coulson vol.6 Eq 11.62))

$$Log\ \frac{m}{p} = -0{,}70609$$

$$Log\ \frac{m}{p} = 0{,}19675$$

m = 0,19675 p

N ideal = m + p 23 = 1,19675 p

p = 19 m = 4

- m (Rectifying section) = 4
- p (Striping section) = 19

Jadi Feed masuk pada stage ke-3 dihitung dari puncak kolom destilasi.

D. DESAIN KOLOM DESTILASI BAGIAN ATAS (Rectifying section)

1. Data fisik untuk rectifying section

D = 1.262,626 kg/jam

R = 0,615

L = R x D

L = 777,101 kg/jam

= 0,216 kg/s

V = L + D

V = 2.039,727 kg/jam

= 0,567 kg/s

Data Fisik	Liquid	Vapour
Mass Flowrate (kg/s)	0,216	0,567
Density (kg/m3)	754,569	1,340
Volumetric Flowrate (m3/s)	0,0003	0,423
Surface Tension (mN/m)	0,800	

2. Diameter Kolom

a. Liquid –Vapour Flow Factor (FLV)

$$FLV = \frac{L_W}{V_W}\sqrt{\frac{\rho_V}{\rho_L}}$$ ... (J M. Coulson Eq. 11.82)

FLV = 0,02

b. Ditentukan tray/plate spacing = 24,000 in = 0,6096 m

(H.Z Kister , Distillation operation .1992.Mc grawhill)

c. Menentukan Liquid-vapor flow factor

Dari figure 11.27 buku Chemical Engineering, vol. 6, . JM. Couldson didapat nilai konstanta K1 :

K1 = 0,100

$$K1^* = \left(\frac{\sigma}{20}\right)^{0,2} K_1$$

K1* = 0,053

d. Kecepatan flooding (µf)

$$uf = K_1 * \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}}$$ ... (J M. Coulson Eq. 11.81)

uf = 1,2455 m/s

Kecepatan uap pada umumnya 70 – 90% dari kecepatan flooding (Coulson,1983, hal.459), untuk perancangan diambil uv = 85 % uf.

= 0,85 x uf ... (J M. Coulson p.472)

= 1,05865 m/s

e. Maksimum volumetric flowrate (Uv maks)

Uv maks = $\frac{V}{\rho_V \cdot 3600}$ ... (J M. Coulson p.472)

= 0,42285 m3/s

g. Net area yang dibutuhkan (An)

An = $\frac{U_V\ maks}{\hat{u}}$ ... (J M. Coulson p.472)

An = 0,399 m2

f. Cross section area dengan 15% downcomer area (Ac)

Ac = $\frac{An}{1 - 0,4}$ ... (J M. Coulson p.472)

= 0,15000 m2 (downcomer area)

Ac = 0,4699 m2

g. Downcomer area (Ad)

Ad = % downcomer x Ac ... (J M. Coulson p.473)

Ad = 0,070 m2

h. Diameter kolom (Dc)

$$Dc = \sqrt{\frac{4Ac}{3{,}14}}$$ ... (J M. Coulson p.472)

Dc = 0,774 m

i. Active area (Aa)

Aa = Ac - 2Ad ... (J M. Coulson p.473)

Aa = 0,329 m2

j. Hole area (Ah)

Hole area (Ah) ditetapkan 6% dari Aa sebagai trial pertama

Ah = 0,060 Aa

Ah = 0,020 m2

k. Nilai weir leight (lw)

Nilai weir length (lw) ditentukan dari Fig 11.31, J M. Coulson ed.6

$$\text{Ordinat} = \frac{Ad}{Ac} x100$$

= 15,0

$$\text{Absisca} = \frac{l_w}{Dc}$$

= 0,810

Sehingga,

lw = Dc x 0,81

lw = 0,627 m

Penentuan nilai weir height (hw), hole diameter (dh), dan plate thickness.
hw = 0,094 in

Nilai ini sama untuk kolom atas dan kolom bawah : 2,3 mm

weir height (hw) = 51,000 mm hole

diameter (dh) = 5,100 mm

H.Z Kister , Distillation operation .1992.Mc grawhill

plate thickness = 3,000 mm ... (J M. Coulson p.573)
(mengunakan stainless steal)

3. Pengecekan

a. Check Weeping

1. Maximum liquid rate (Lm max)

$$Lm\ max = \frac{L}{3600}$$ ... (J M. Coulson p.473)

Lm max = 0,216 kg/s

2. Minimum liquid rate (Lm min)

Minimum liquid rate pada 70% liquid turn down ratio

Lm min = 0,7 Lm max ... (J M. Coulson p.473)

Lm min = 0,151 kg/s

3. Weir liquid rest (how)

how max = $750 \left[\frac{Lm, maks}{\rho_l \; Iw} \right]^{2/3}$

how max = 4,446 mm

$$\left[\frac{Lm,min}{\rho_l \; Iw} \right]^{2/3}$$

how min = 3,505 mm

how min = $750 \left[Lm,\min \right]^{2/3}$

Pada rate minimum, hw + howmin = 54,505 mm

Dari Fig. 11.30, J M. Coulson ed.6

K2 = 30,000

4. Minimum desain vapour velocity

ŭh = $\frac{\left[K_2 - 0,90(25,4 - dh)\right]}{(\rho_v)^{1/2}}$ ... (J M. Coulson Eq.11.84)

ŭh = 6,208 m/s weep point

5.. Actual minimum vapour velocity (Uv min actual)

Uv min actual = $\frac{Minimumvapourrate}{Ah}$ ... (J M. Coulson Eq.11.84)

Uv min actual = 14,998 m/s Operating rate

Jadi, minimum operating rate harus berada diatas nilai weep point.

b. Plate Pressure Drop

1. Jumlah maksimum vapour yang melewati holes ... (J M. Coulson p.473)

$\check{U}h = \frac{Uv, maks}{Ah}$

$\check{U}h$ = 21,425 m/s

Dari Fig. 11.34, J M. Coulson ed.6,

$\frac{Plate \quad thicness}{hole \quad diameter}$ = 1,0

$\frac{Ah}{Ap} = \frac{Ah}{Aa}$

= 0,060

$\frac{Ah}{Ap}$ x 100 = 6,000

2. Sehingga didapat nilai Orifice Coefficient (Co)

Co = 0,680

3. Dry plate drop (hd) ... (J M. Coulson Eq.11.88) hd

$$= 51 \left[\frac{\hat{Uh}}{Co} \right]^2 \frac{\rho_V}{\rho_L}$$

hd = 89,905 mm

4. Residual head (hr) hr = ... (J M. Coulson Eq.11.89)

$$\frac{12,5 \cdot 10^3}{\rho_L}$$

hr = 16,566 mm

5.Total pressure drop (ht)

ht = hd + (hw+how) + hr ... (J M. Coulson p.474)

ht = 160,976 mm

Ketentuan bahwa nilai ht lebih besar dari 100 mm liquid telah terpenuhi ...(J M. Coulson p.474).

c. Downcomer Liquid Backup

1.Downcomer pressure loss (hap)

hap = hw - 5,000 mm ... (J M. Coulson p.577)

hap = 46,000 mm

2. Area under apron (Aap) ... (J M. Coulson p.474)

Aap = hap x lw

Aap = 0,029 m2

3. Karena nilai Aap lebih kecil dari nilai Ad, maka nilai Aap yang digunakan pada perhitungan Head loss di downcomer (hdc).

$$hdc = 166 \left[\frac{Lm_{,max}}{\rho_L \; Aap} \right]^2$$

... (J M. Coulson Eq.11.92)

hdc = 0,016 mm

4. Backup di downcomer (hb)

hb = (hw+how) + ht + hdc ... (J M. Coulson p.474)

hb = 215,497 mm

= 0,215 m

5. hb harus lebih kecil dari (plate spacing+weir height)/2

(plate spacing+weir height)/2 = 0,3305 m

Ketentuan bahwa nilai hb harus lebih kecil dari (plate spacing+weir height)/2 telah terpenuhi. ... (J M. Coulson p.474).

d. Check Resident Time (tr)

$$tr = \frac{Ad \quad hbc \quad \rho_L}{Lm_{,maks}}$$

... (J M. Coulson Eq.11.95)

tr = 53,097 s

Ketentuan bahwa nilai tr harus lebih besar dari 3s telah terpenuhi.

e. Check Entraiment

Persen flooding actual

Uv = $\frac{Uv \quad maks}{An}$ ... (J M. Coulson p.474)

Uv = 1,059 m/s

% flooding = ... (J $\frac{u_v}{u_f} x\ 100$ M. Coulson p.474)

% flooding = 85,000 %

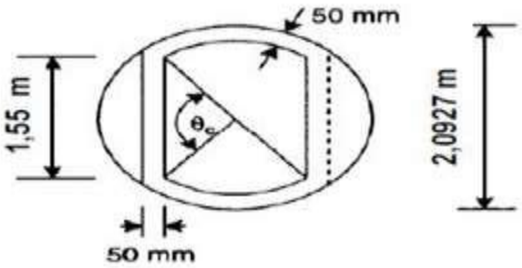
Untuk nilai FLV = 0,02, Dari Fig. 11.29, J M.Coulson ed.6, didapat nilai :

ψ = 0,098

Ketentuan bahwa nilai ψ harus lebih kecil dari 0,1 telah terpenuhi.
... (J M.Coulson p.475).

4. Trial Plate Layout

Digunakan plate type cartridge, dengan 50 mm unperforated strip mengelilingi pinggir plate dan 50 mm wide calming zones.



Dari Fig. 11.32, J M.Coulson ed.6, pada lw/Dc = 0,76 , didapat nilai :

lw/Dc = 0,810 θC =

102,000 C

Lm = 0,983 m

Sudut

Area of unperforated edge strip (Aup)

Aup = hw x Lm ... (J M. Coulson p.475)

Aup = 0,050 m2

Mean length of calming zone (Lcz)

subtended antara pinggir plate dengan unperforated strip (θ)

θ = 180 - θC ... (J M. Coulson p.475)

θ = 78,000

Mean length, unperforated edge strips (Lm)

Lm = $(Dc - hw) x\ 3,14 \left(..\frac{\theta}{180}\right)$. (J M. Coulson p.475)

Lcz = $(Dc - hw) \sin\left(\frac{\theta_c}{2}\right)$ ... (J M. Coulson p.475)

Lcz = 0,484 m

Area of calming zone (Acz) ... (J M. Coulson p.475)

Acz = 2 (Lcz + hw)

Acz = 1,071 m

Total area perforated (Ap)

Ap = Aa - (Aup + Acz) ... (J M. Coulson p.475)

Ap = 1,121 m

Dari Fig. 11.33, J M.Coulson ed.6, pada Ah/Ap = 0,06 , didapat nilai :

Ip/dh = 3,800

Nilai Ip/dh harus berada dalam range 2,5 - 4,0 (J M.Coulson p.465).

Jumlah holes

Area untuk 1 hole (Aoh)

Aoh = $3,14 \frac{dh^2}{4}$ ... (J M. Coulson p.475

Aoh = 0,00204 m2

Jumlah holes = $\frac{Ah}{Aoh}$ ... (J M. Coulson p.475)

Jumlah holes = 9,666

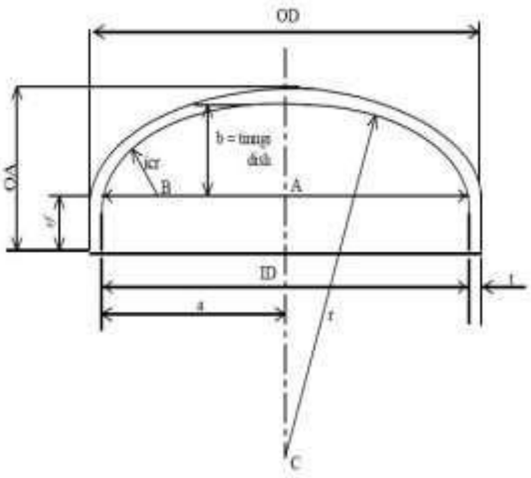
= 10 holes

holes pitch (jarak antar posat lubang)

lp = $\frac{lp}{dh}$ xdh

= 19,38000

6. Ketebalan Minimum Kolom Bagian Atas



Keterangan :	in	m
th = Tebal head (in)	0,2	0,01
icr = Inside corner radius (in)	2,0	0,1
r = Radius of dish(in)	30,0	0,8
sf = Straight flange (in)	2,0	0,1
OD = Diameter luar (in)	31,0	0,79
ID = Diameter dalam (in)	30,5	0,77
b = Depth of dish (in)	5,3	0,1
OA = Tinggi head (in)	7,6	0,2

Menentukan Tebal Shell (tshell)

t shell = $\frac{P * r}{f * E - 0,6P}$ ... (Peter, tabel 4, p.537)

Dimana :

P Tekanan desain = 1,000 atm = 14,69590 psi

Da Diameter tanki = 0,774 m = 30,46068 in

ri Jari-jari tanki = 0,387 m = 15,23034 in

f Tekanan kerja yang diinginkan = 11.200,000 psi
(Peters and Timmerhaus, 1991, Tabel 4, Hal. 538)

Cc Korosi yang diizinkan = 0,125 in (Peters and Timmerhaus Tab.6) = 0,003 m

Ej Efisiensi pengelasan = 0,850 (Brownell and Young, 1959, Tabel 13.2)

a = 2,000

Maka,

tshell = 0,004 m = 0,377 cm = 0,149 in

digunakan Digunakan tebal standar untuk shell 3/16 in Tabel 5.8 (Brownell and Young, 1959)

Menentukan Tebal Head OD = ID + (2 x ts)

= 30,83568 in

= 31,000 in

dari Tabel 5.7 Brownell and Young :

icr = 2,000 rc
= 30,000

W = $\frac{1}{4} x (3 + \sqrt{\frac{rc}{irc}})$ (Brownell and Young,1959.hal.258)

= 1,24200 in

Ketebalan dinding bagian head, t head

thead = ... $\frac{P \cdot Da}{2 \cdot S \cdot E_j - 0{,}2 \cdot P} + C_c$ (Peter, tabel 4, p.537)

= 0,23865 in

sf (Straight flange) in

Untuk tebal head 0,24in (1/4), dari tabel 5,8 Brownell and Young maka

sf = 2,25 – 0,25

sf = 2,00000 in

b (Depth of dish) in

b $rc - \sqrt{(rc - irc)^2 - (\frac{ID}{2} - icr)^2}$ = (Brownell andYoung,1959)(h.87)

= 5,32292 in

OA (Tinggi head) in

OA = th + b + sf (Brownell andYoung,1959)(F.62)

= 7,56157 in = 0,19206 m

D. DESAIN KOLOM DESTILASI BAGIAN BAWAH (Striping section)

1. Data Fisik Untuk Rectifying Section

q = 1,000

q = $\frac{(L' - L)}{F}$ ... (RE. Treyball, Eq. 9.126)

V’ = $V + (q - 1) F$

... (RE.Treyball, Eq. 9.127)

L’ = F + L

L’ = 8.843,365 kg/jam = 2,456 kg/s

V’ = V

V’ = 2.039,727 kg/jam = 0,567 kg/s

Data Fisik	Liquid	Vapour
Mass Flowrate (kg/s)	2,456	0,567
Density (kg/m3)	950,244	0,696
Volumetric Flowrate (m3/s)	0,003	0,814
Surface Tension (mN/m)	0,069	

Liquid-Vapour Flow Factor (FLV)

FLV = $\frac{L_W}{V_W}\sqrt{\frac{\rho_V}{\rho_L}}$ ... (J M. Coulson Eq. 11.82)

FLV = 0,12

b. Ditentukan tray spacing = 24,000 in = 0,6096 m
(H.Z Kister , Distillation operation .1992.Mc grawhill)

c. Menentukan Liquid-vapor flow factor

Dari figure 11.27 buku Chemical Engineering, vol. 6, . JM. Couldson didapat nilai konstanta K1 :

K1 = 0,070

K1* = $\left(\frac{\sigma}{20}\right)^{0,2} K_1$

K1* = 0,023

Kecepatan flooding (µf)

uf = $K_1 * \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}}$ ... (J M. Coulson Eq. 11.81)

uf = 0,8320 m/s

Kecepatan uap pada umumnya 70 – 90% dari kecepatan flooding (Coulson,1983, hal.459), untuk perancangan diambil uv = 85 % uf.

= 0,85 x uf ... (J M. Coulson p.472)

= 0,70720 m/s

f. Maksimum volumetric flowrate (Uv maks)

Uv maks = $\frac{V}{\rho_V \cdot 3600}$ ....(J M. Coulson p.472)

= 0,81410 m3/s

g. Net area yang dibutuhkan (An)

An = $\frac{U_V \ maks}{\hat{u}}$ ... (J M. Coulson p.472)

An = 1,151 m2

f. Cross section area dengan 15% downcomer area (Ac)

Ac = $\frac{U_V \ maks}{\hat{u}}$ ...(J M. Coulson p.472)

= 0,15000 m2 (downcomer area)

Ac = 1,3543 m2

g.

Downcomer area (Ad)

Ad = % downcomer x Ac ... (J M. Coulson p.473)

Ad = 0,203 m2

h. Diameter kolom (Dc)

Dc = $\sqrt{\frac{4\,Ac}{3{,}14}}$ ... (J M. Coulson p.472)

Dc = 1,313 m

i. Active area (Aa)

Aa = Ac - 2Ad ... (J M. Coulson p.473)

Aa = 0,948 m2

j. Hole area (Ah)

Hole area (Ah) ditetapkan 6% dari Aa sebagai trial pertama

Ah = 0,030 Aa

Ah = 0,0284 m2

k. Nilai weir leight (lw)
Nilai weir length (lw) ditentukan dari Fig 11.31, J M. Coulson ed.6
Ordinat = $\frac{Ad}{Ac} x100$

= 15,0

Absisca = $\frac{I\,w}{Dc}$

= 0,810

Sehingga,

lw = Dc x 0,81

lw = 1,064 m

Penentuan nilai weir height (hw), hole diameter (dh), dan plate thickness.

Nilai ini sama untuk kolom atas dan kolom bawah :

weir height (hw) = 51,000 mm

hole diameter (dh) = 5,100 mm

H.Z Kister , Distillation operation .1992.Mc grawhill

plate thickness = 3,000 mm ... (J M. Coulson p.573)
(mengunakan stainless steal)

3. Pengecekan

a. Check Weeping

1. Maximum liquid rate (Lm max)

Lm max = $\frac{L}{3600}$ ... (J M. Coulson p.473)

Lm max = 2,456 kg/s

2. Minimum liquid rate (Lm min)

Minimum liquid rate pada 70% liquid turn down ratio

Lm min = 70% Lm max ... (J M. Coulson p.473)

Lm min = 1,720 kg/s

3. Weir liquid rest (how)

how max $750 \left[\frac{Lm\ ,\ maks}{\rho_l\ \ Iw} \right]^{2/3}$ =

how max = 13,555 mm

how min = $750 \left[\frac{Lm\ ,\ \min}{\rho_l\ \ Iw} \right]^{2/3}$

how min = 10,687 mm

Pada rate minimum, hw + howmin = 61,687 mm

Dari Fig. 11.30, J M. Coulson ed.6

K2 = 30,400

4. Minimum desain vapour velocity

ŭh = ... $\frac{[K_2 - 0,90\ (25,4 - dh)]}{(\rho_V)^{1/2}}$ (J M. Coulson Eq.11.84)

ŭh = 9,093 m/s weep point

5.. Actual minimum vapour velocity (Uv min actual)

Uv min actual = $\frac{[K_2 - 0,90\ (25,4 - dh)]}{(\rho_V)^{1/2}}$ ... (J M. Coulson Eq.11.84)

Uv min actual = 20,037 m/s Operating rate

Jadi, minimum operating rate harus berada diatas nilai weep point.

b. Plate Pressure Drop

1. Jumlah maksimum vapour yang melewati holes

$\hat{U}h = \dfrac{Uv, maks}{Ah}$ ... (J M. Coulson p.473)

Ǔh = 28,625 m/s

Dari Fig. 11.34, J M. Coulson ed.6,

$\dfrac{Plate \quad thicness}{hole \quad diameter} = 0,6$

$\dfrac{Ah}{Ap} = \dfrac{Ah}{Aa}$

= 0,030

$\dfrac{Ah}{Ap}$ x 100 = 3,000

2. Sehingga didapat nilai Orifice Coefficient (Co)

Co = 0,680

3. Dry plate drop (hd)

$hd = 51 \left[\dfrac{\hat{Uh}}{Co} \right]^2 \dfrac{\rho_V}{\rho_L}$ ... (J M. Coulson Eq.11.88)

hd = 66,190 mm

4. Residual head (hr)

hr = $\frac{12,5 \cdot 10^{3}}{\rho_L}$ ... (J M. Coulson Eq.11.89)

hr = 13,155 mm

Total pressure drop (ht) ht = hd + (hw+how) + hr

... (J M. Coulson p.474)

ht = 141,032 mm

Ketentuan bahwa nilai ht lebih besar dari 100 mm liquid telah terpenuhi

.... (J M. Coulson p.474)

c. Downcomer Liquid Backup

1.Downcomer pressure loss (hap)

hap = hw - 5,000 mm ... (J M. Coulson p.577)

hap = 46,000 mm

2. Area under apron (Aap)

Aap = hap x lw ... (J M. Coulson p.474)

Aap = 0,049 m2

3. Karena nilai Aap lebih kecil dari nilai Ad, maka nilai Aap yang digunakan pada perhitungan Head loss di downcomer (hdc).

hdc = $166 \left[\frac{Lm, \max}{\rho_L \; Aap} \right]^2$

... (J M. Coulson Eq.11.92)

hdc = 0,463 mm

4. Backup di downcomer (hb)

hb = (hw+how) + ht + hdc ... (J M. Coulson p.474)

hb = 203,181 mm

= 0,203 m

5. hb harus lebih kecil dari (plate spacing+weir height)/2

(plate spacing+weir height)/2 = 0,326 m

Ketentuan bahwa nilai hb harus lebih kecil dari (plate spacing+weir height)/2 telah terpenuhi. (J M. Coulson p.474).

d. Check Resident Time (tr) tr =

$$\frac{Ad \quad hbc \quad \rho_L}{Lm \quad , maks}$$

... (J M. Coulson Eq.11.95)

tr = 15,967 s

Ketentuan bahwa nilai tr harus lebih besar dari 3s telah terpenuhi.

e. Check Entraiment

Persen flooding actual

Uv = $\dfrac{Uv \quad maks}{An}$ ... (J M. Coulson p.474)

Uv = 0,707 m/s

% flooding = $\dfrac{u_v}{u_f} x\ 100$ ... (J M. Coulson p.474)

% flooding = 85,000 %

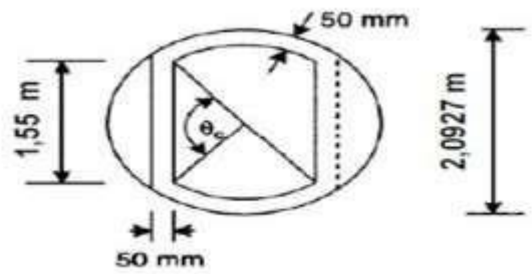
Untuk nilai FLV = 0,12, Dari Fig. 11.29, J M.Coulson ed.6, didapat nilai :

ψ = 0,010

Ketentuan bahwa nilai ψ harus lebih kecil dari 0,1 telah terpenuhi.
... (J M.Coulson p.475).

4. Trial Plate Layout

Digunakan plate type cartridge, dengan 50 mm unperforated strip mengelilingi pinggir plate dan 50 mm wide calming zones.



Dari Fig. 11.32, J M.Coulson ed.6, pada lw/Dc = 0,76 , didapat nilai :

lw/Dc = 0,810

θC = 102,000 C

Sudut subtended antara pinggir plate dengan unperforated strip (θ)

θ = 180 - θC ... (J M. Coulson p.475)

θ = 78,000

Mean length, unperforated edge strips (Lm)

$$Lm = (Dc - hw) x\ 3,14 \left(\frac{\theta}{180} \right)$$ ... (J M. Coulson p.475)

Lm = 1,718 m

Area of unperforated edge strip (Aup)

Aup = hw x Lm ... (J M. Coulson p.475)

Aup = 0,088 m2

Mean length of calming zone (Lcz)

Lcz = $(Dc - hw) \sin\left(\frac{\theta_c}{2}\right)$ ...(J M. Coulson p.475)

Lcz = 0,846 m

Area of calming zone (Acz) ... (J M. Coulson p.475)

Acz = 2 (Lcz + hw)

Acz = 1,794 m

Total area perforated (Ap)

Ap = Aa - (Aup + Acz) ... (J M. Coulson p.475)

Ap = 1,882 m

Dari Fig. 11.33, J M.Coulson ed.6, pada Ah/Ap = 0,06 , didapat nilai :

Ip/dh = 3,800

Nilai Ip/dh harus berada dalam range 2,5 - 4,0 (J M.Coulson p.465).

Jumlah holes

Area untuk 1 hole (Aoh)

$$Aoh = 3,14 \frac{dh^2}{4}$$ ... (J M. Coulson p.475)

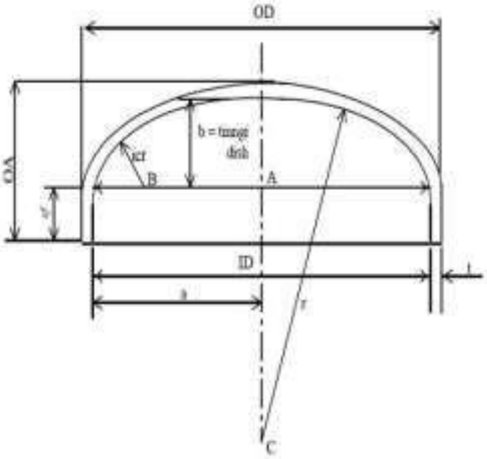
Aoh = 0,00204 m2

$$\text{Jumlah holes} = \frac{Ah}{Aoh}$$ ... (J M. Coulson p.475)

Jumlah holes = 13,929

= 14 holes

5. Ketebalan Minimum Kolom Bagian Atas



Keterangan :		Inch	m
th = Tebal head (in)		0,5	0,012
icr = Inside corner radius (in)		3,3	0,1
r = Radius of dish(in)		54,0	1,4
sf = Straight flange (in)		2,5	0,1
OD = Diameter luar (in)		52,0	1,32
ID = Diameter dalam (in)		51,7	1,31
b = Depth of dish (in)		8,6	0,2
OA = Tinggi head (in)		11,5	0,3

Menentukan Tebal Shell (tshell)

t shell = $\frac{P * r}{f * E - 0,6P}$ ... (Peter, tabel 4, p.537)

psi

Dimana :

P Tekanan desain = 1,200 atm = 17,63508 psi Da Diameter tanki = 1,313 m = 51,71178 in ri Jari-jari tanki = 0,657 m = 25,85589 in f Tekanan kerja yang diinginkan = 11.200,000 (Peters and Timmerhaus, 1991, Tabel 4, Hal. 538)

Cc Korosi yang diizinkan = 0,125 in = 0,003 m (Peters and Timmerhaus Tab.6)

Ej Efisiensi pengelasan = 0,850 (Brownell and Young, 1959, Tabel 13.2)

a = 2,000

Maka,

tshell = 0,004 m = 0,439 cm 0,173 in

digunakan Digunakan tebal standar untuk shell 3/16 in
Tabel 5.8 (Brownell and Young, 1959)

Menentukan Tebal Head OD = ID + (2 x ts)

= 52,08678 in

= 52,000 in

dari Tabel 5.7 Brownell and Young :

icr = 3,250 in

rc = 54,000 in

W = $\frac{1}{4}$x $(3 + \sqrt{\frac{rc}{irc}})$

(Brownell and Young,1959.hal.258)

= 1,25474 in

Ketebalan dinding bagian head, t head

thead = $\frac{P . Da}{2 . S . E_j - 0,2 . P} + C_c$ ... (Peter, tabel 4, p.537)

= 0,48302 in

sf (Straight flange) in

Untuk tebal head 0,40 in (3/8), dari tabel 5,8 Brownell and Young maka

sf = 1,5 – 3 in. sf

= 2,50000 in

b (Depth of dish) in

b = $rc - \sqrt{(rc - irc)^2 - (\frac{ID}{2} - icr)^2}$ (Brownell and Young,1959.hal.87

= 8,56283 in

OA (Tinggi head) in

OA = th + b + sf (Brownell and Young,1959)(F.62)

= 11,54586 in = 0,29326 m

E. TINGGI TANKI

Efisiensi Tray (Eo) = 0,760

Tinggi Tanki

H = [N1. Tray spacing1 + (N2 + 1). Tray spacing2] / EmV

H = 19,2420 m

He = tinggi tutup ellipsoidal

He = ¼ x ID

He atas = 0,193 m

He bawah = 0,328 m

Ht = H + He atas + He bawah

$Ht = 19{,}8 \ m$