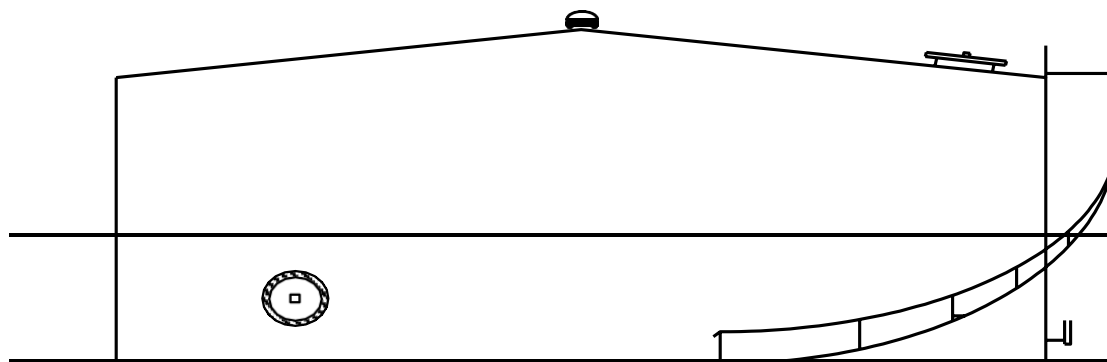


Tangki Penyimpan Palm Oil Mill Effluent (POME)



Fungsi	=	Menyimpan POME untuk keperluan bahan baku
Bentuk	=	Tangki silinder vertikal dengan tutup atas berupa <i>conical</i> dan tutup bawah berupa <i>plate</i>
Bahan	=	<i>Stainless Steel type 304</i>
Jumlah	=	3 buah
Lama Penyimpanan	=	7 hari
Kondisi Operasi:		
Temperatur (T)	=	30 °C
Tekanan (P)	=	1 atm

Langkah Perencanaan :

a. Menentukan Tipe Tangki

Tangki dipilih dengan bentuk silinder vertikal dengan tutup atas berupa *conical* (*cone roof*) dan bagian tutup bawah berupa *plate*. Adapun pertimbangan pemilihan tipe tangki ini adalah sebagai berikut :

1. Tipe tangki ini cocok untuk *liquid* yang mudah terbakar
2. Tangki jenis ini mengurangi resiko terjadinya kebakaran.
3. Konstruksi sederhana sehingga ekonomis dan tekanan 1 atm

b. Menentukan Bahan Konstruksi Tangki

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *stainless steel type 304* dengan pertimbangan :

1. Tahan korosi
2. Memiliki batas tekanan yang diijinkan besar (s.d 18750 psi)
3. Memiliki batas suhu yang diijinkan besar (-20 °F) - (650 °F)

c. Menghitung kapasitas tangki

NM ARUS 4

kondisi operasi :

T	=	30 C
		303,15 K
P	=	1 atm
		760 mmHg

1 m ³	=	35,3147 cuft
1 kg/m ³	=	0,06243 lb/cuft (Perry)

lama penyimpanan = 7 hari 168

KOMPONEN	INPUT	ρ	fraksi	$\rho \cdot x$	kg/7 hari
	(kg/jam)	(kg/m ³)	x		
POME	6523,15	876	0,80985	709,42925	1095889
H2O	1531,61	1022,87	0,19015	194,49797	257309,7
TOTAL	8054,75		1	903,92722	1353198

Menentukan ρ campuran

$$\begin{aligned} \rho \text{ campuran} &= 903,9272 \text{ kg/m}^3 = 56,4322 \text{ lb/ft}^3 \\ F_v \text{ campuran} &= 1497,0215 \text{ m}^3/\text{jam} = \text{#####} \text{ cuft/jam} \end{aligned}$$

Menentukan kapasitas tangki

$$\begin{aligned} V \text{ tangki} &= \frac{\text{Kebutuhan pome dalam 7 hari}}{\rho \text{ campuran}} \\ &= \frac{1353198,49 \text{ kg}}{903,9272 \text{ kg/m}^3} \\ &= 1497,0215 \text{ m}^3 = 52866,9 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

overdesign 20%

$$\begin{aligned} \text{volume tangki} + 20\% &= 63440,2383 \text{ cuft} \\ &= 1796,4258 \text{ m}^3 = 11299,52 \text{ bbl} \end{aligned}$$

(> 71354 cuft, termasuk Large Tank)

d. Menghitung Dimensi Tangki

apabila ukuran tangki besar dan tertutup digunakan persamaan pada buku brownell and young, 1979 sebagai berikut:

$$H = \frac{4 \times V}{D^2 \times \pi} \quad (\text{Pers. 3.1, hal 41})$$

$$D = \frac{8}{3} \times H \quad (\text{Pers. 3.12, hal 43})$$

Persamaan 3.1 menjadi:

$$H = \frac{4 \times V}{\left(\frac{8}{3} \times H\right)^2 \times \pi}$$

Sehingga tinggi tangki dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} H &= \left(\frac{4 \times V}{\left(\frac{8}{3}\right)^2 \times \pi} \right)^{1/3} \\ &= \left(\frac{4 \times 173361,7367}{\left(\frac{8}{3}\right)^2 \times 3,14} \right)^{1/3} \\ &= 31,4327 \text{ ft} = 9,5802 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil diatas maka dapat di hitung diameter tangki:

$$D = \frac{8}{3} \times H$$

$$= \frac{8}{3} \times 31,4327 \text{ ft}$$

$$= 83,8205333 \text{ ft} \quad 25,5473 \text{ m}$$

Untuk ukuran standar, tangki yang digunakan berdasarkan dengan Apendix E, hal 346-348 (brownell and young, 1979) memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Diameter (D)	=	50 ft	15,2393 m	600
Tinggi Tangki (H)	=	32 ft	9,7531 m	384
Volume tangki (V)	=	11.190 bbl	1779210 liter	
jumlah course	=	4 buah		
Alloawble vertical weld joint	=	5 / 32 in	6 ft	
butt welded course	=	96 in	8 ft	

e. Menentukan jumlah tangki

kapasitas tangki dengan 96 in butt welded courses untuk diameter 50 ft kapasitas tangki maksimum adalah 350bbl/ft (Apendix E item 3 ,brownell and young, 1979)

$$\text{Tinggi tangki} = \frac{11299,5183}{350} \text{ bbl}$$

$$= 32,284338 \text{ ft}$$

$$\text{tinggi tangki (H)} = 32 \text{ ft}$$

$$\text{maka jumlah tangki} = \frac{32,284338}{32} \text{ ft}$$

$$= 1,00888556 \text{ buah}$$

$$= 3 \text{ buah}$$

f. Menghitung tebal dan panjang shell course

Tebal shell course dapat dihitung dengan menggunakan persamaan pada buku brownell and young, 1979 sebagai berikut:

$$t_s = \frac{\rho \times D}{2 \times f \times E} + C \quad (\text{Pers. 3.16, Hal 45})$$

$$d = 12 \times D$$

Dimana:

$$t_s = \text{Tebal shell (in)}$$

$$f = \text{Tekanan yang diijinkan (lb/in}^2\text{)}$$

$$E = \text{Effisiensi pengelasan,}$$

$$d = \text{Diameter tangki (in)}$$

$$p = \text{tekanan dalam tangki (lb/in}^2\text{)}$$

$$C = \text{Faktor korosi sebesar (in)}$$

$$p = \frac{\rho \times \sqrt{11 - 1}}{144} \quad (\text{Pers. 3.17, hal 46})$$

Dimana:

$$\rho = \text{densitas POME pada suhu } 30\text{C}$$

$$= 56,4322 \text{ lb/ft}^3$$

$$H = \text{Tinggi Coure (ft)}$$

$$p = \text{Tekanan dalam tangki (lb/in}^2\text{)} \quad 18750 \text{ Psi}$$

(Tabel 13.2, Brownell, hal 254)

Persamaan 3.16 menjadi:

$$ts = \frac{\rho x (H - 1) x D}{2 x 144 x f x E} + C$$

Digunakan tipe pengelasan double welded butt joint with backing strip yang memiliki:

$$\text{Efisiensi pengelasan maksimal } E, = 0,85$$

$$\text{faktor korosi, } C = 0,125$$

$$ts = \frac{61,107 x (H - 1) x D}{2 x 144 x 18750 x 0,85} + 0,125$$

Direncanakan menggunakan *shell plate* dengan 96 in *Butt-welded course*

(appendix E, item 4, Brownell, hal.348)

untuk ukuran D = 90 ft dan H = 32 ft digunakan 4 course dengan ukuran yang berbeda.

Sedangkan panjang shell course dihitung menggunakan persamaan:

$$L = \frac{3,14 x d - \text{weld leght}}{12 x n}$$

Dimana:

$$\text{weld length} = (\text{jumlah course}) x (\text{allowable welded joint})$$

$$n = \text{jumlah course}$$

$$d = \text{diameter dalam tangki} + \text{tebal shell}$$

course 1

$$ts1 = \frac{61,107 x (32 - 1) x 12 x 90}{2 x 144 x 18750 x 0,85} + 0,125$$

$$= 0,35367941 \text{ in}$$

Untuk ts1 dipilih ketebalan 3/5 in

Direncanakan menggunakan 10 plate untuk tiap course, allowance untuk vertical welded joint (jarak sambung antar plate) = 5/32 in, dan lebar coure = 8 ft.

$$L = \frac{3,14 \left(90 \text{ ft} x \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} + 0,3072 \text{ in} \right) - 10x \left(\frac{5}{32} \right)}{12 * 10}$$

$$= 28,261913 \text{ ft}$$

Dimensi Course 1

$$\text{Panjang plate} = 28,261913 \text{ ft}$$

$$\text{Lebar plate} = 8 \text{ ft}$$

$$\text{Tebal shell} = 0,35367941 \text{ in}$$

course 2

$$ts2 = \frac{61,107 x (32 - 8 - 1) x 12 x 90}{2 x 144 x 18750 x 0,85} + 0,125$$

$$= 0,29466537 \text{ in}$$

Untuk ts2 dipilih ketebalan 1/2 in

Direncanakan menggunakan 10 plate untuk tiap course, allowance untuk vertical welded joint (jarak sambung antar plate) = 5/32 in, dan lebar coure = 8 ft.

$$L = \frac{3,14 \left(90 \text{ ft} x \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} + 0,45569695 \text{ in} \right) - 10x \left(\frac{5}{32} \right)}{12 * 10}$$

$$= 28,259655 \text{ ft}$$

Dimensi Course 2

$$\begin{aligned} \text{Panjang plate} &= 28,259655 \text{ ft} \\ \text{Lebar plate} &= 8 \text{ ft} \\ \text{Tebal shell} &= 0,29466537 \text{ in} \end{aligned}$$

course 3

$$\begin{aligned} \text{ts3} &= \frac{61,107 \times (32 - 8 - 8 - 1) \times 12 \times 90 + 0,125}{2 \times 144 \times 18750 \times 0,85} \\ &= 0,23565133 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk ts3 dipilih ketebalan 1/3 in

Direncanakan menggunakan 10 plate untuk tiap course, allowance untuk vertical welded joint (jarak sambung antar plate) = 5/32 in, dan lebar coure = 8 ft.

$$\begin{aligned} L &= \frac{3,14 \left(90 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} + 0,34067193 \text{ in} \right) - 10 \times \left(\frac{5}{32} \right)}{12 \times 10} \\ &= 28,255893 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dimensi Course 3

$$\begin{aligned} \text{Panjang plate} &= 28,255893 \text{ ft} \\ \text{Lebar plate} &= 8 \text{ ft} \\ \text{Tebal shell} &= 0,23565133 \text{ in} \end{aligned}$$

course 4

$$\begin{aligned} \text{ts3} &= \frac{61,107 \times (32 - 8 - 8 - 8 - 1) \times 12 \times 90 + 0,125}{2 \times 144 \times 18750 \times 0,85} \\ &= 0,17663729 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk ts4 dipilih ketebalan 2/9 in

Direncanakan menggunakan 10 plate untuk tiap course, allowance untuk vertical welded joint (jarak sambung antar plate) = 5/32 in, dan lebar coure = 8 ft.

$$\begin{aligned} L &= \frac{3,14 \left(90 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} + 0,2256469 \text{ in} \right) - 10 \times \left(\frac{5}{32} \right)}{12 \times 10} \\ &= 28,252883 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dimensi Course 4

$$\begin{aligned} \text{Panjang plate} &= 28,252883 \text{ ft} \\ \text{Lebar plate} &= 8 \text{ ft} \\ \text{Tebal shell} &= 0,17663729 \text{ in} \end{aligned}$$

g. Menentukan Top Angel Untuk Conical roof

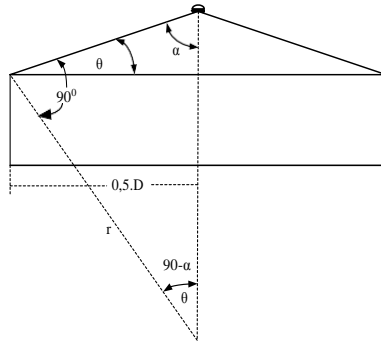
Top angel untuk *Conical Roof* dengan diameter lebih dari 60 ft adalah 3x 3 x 3/8 (tabel 3.4, Brownell, hal 52)

Bila digunakan 10 buah plate untuk *top angel*, maka panjang tiap *section* :

$$L = \frac{3,14 \times d - \text{weld leght}}{12 \times n}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3,14 \left(90 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} + 0,2256469 \text{ in} \right) - 10 \times \left(\frac{5}{32} \right)}{12 * 10} \\
 &= 28,2535 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

h. Menghitung tinggi dan tebal head tangki



Menghitung θ (sudut angel dengan garis horizontal)

besarnya sudut dalam roof dapat dicari dengan persamaan berikut ini:

$$\sin \theta = \frac{D}{430 \times t} \quad (\text{Pers. 4.6, Brownell, hal 64})$$

Dimana diketahui:

D = diameter tangki standar, (ft)

t = cone shell thicness, (in)

digunakan tebal cone standart 1,25 in

sehingga:

$$\begin{aligned}
 \sin \theta &= \frac{90}{430 \times 1,25} \\
 &= 0,14534884
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \theta &= 0,1459 \quad \text{rad} \\
 &= 8,3575 \quad ^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 90^\circ - \theta \\
 &= 90^\circ - 8,3575^\circ \\
 &= 81,6425 \quad ^\circ
 \end{aligned}$$

$$\text{Tan } \theta = \frac{D}{2 \times H}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{D}{2 \times \text{Tan} \theta} \\
 &= \frac{90}{2 \times 0,1459}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{2 \times \tan(0,2647)}{6,61090235 \text{ ft}}$$

persamaan untuk menghitung tebal sheel head:

$$th = \frac{P \cdot D}{2 \cos \alpha (f \cdot E - 0,6 P) + C}$$

(Brownell and Young, Pers.6.154, 1977 : 118)

tekanan penyimpan = 1 atm = 14,7 psi dan diambil faktor keamanan 20% maka:

$$P = 1.2 \times 14,7 \text{ psi}$$

$$= 17,64$$

$$th = \frac{17,46 \times 1080}{2 \cos 0,2647^\circ (18750 \times 0,8 - 0,6 \times (17,46))} + 0,125$$

$$= 0,15297698 \text{ in}$$

i. Menghitung Tinggi Tangki

Jadi tinggi total tangki	=	H tutup	+	H Tangki
	=	6,6109	+	32,0000
	=	38,6109	ft	
	=	11,7686	m	

j. Menghitung Diameter pipa masuk dan pipa keluar

Pipa Masuk

diameter pipa masuk diestimasi dengan persamaan berikut:

$$Di \text{ opt} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,15} \quad (\text{Peters}, 1984)$$

direncanakan waktu pengisian selama 12 jam

$$q_f = \frac{63440,2383 \text{ ft}^3}{12 \text{ jam} \times 3600 \text{ s/jam}}$$

$$= 1,46852404 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\rho = 56,4322 \text{ lb/ft}^3$$

$$Di \text{ opt} = 3,9 \times (3,45^{0,45}) \times 61,1070^{0,15}$$

$$= 10,1914477 \text{ in}$$

Dari Tabel 11, hal 844, buku D. Q. Kern, 1965 ditetapkan ukuran pipa standar sebagai berikut:

D nominal	=	12	in
OD	=	12,75	in
ID	=	12,09	in
Flow area per pipe	=	115	in ²
schedule number	=	40	

Pipa Keluar

menghitung laju alir fluida:

kapasitas	=	8054,75	kg/jam
Densitas campuran fluida	=	56,4322	lb/ft ³
debit pemompaan	=		

$$q_f = \frac{23834,45 \frac{kg}{jam} \times 2,20462 \frac{lb}{kg}}{61,1070 \frac{lb}{ft^3} \times 3600 \frac{s}{jam}}$$

$$= 0,0874091 \text{ ft}^3/\text{s}$$

faktor keamanan = 20%

debit pompa sebenarnya :

$$q_f = \frac{120}{100} \times 0,2388 \times 60924$$

$$= 0,10489092 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Menghitung diameter optimal:

Asumsi aliran turbulen, menurut Peter and Timmerhaus, 1989 hal 496:

$$D_{i \text{ opt}} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$D_{i \text{ opt}} = 3,9 \times (0,286 \times 33108^{0,45} \times 61,1070^{0,13})$$

$$= 2,11616412 \text{ in}$$

Dari Tabel 11, hal 844, buku D. Q. Kern, 1965 ditetapkan ukuran pipa standar sebagai berikut:

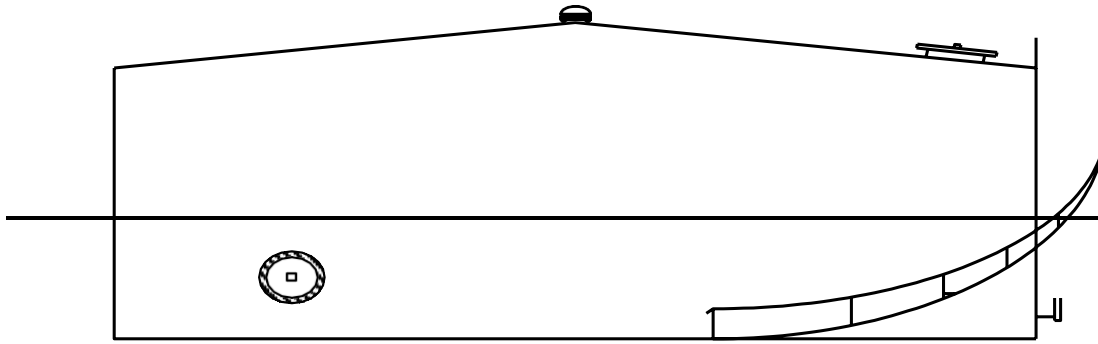
D nominal	=	4	in
OD	=	4,5	in
ID	=	4,026	in
Flow area per pipe	=	12,7	in ²
schedule number	=	40	

RESUME

Nama Alat	:	Tangki Penyimpanan POME		
Kode	:	F-110		
Fungsi	:	Menyimpan POME untuk keperluan bahan baku		
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder horizontal, tutup atas berupa : <i>conical (cone roof)</i> dan tutup bawah berupa <i>plate</i>		
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless steel type 304</i>		
Spesifikasi				
Suhu Penyimpanan	:	30	°C	
P penyimpanan	:	1	atm	
Waktu Penyimpanan	:	7	hari	
Jumlah Tangki	:	3	buah	
Volume Tangki	:	1796,4258	m ³	
Tinggi Tangki	:	32,0000	ft	= 9,7531 m
Diameter tangki	:	50,0000	ft	= 15,2400 m
lebar plate standart	:	8,0000	ft	= 2,4384 m
Tebal shell Course tangki				
Course ke-1	:	0,29	in	
Course ke-2	:	0,29	in	
Course ke-3	:	0,24	in	
Course ke-4	:	0,18	in	

Tebal head	:	0,15297698	in			
tinggi head	:	6,61090235	ft			
Tinggi tangki total	:	38,6109	ft	=	11,7680	m
Diameter pipa keluar	:	4,0260	in			
Diameter pipa masuk	:	12,0900	in			

Tangki Penyimpan Methanol (CH₃OH)



Fungsi	=	Menyimpan CH ₃ OH untuk keperluan bahan baku
Bentuk	=	Tangki silinder vertikal dengan tutup atas berupa <i>conical</i> dan tutup bawah berupa <i>plate</i>
Bahan	=	<i>Stainless Steel type 304</i>
Jumlah	=	1 buah
Lama Penyimpanan	=	14 hari
Kondisi Operasi:		
Temperatur (T)	=	30 °C
Tekanan (P)	=	1 atm

Langkah Perencanaan :

a. Menentukan Tipe Tangki

Tangki dipilih dengan bentuk silinder vertikal dengan tutup atas berupa *conical* (*cone roof*) dan bagian tutup bawah berupa *plate*. Adapun pertimbangan pemilihan tipe tangki ini adalah sebagai berikut :

1. Tipe tangki ini cocok untuk *liquid* yang mudah terbakar
2. Tangki jenis ini mengurangi resiko terjadinya kebakaran.
3. Konstruksi sederhana sehingga ekonomis dan tekanan 1 atm

b. Menentukan Bahan Konstruksi Tangki

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *stainless steel type 304* dengan pertimbangan :

1. Tahan korosi
2. Memiliki batas tekanan yang diijinkan besar (s.d 18750 psi)
3. Memiliki batas suhu yang diijinkan besar (-20 °F) - (650 °F)

c. Menghitung kapasitas tangki

NM ARUS 4

kondisi operasi :

T	=	30 C
		303,15 K
P	=	1 atm
		760 mmHg

1 m ³	=	35,3147 cuft
1 kg/m ³	=	0,06243 lb/cuft (Perry)

lama penyimpanan = 14 hari 336

KOMPONEN	INPUT	ρ	fraksi	$\rho \cdot x$	kg/7 hari
	(kg/jam)	(kg/m ³)	x		
CH ₃ OH	1841,91	782,66	0,99	774,8334	618882,507
H ₂ O	18,61	1022,87	0,01	10,2287	6251,33845
TOTAL	1860,52		1	785,0621	625133,845

Menentukan ρ campuran

$$\begin{aligned} \rho \text{ campuran} &= 785,0621 \text{ kg/m}^3 = 49,0114 \text{ lb/ft}^3 \\ F_v \text{ campuran} &= 796,2859 \text{ m}^3/\text{jam} = 28120,5961 \text{ cuft/jam} \end{aligned}$$

Menentukan kapasitas tangki

$$\begin{aligned} V \text{ tangki} &= \frac{\text{Kebutuhan CH}_3\text{OH dalam 7 hari}}{\rho \text{ campuran}} \\ &= \frac{625133,845 \text{ kg}}{785,0621 \text{ kg/m}^3} \\ &= 796,2859 \text{ m}^3 \quad 28120,6 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

overdesign 20%

$$\begin{aligned} \text{volume tangki} + 20\% &= 33744,7153 \text{ cuft} \\ &= 955,5430 \text{ m}^3 \quad 6010,36563 \text{ bbl} \end{aligned}$$

(< 71354 cuft, termasuk small Tank)

d. Menghitung Dimensi Tangki

$$\begin{aligned} 1 \text{ ft} &= 12 \text{ in} \\ 1 \text{ ft} &= 0,3048 \text{ m} \\ 1 \text{ in} &= 0,0254 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung tinggi dan diameter tangki

$$\begin{aligned} D &= 2 \times H \\ \text{Rumus Small Tank} &= D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 35,0304 \text{ ft} \\ &= 420,3651 \text{ in} \\ &= 10,6773 \text{ m} \\ H &= 17,5152 \text{ ft} \\ &= 210,1825 \text{ in} \\ &= 5,3386 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk ukuran standar, tangki yang digunakan berdasarkan dengan Apendix E, hal 346-348

(brownell and young, 1979) memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Diameter (D)	=	35 ft	10,6675 m	420
Tinggi Tangki (H)	=	18 ft	5,4861 m	216
Volume tangki (V)	=	3.080 bbl	489720 liter	
jumlah course	=	3 buah		
Alloawble vertical weld joind	=	1/5 in	ft	
butt welded course	=	72 in	6 ft	

e. Menentukan jumlah tangki

kapasitas tangki dengan 96 in butt welded courses untuk diameter 90 ft kapasitas tangki maksimum

adalah 1133 bbl/ft (Appendix E item 3 ,brownell and young, 1979)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tangki} &= \frac{6010,365629 \text{ bbl}}{171 \text{ bbl/ft}} \\ &= 35,14833701 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\text{tinggi tangki (H)} = 18 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{maka jumlah tangki} &= \frac{35,14833701 \text{ ft}}{18 \text{ ft}} \\ &= 1,95268539 \text{ buah} \\ &= 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

f. Menghitung tebal dan panjang shell course

Tebal shell course dapat dihitung dengan menggunakan persamaan pada buku brownell and young, 1979 sebagai berikut:

$$ts = \frac{\rho \times D}{2 \times f \times E} \quad (\text{Pers. 3.16, Hal 45})$$

$$d = 12 \times D$$

Dimana:

$$ts = \text{Tebal shell (in)}$$

$$f = \text{Tekanan yang diijinkan (lb/in}^2\text{)}$$

$$E = \text{Efisiensi pengelasan,}$$

$$d = \text{Diameter tangki (in)}$$

$$p = \text{tekanan dalam tangki (lb/in}^2\text{)}$$

$$C = \text{Faktor korosi sebesar (in)}$$

$$p = \frac{\rho \times (H - 1) \times D + C}{144} \quad (\text{Pers. 3.17, hal 46})$$

Dimana:

$$\rho = \text{densitas POME pada suhu 30C}$$

$$= 49,0114 \text{ lb/ft}^3$$

$$H = \text{Tinggi Coure (ft)}$$

$$p = \text{Tekanan dalam tangki (lb/in}^2\text{)} \quad 18750 \text{ Psi}$$

(Tabel 13.2, Brownell, hal 254)

Persamaan 3.16 menjadi:

$$ts = \frac{\rho \times (H - 1) \times D + C}{2 \times 144 \times f \times E}$$

Digunakan tipe pengelasan double welded butt joint with backing strip yang memiliki:

$$\text{Efisiensi pengelasan maksimal E,} = 0,85$$

$$\text{faktor korosi, C} = 0,125$$

$$ts = \frac{48,0114 \times (H - 1) \times D + 0,125}{2 \times 144 \times 18750 \times 0,85}$$

Direncanakan menggunakan *shell plate* dengan 72 in *Butt-welded course*

(appendix E, item 4, Brownell, hal.348)

untuk ukuran D = 35 ft dan H = 18 ft digunakan 3 course dengan ukuran yang berbeda.

Sedangkan panjang shell course dihitung menggunakan persamaan:

$$L = \frac{3,14 \times d - n \text{ ld leght}}{12 \times n}$$

Dimana:
weld length = (jumlah course) x (allowable welded joint)
n = jumlah course
d = diameter dalam tangki + tebal shell

course 1

$$\begin{aligned} ts1 &= \frac{48,0114 \times (18 - 1) \times 12 \times 35}{2 \times 144 \times 18750 \times 0,85} + 0,125 \\ &= 0,201239997 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk ts1 dipilih ketebalan 1/5 in

Direncanakan menggunakan 6 plate untuk tiap course, allowance untuk vertical welded joint (jarak sambung antar plate) = 5/32 in, dan lebar coure = 8 ft.

$$\begin{aligned} L &= \frac{3,14 \left(35 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} + 0,57072 \text{ in} \right) - 6 \times \left(\frac{5}{32} \right)}{12 * 6} \\ &= 18,31242213 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dimensi Course 1

Panjang plate = 18,31242213 ft
Lebar plate = 6 ft
Tebal shell = 0,201239997 in

course 2

$$\begin{aligned} ts2 &= \frac{48,0114 \times (18 - 6 - 1) \times 12 \times 35}{2 \times 144 \times 18750 \times 0,85} + 0,125 \\ &= 0,174331763 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk ts2 dipilih ketebalan 1/6 in

Direncanakan menggunakan 6 plate untuk tiap course, allowance untuk vertical welded joint (jarak sambung antar plate) = 5/32 in, dan lebar coure = 8 ft.

$$\begin{aligned} L &= \frac{3,14 \left(35 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} + 0,174331763 \text{ in} \right) - 6 \times \left(\frac{5}{32} \right)}{12 * 6} \\ &= 18,31124864 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dimensi Course 2

Panjang plate = 18,31124864 ft
Lebar plate = 6 ft
Tebal shell = 0,174331763 in

course 3

$$\begin{aligned} ts3 &= \frac{48,0114 \times (18 - 6 - 6 - 1) \times 12 \times 35}{2 \times 144 \times 18750 \times 0,85} + 0,125 \\ &= 0,147423529 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk ts3 dipilih ketebalan 1/7 in

Direncanakan menggunakan 10 plate untuk tiap course, allowance untuk vertical welded joint (jarak sambung antar plate) = 5/32 in, dan lebar coure = 8 ft.

$$\begin{aligned} L &= \frac{3,14 \left(35 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} + 0,147423529 \text{ in} \right) - 6 \times \left(\frac{5}{32} \right)}{12 * 6} \\ &= 18,31007514 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dimensi Course 3	
Panjang plate	= 18,31007514 ft
Lebar plate	= 6 ft
Tebal shell	= 0,147423529 in

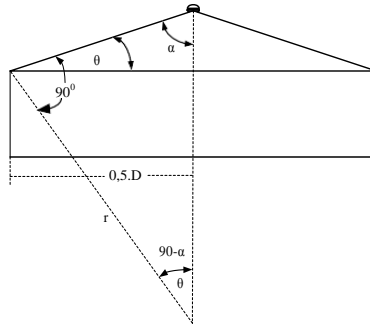
g. Menentukan Top Angel Untuk Conical roof

Top angel untuk *Conical Roof* dengan diameter 35 ft atau kurang adalah $2\ 1/2 \times 2\ 1/2 \times 1\ 1/4$ in (tabel 3.4, Brownell, hal 53)

Bila digunakan 6 buah plate untuk *top angel*, maka panjang tiap *section* :

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{3,14 \times d - \text{weld legth}}{12 \times n} \\
 &= \frac{3,14 \left(35 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} + 0,147423529 \text{ in} \right) - 6 \times \left(\frac{5}{32} \right)}{12 * 6} \\
 &= 18,3101 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

h. Menghitung tinggi dan tebal head tangki



Menghitung θ (sudut angel dengan garis horizontal)

besarnya sudut dalam roof dapat dicari dengan persamaan berikut ini:

$$\sin \theta = \frac{D}{430 \times t} \quad (\text{Pers. 4.6, Brownell, hal 64})$$

Dimana diketahui:

D	=	diameter tangki standar, (ft)
t	=	cone shell thicness, (in)

digunakan tebal cone standart 1,25 in

sehingga:

$$\begin{aligned}
 \sin \theta &= \frac{35}{430 \times 1,25} \\
 &= 0,101744186
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \theta &= 0,1019 \text{ rad} \\
 &= 5,8396 \text{ }^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 35^\circ - \theta \\
 &= 35^\circ - 5,8396^\circ \\
 &= 29,1604 \text{ }^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tan \theta &= \frac{D}{2 \times H} \\ H &= \frac{D}{2 \times \tan \theta} \\ &= \frac{35}{2 \times \tan(0,109)} \\ &= 1,789811311 \text{ ft} \end{aligned}$$

persamaan untuk menghitung tebal sheel head:

$$th = \frac{P \cdot D}{2 \cos \alpha (f \cdot E - 0,6 P) + C}$$

(Brownell and Young, Pers.6.154, 1977 : 118)

tekanan penyimpan = 1 atm = 14,7 psi dan diambil faktor keamanan 20% maka:

$$\begin{aligned} P &= 1,2 \times 14,7 \text{ psi} \\ &= 17,64 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} th &= \frac{17,46 \times 216 + 0,125}{2 \cos 0,2647^\circ (18750 \times 0,8 - 0,6 \times (17,46))} \\ &= 0,245200623 \text{ in} \end{aligned}$$

i. Menghitung Tinggi Tangki

$$\begin{aligned} \text{Jadi tinggi total tangki} &= \text{H tutup} + \text{H Tangki} \\ &= 1,7898 + 18,0000 \\ &= 19,7898 \text{ ft} \\ &= 6,0319 \text{ m} \end{aligned}$$

j. Menghitung Diameter pipa masuk dan pipa keluar

Pipa Masuk

diameter pipa masuk diestimasikan dengan persamaan berikut:

$$Di_{opt} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peters, 1984})$$

direncanakan waktu pengisian selama 12 jam

$$\begin{aligned} q_f &= \frac{33744,7153 \text{ ft}^3}{12 \text{ jam} \times 3600 \text{ s/jam}} \\ &= 0,781127668 \text{ ft}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\rho = 49,0114 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} Di_{opt} &= 3,9 \times (0,781127668)^{0,45} \times 49,0114^{0,13} \\ &= 5,150142565 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari Tabel 11, hal 844, buku D. Q. Kern, 1965 ditetapkan ukuran pipa standar sebagai berikut:

$$\begin{aligned} D \text{ nominal} &= 6 \text{ in} \\ OD &= 6,625 \text{ in} \\ ID &= 6,065 \text{ in} \\ \text{Flow area per pipe} &= 1,734 \text{ in}^2 \\ \text{schedule number} &= 40 \end{aligned}$$

Pipa Keluar

menghitung laju alir fluida:

kapasitas = 1860,52 kg/jam

Densitas campuran fluida = 49,0114 lb/ft³

debit pemompaan =

$$q_f = \frac{1710,57 \frac{kg}{jam} \times 2,20462 \frac{lb}{kg}}{49,0114 \frac{lb}{ft^3} \times 3600 :/jam}$$

$$= 0,023247038 \text{ ft}^3/\text{s}$$

faktor keamanan = 20%

debit pompa sebenarnya :

$$q_f = \frac{120}{100} \times 0,2388 \times 60924$$

$$= 0,027896446 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Menghitung diameter optimal:

Asumsi aliran turbulen, menurut Peter and Timmerhaus, 1989 hal 496:

$$D_{\text{opt}} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$D_{\text{opt}} = 3,9 \times (0,025648166^{0,45}) \times 61,10^{0,13}$$

$$= 1,149718014 \text{ in}$$

Dari Tabel 11, hal 844, buku D. Q. Kern, 1965 ditetapkan ukuran pipa standar sebagai berikut:

D nominal = 1 in

OD = 1,32 in

ID = 0,864 in

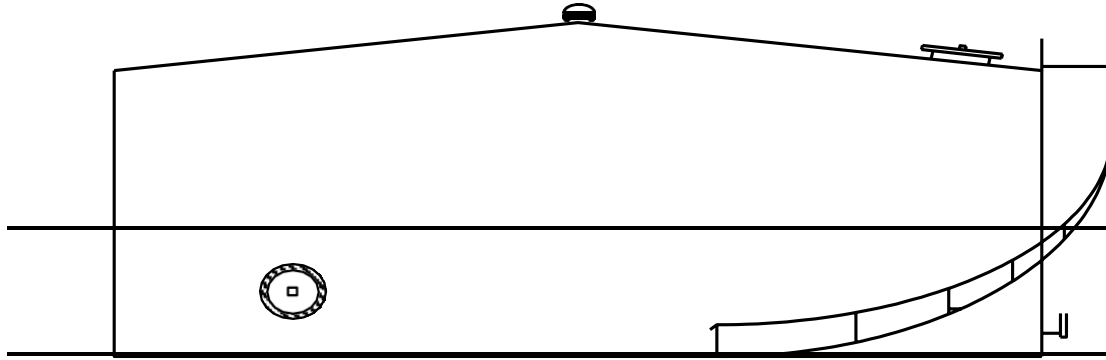
Flow area per pipe = 0,864 in²

schedule number = 40

RESUME	
Nama Alat	: Tangki Penyimpanan CH ₃ OH
Kode	: F-130
Fungsi	: Menyimpan CH ₃ OH untuk keperluan bahan baku
Tipe	: Tangki berbentuk silinder horizontal, tutup atas berupa : <i>conical (cone roof)</i> dan tutup bawah berupa <i>plate</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless steel type 304</i>
Spesifikasi	
Suhu Penyimpanan	: 30 °C
P penyimpanan	: 1 atm
Waktu Penyimpanan	: 14 hari
Jumlah Tangki	: 2 buah
Volume Tangki	: 955,5430 m ³
Tinggi Tangki	: 18,0000 ft = 5,4861 m
Diameter tangki	: 35,0000 ft = 10,6680 m
lebar plate standart	: 6,0000 ft = 1,8288 m
Tebal shell Course tangki	
Course ke-1	: 0,17 in
Course ke-2	: 0,17 in
Course ke-3	: 0,15 in
Tebal head	: 0,245200623 in

tinggi head	:	1,789811311	ft			
Tinggi tangki total	:	19,7898	ft	=	6,0316	m
Diameter pipa keluar	:	0,8640	in			
Diameter pipa masuk	:	6,0650	in			

Tangki Penyimpan H₂SO₄



Fungsi	=	Menyimpan H ₂ SO ₄ untuk keperluan bahan baku katalis
Bentuk	=	Tangki silinder vertikal dengan tutup atas berupa <i>conical</i> dan tutup bawah berupa <i>plate</i>
Bahan	=	<i>Stainless Steel type 304</i>
Jumlah	=	1 buah
Lama Penyimpanan	=	14 hari
Kondisi Operasi:		
Temperatur (T)	=	30 °C
Tekanan (P)	=	1 atm

Langkah Perencanaan :

a. Menentukan Tipe Tangki

Tangki dipilih dengan bentuk silinder vertikal dengan tutup atas berupa *conical* (*cone roof*) dan bagian tutup bawah berupa *plate*. Adapun pertimbangan pemilihan tipe tangki ini adalah sebagai berikut :

1. Tipe tangki ini cocok untuk *liquid* yang mudah terbakar
2. Tangki jenis ini mengurangi resiko terjadinya kebakaran.
3. Konstruksi sederhana sehingga ekonomis dan tekanan 1 atm

b. Menentukan Bahan Konstruksi Tangki

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *stainless steel type 304* dengan pertimbangan :

1. Tahan korosi
2. Memiliki batas tekanan yang diijinkan besar (s.d 18750 psi)
3. Memiliki batas suhu yang diijinkan besar (-20 °F) - (650 °F)

c. Menghitung kapasitas tangki

NM ARUS 4

kondisi operasi :

T	=	30 C
		303,15 K
P	=	1 atm
		760 mmHg

1 m ³	=	35,3147 cuft
1 kg/m ³	=	0,06243 lb/cuft (Perry)

lama penyimpanan = 14 hari 336

KOMPONEN	INPUT	ρ	fraksi	$\rho \cdot x$	kg/14 hari
	(kg/jam)	(kg/m ³)	x		
H ₂ SO ₄	239,60	1826,78	0,98	1790,2444	80505,2
H ₂ O	4,89	1022,87	0,02	20,4574	1642,96
TOTAL	244,49		1	1810,7018	82148,2

Menentukan ρ campuran

ρ campuran = 1810,7018 kg/m³ = 113,0421 lb/ft³
 F_v campuran = 45,3681 m³/jam = 1602,1623 cuft/jam

Menentukan kapasitas tangki

V tangki = $\frac{\text{Kebutuhan H}_2\text{SO}_4 \text{ dalam 14 hari}}{\rho \text{ campuran}}$
 = $\frac{82148,175 \text{ kg}}{1810,7018 \text{ kg/m}^3}$
 = 45,3681 m³ 1602,16 ft³

overdesign 20%

volume tangki + 20% = 1922,5948 cuft
 = 54,4418 m³ 342,439 bbl

(< 71354 cuft, termasuk small Tank)

d. Menghitung Dimensi Tangki

1 ft = 12 in
 1 ft = 0,3048 m
 1 in = 0,0254 m

Menghitung tinggi dan diameter tangki

D = 2xH

Rumus Small Tank = $D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$

D = 13,4795 ft
 = 161,7536 in
 = 4,1085 m
 H = 6,7397 ft
 = 80,8768 in
 = 2,0543 m

Untuk ukuran standar, tangki yang digunakan berdasarkan dengan Apendix E, hal 346-348 (brownell and young, 1979) memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Diameter (D) = 15 ft 4,5718 m 180
 Tinggi Tangki (H) = 12 ft 3,6574 m 144
 Volume tangki (V) = 380 bbl 60420 liter
 jumlah course = 2 buah
 Allowable vertical weld joint = 1/5 in

butt welded course = 72 in 6 ft

e. Menentukan jumlah tangki

kapasitas tangki dengan 72 in butt welded courses untuk diameter 15 ft kapasitas tangki maksimum adalah 31,5 bbl/ft (Appendix E item 3, brownell and young, 1979)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tangki} &= \frac{342.43873 \text{ bbl}}{31,5 \text{ bbl/ft}} \\ &= 10,8710708 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\text{tinggi tangki (H)} = 12 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{maka jumlah tangki} &= \frac{10,8710708 \text{ ft}}{12 \text{ ft}} \\ &= 0,90592257 \text{ buah} \\ &= 1 \text{ buah} \end{aligned}$$

f. Menghitung tebal dan panjang shell course

Tebal shell course dapat dihitung dengan menggunakan persamaan pada buku brownell and young, 1979 sebagai berikut:

$$ts = \frac{\rho \times D}{2 \times f \times E} + C \quad (\text{Pers. 3.16, Hal 45})$$

$$d = 12 \times D$$

Dimana:

$$ts = \text{Tebal shell (in)}$$

$$f = \text{Tekanan yang diijinkan (lb/in}^2\text{)}$$

$$E = \text{Effisiensi pengelasan,}$$

$$d = \text{Diameter tangki (in)}$$

$$p = \text{tekanan dalam tangki (lb/in}^2\text{)}$$

$$C = \text{Faktor korosi sebesar (in)}$$

$$p = \rho \times \frac{(H - 1)}{144} \quad (\text{Pers. 3.17, hal 46})$$

Dimana:

$$\rho = \text{densitas POME pada suhu 30C}$$

$$= 113,0421 \text{ lb/ft}^3$$

$$H = \text{Tinggi Coure (ft)}$$

$$p = \text{Tekanan dalam tangki (lb/in}^2\text{)} \quad 18750 \text{ Psi}$$

(Tabel 13.2, Brownell, hal 254)

Persamaan 3.16 menjadi:

$$ts = \frac{\rho \times (H - 1) \times D}{2 \times 144 \times f \times E} + C$$

Digunakan tipe pengelasan double welded butt joint with backing strip yang memiliki:

$$\text{Efisiensi pengelasan maksimal E,} = 0,85$$

$$\text{faktor korosi, C} = 0,125$$

$$ts = \frac{113,0421 \times (H - 1) \times D}{2 \times 144 \times 18750 \times 0,85} + 0,125$$

Direncanakan menggunakan *shell plate* dengan 72 in *Butt-welded course* (appendix E, item 4, Brownell, hal.348)

untuk ukuran D = 15 ft dan H = 12 ft digunakan 2 course dengan ukuran yang berbeda.

Sedangkan panjang shell course dihitung menggunakan persamaan:

$$L = \frac{3,14 \times d - \text{weld leght}}{12 \times n}$$

Dimana:

weld length = (jumlah course) x (allowable welded joint)

n = jumlah course

d = diameter dalam tangki + tebal shell

course 1

$$\begin{aligned} \text{ts1} &= \frac{113,0421 \times (12 - 1) \times 12 \times 15 + 0,125}{2 \times 14 \times 18750 \times 0,85} \\ &= 0,17376326 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk ts1 dipilih ketebalan 1/6 in

Direncanakan menggunakan 6 plate untuk tiap course, allowance untuk vertical welded joint (jarak sambung antar plate) = 5/32 in, dan lebar coure = 6 ft.

$$\begin{aligned} L &= \frac{3,14 \left(15 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} + 0,173763 \text{ in} \right) - 6 \times \left(\frac{5}{32} \right)}{12 * 6} \\ &= 7,84455717 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dimensi Course 1

Panjang plate = 7,84455717 ft

Lebar plate = 6 ft

Tebal shell = 0,17376326 in

course 2

$$\begin{aligned} \text{ts2} &= \frac{113,0421 \times (12 - 6 - 1) \times 12 \times 15 + 0,125}{2 \times 14 \times 18750 \times 0,85} \\ &= 0,14716512 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk ts2 dipilih ketebalan 1/7 in

Direncanakan menggunakan 6 plate untuk tiap course, allowance untuk vertical welded joint (jarak sambung antar plate) = 5/32 in, dan lebar coure = 6 ft.

$$\begin{aligned} L &= \frac{3,14 \left(15 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} + 0,14716512 \text{ in} \right) - 6 \times \left(\frac{5}{32} \right)}{12 * 6} \\ &= 7,8433972 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dimensi Course 2

Panjang plate = 7,8433972 ft

Lebar plate = 6 ft

Tebal shell = 0,14716512 in

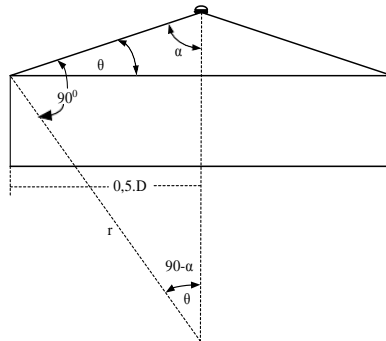
g. Menentukan Top Angel Untuk Conical roof

Top angel untuk Conical Roof dengan diameter 35 ft atau kurang adalah $2 \frac{1}{2} \times 2 \frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$ in (tabel 3.4, Brownell, hal 53)

Bila digunakan 6 buah plate untuk *top angel*, maka panjang tiap *section* :

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{3,14 \times d - \text{weld legth}}{12 \times n} \\
 &= \frac{3,14 \left(15 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} + 0,14716512 \text{ in} \right) - 6 \times \left(\frac{5}{32} \right)}{12 * 6} \\
 &= 7,8434 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

h. Menghitung tinggi dan tebal head tangki



Menghitung θ (sudut angel dengan garis horizontal)

besarnya sudut dalam roof dapat dicari dengan persamaan berikut ini:

$$\sin \theta = \frac{D}{430 \times t} \quad (\text{Pers. 4.6, Brownell, hal 64})$$

Dimana diketahui:

D = diameter tangki standar, (ft)

t = cone shell thicness, (in)

digunakan tebal cone standart 1,25 in

sehingga:

$$\begin{aligned}
 \sin \theta &= \frac{15}{430 \times 1,25} \\
 &= 0,04360465
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \theta &= 0,0436 \quad \text{rad} \\
 &= 2,4992 \quad ^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 15^\circ - \theta \\
 &= 15^\circ - 2,4992^\circ \\
 &= 12,5008 \quad ^\circ
 \end{aligned}$$

$$\text{Tan } \theta = \frac{D}{2 \times H}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{D}{2 \times \text{Tan} \theta} \\
 &= \frac{15}{2 \times \text{Tan}(0,0436)} \\
 &= 0,76380788 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

persamaan untuk menghitung tebal sheel head:

$$th = \frac{P \cdot D}{2 \cos \alpha (f \cdot E - 0,6 P)} + C$$

(Brownell and Young, Pers.6.154, 1977 : 118)

tekanan penyimpanan = 1 atm = 14,7 psi dan diambil faktor keamanan 20% maka:

$$P = 1.2 \times 14,7 \text{ psi} \\ = 17,64$$

$$th = \frac{17,46 \times 144}{2 \cos 0,0436^\circ (18750 \times 0,85 - 0,6 \times (17,46))} + 0,125 \\ = 0,20479368 \text{ in}$$

i. Menghitung Tinggi Tangki

Jadi tinggi total tangki	=	H tutup	+	H Tangki
	=	0,7638	+	12,0000
	=	12,7638	ft	
	=	3,8904	m	

j. Menghitung Diameter pipa masuk dan pipa keluar

Pipa Masuk

diameter pipa masuk diestimasikan dengan persamaan berikut:

$$Di_{opt} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peters, 1984})$$

direncanakan waktu pengisian selama 12 jam

$$q_f = \frac{1922,5948 \text{ ft}^3}{12 \text{ jam} \times 3600 \text{ s/jam}} \\ = 0,04450451 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\rho = 113,0421 \text{ lb/ft}^3$$

$$Di_{opt} = 3,9 \times (3,45^{0,45}) \times 61,1070^{0,1} \\ = 1,5423056 \text{ in}$$

Dari Tabel 11, hal 844, buku D. Q. Kern, 1965 ditetapkan ukuran pipa standar sebagai berikut:

D nominal	=	1 1/4	in
OD	=	1,66	in
ID	=	1,38	in
Flow area per pipe	=	1,5	in ²
schedule number	=	40	

Pipa Keluar

menghitung laju alir fluida:

$$\text{kapasitas} = 244,49 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas campuran fluida} = 113,0421 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{debit pemompaan} = \frac{23834,45 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 2,20462 \text{ lb/kg}}{\text{jam}}$$

$$q_f = \frac{23834,45 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 2,20462 \text{ lb/kg}}{\text{jam}}$$

$$61,1070 \frac{lb}{ft^3} \times 3600 \text{ s/jam}$$

$$= 0,00132449 \text{ ft}^3/\text{s}$$

faktor keamanan = 20%

debit pompa sebenarnya :

$$q_f = \frac{120}{100} \times 0,2388 \times 60924$$

$$= 0,00158939 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Menghitung diameter optimal:

Asumsi aliran turbulen, menurut Peter and Timmerhaus, 1989 hal 496:

$$D_i \text{ opt} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \nu^{0,13}$$

$$D_i \text{ opt} = 3,9 \times (0,0015755370,45) \times 113,0421^{0,13}$$

$$= 0,34430436 \text{ in}$$

Dari Tabel 11, hal 844, buku D. Q. Kern, 1965 ditetapkan ukuran pipa standar sebagai berikut:

D nominal = 1 in

OD = 1,32 in

ID = 1,049 in

Flow area per pipe = 0,864 in²

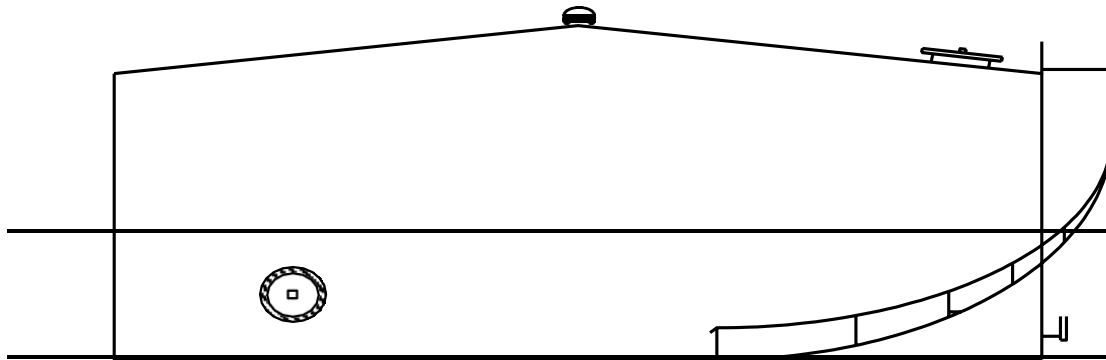
schedule number = 40

RESUME

Nama Alat	:	Tangki Penyimpanan H ₂ SO ₄			
Kode	:	F-120			
Fungsi	:	Menyimpan H ₂ SO ₄ untuk keperluan bahan baku katalis			
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder horizontal, tutup atas berupa : <i>conical (cone roof)</i> dan tutup bawah berupa <i>plate</i>			
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless steel type 304</i>			
Spesifikasi					
Suhu Penyimpanan	:	30	°C		
P penyimpanan	:	1	atm		
Waktu Penyimpanan	:	14	hari		
Jumlah Tangki	:	1	buah		
Volume Tangki	:	54,4418	m ³		
Tinggi Tangki	:	12,0000	ft	=	3,6574 m
Diameter tangki	:	15,0000	ft	=	4,5720 m
lebar plate standart	:	6,0000	ft	=	1,8288 m
Tebal shell Course tangki					
Course ke-1	:	0,15	in		
Course ke-2	:	0,15	in		
Tebal head	:	0,20479368	in		
tinggi head	:	0,76380788	ft		
Tinggi tangki total	:	12,7638	ft	=	3,8902 m
Diameter pipa keluar	:	1,0490	in		

Diameter pipa masuk : 1,3800 in

Tangki Penyimpan NaOH



Fungsi	=	Menyimpan NaOH untuk keperluan bahan baku katalis
Bentuk	=	Tangki silinder vertikal dengan tutup atas berupa <i>conical</i> dan tutup bawah berupa <i>plate</i>
Bahan	=	<i>Stainless Steel type 304</i>
Jumlah	=	1 buah
Lama Penyimpanan	=	14 hari
Kondisi Operasi:		
Temperatur (T)	=	30 °C
Tekanan (P)	=	1 atm

Langkah Perencanaan :

a. Menentukan Tipe Tangki

Tangki dipilih dengan bentuk silinder vertikal dengan tutup atas berupa *conical* (*cone roof*) dan bagian tutup bawah berupa *plate*. Adapun pertimbangan pemilihan tipe tangki ini adalah sebagai berikut :

1. Tipe tangki ini cocok untuk *liquid* yang mudah terbakar
2. Tangki jenis ini mengurangi resiko terjadinya kebakaran.
3. Konstruksi sederhana sehingga ekonomis dan tekanan 1 atm

b. Menentukan Bahan Konstruksi Tangki

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *stainless steel type 304* dengan pertimbangan :

1. Tahan korosi
2. Memiliki batas tekanan yang diijinkan besar (s.d 18750 psi)
3. Memiliki batas suhu yang diijinkan besar (-20 °F) - (650 °F)

c. Menghitung kapasitas tangki

NM ARUS 4

kondisi operasi :

T	=	30 C
		303,15 K
P	=	1 atm
		760 mmHg

1 m ³	=	35,3147 cuft
1 kg/m ³	=	0,06243 lb/cuft (Perry)

lama penyimpanan = 14 hari 336

KOMPONEN	INPUT	ρ	fraksi	$\rho \cdot x$	kg/14 hari
	(kg/jam)	(kg/m ³)	x		
NaOH	412,72	1909,23	0,98	1871,0454	138673
H ₂ O	8,42	1022,87	0,02	20,4574	2830,05
TOTAL	421,14		1	1891,5028	141503

Menentukan ρ campuran

ρ campuran = 1891,5028 kg/m³ = 118,0865 lb/ft³
 F_v campuran = 74,8096 m³/jam = 2641,8792 cuft/jam

Menentukan kapasitas tangki

V tangki = $\frac{\text{Kebutuhan H}_2\text{SO}_4 \text{ dalam 14 hari}}{\rho \text{ campuran}}$
 = $\frac{141502,601 \text{ kg}}{1891,5028 \text{ kg/m}^3}$
 = 74,8096 m³ 2641,88 ft³

overdesign 20%

volume tangki + 20% = 3170,2550 cuft
 = 89,7715 m³ 564,663 bbl

(< 71354 cuft, termasuk small Tank)

d. Menghitung Dimensi Tangki

1 ft = 12 in
 1 ft = 0,3048 m
 1 in = 0,0254 m

Menghitung tinggi dan diameter tangki

D = 2xH

Rumus Small Tank = $D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$

D = 15,9248 ft
 = 191,0980 in
 = 4,8539 m
 H = 7,9624 ft
 = 95,5490 in
 = 2,4269 m

Untuk ukuran standar, tangki yang digunakan berdasarkan dengan Apendix E, hal 346-348 (brownell and young, 1979) memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Diameter (D) = 25 ft 7,6196 m 300
 Tinggi Tangki (H) = 18 ft 5,4861 m 216
 Volume tangki (V) = 670 bbl 106530 liter
 jumlah course = 2 buah
 Alloawble vertical weld joint = 1/5 in

butt welded course = 72 in 6 ft

e. Menentukan jumlah tangki

kapasitas tangki dengan 72 in butt welded courses untuk diameter 15 ft kapasitas tangki maksimum adalah 31,5 bbl/ft (Apendix E item 3 ,brownell and young, 1979)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tangki} &= \frac{564,662995 \text{ bbl}}{31,5 \text{ bbl/ft}} \\ &= 17,9258094 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\text{tinggi tangki (H)} = 18 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{maka jumlah tangki} &= \frac{17,9258094 \text{ ft}}{18 \text{ ft}} \\ &= 0,9958783 \text{ buah} \\ &= 1 \text{ buah} \end{aligned}$$

f. Menghitung tebal dan panjang shell course

Tebal shell course dapat dihitung dengan menggunakan persamaan pada buku brownell and young, 1979 sebagai berikut:

$$ts = \frac{\rho \times D}{2 \times f \times E} + C \quad (\text{Pers. 3.16, Hal 45})$$

$$d = 12 \times D$$

Dimana:

$$ts = \text{Tebal shell (in)}$$

$$f = \text{Tekanan yang diijinkan (lb/in}^2\text{)}$$

$$E = \text{Effisiensi pengelasan,}$$

$$d = \text{Diameter tangki (in)}$$

$$p = \text{tekanan dalam tangki (lb/in}^2\text{)}$$

$$C = \text{Faktor korosi sebesar (in)}$$

$$p = \rho \times \frac{(H - 1)}{144} \quad (\text{Pers. 3.17, hal 46})$$

Dimana:

$$\rho = \text{densitas POME pada suhu 30C}$$

$$= 118,0865 \text{ lb/ft}^3$$

$$H = \text{Tinggi Coure (ft)}$$

$$p = \text{Tekanan dalam tangki (lb/in}^2\text{)} \quad 18750 \text{ Psi}$$

(Tabel 13.2, Brownell, hal 254)

Persamaan 3.16 menjadi:

$$ts = \frac{\rho \times (H - 1) \times D}{2 \times 144 \times f \times E} + C$$

Digunakan tipe pengelasan double welded butt joint with backing strip yang memiliki:

$$\text{Efisiensi pengelasan maksimal E,} = 0,85$$

$$\text{faktor korosi, C} = 0,125$$

$$ts = \frac{118,0865 \times (H - 1) \times D}{2 \times 144 \times 18750 \times 0,85} + 0,125$$

Direncanakan menggunakan *shell plate* dengan 72 in *Butt-welded course* (appendix E, item 4, Brownell, hal.348)

untuk ukuran D = 15 ft dan H = 12 ft digunakan 2 course dengan ukuran yang berbeda.

Sedangkan panjang shell course dihitung menggunakan persamaan:

$$L = \frac{3,14 \times d - \text{weld leght}}{12 \times n}$$

Dimana:

weld length = (jumlah course) x (allowable welded joint)

n = jumlah course

d = diameter dalam tangki + tebal shell

course 1

$$\begin{aligned} ts1 &= \frac{118,0865 \times (18 - 1) \times 12 \times 25 + 0,125}{2 \times 14 \times 18750 \times 0,85} \\ &= 0,25620724 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk ts1 dipilih ketebalan 1/4 in

Direncanakan menggunakan 6 plate untuk tiap course, allowance untuk vertical welded joint (jarak sambung antar plate) = 5/32 in, dan lebar coure = 6 ft.

$$\begin{aligned} L &= \frac{3,14 \left(25 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} + 0,256207244 \text{ in} \right) - 6 \times \left(\frac{5}{32} \right)}{12 * 6} \\ &= 13,081486 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dimensi Course 1

Panjang plate = 13,081486 ft

Lebar plate = 6 ft

Tebal shell = 0,25620724 in

course 2

$$\begin{aligned} ts2 &= \frac{118,0865 \times (18 - 6 - 1) \times 12 \times 25 + 0,125}{2 \times 14 \times 18750 \times 0,85} \\ &= 0,20989881 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk ts2 dipilih ketebalan 1/5 in

Direncanakan menggunakan 6 plate untuk tiap course, allowance untuk vertical welded joint (jarak sambung antar plate) = 5/32 in, dan lebar coure = 6 ft.

$$\begin{aligned} L &= \frac{3,14 \left(25 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} + 0,209898805 \text{ in} \right) - 6 \times \left(\frac{5}{32} \right)}{12 * 6} \\ &= 13,0794664 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dimensi Course 2

Panjang plate = 13,0794664 ft

Lebar plate = 6 ft

Tebal shell = 0,20989881 in

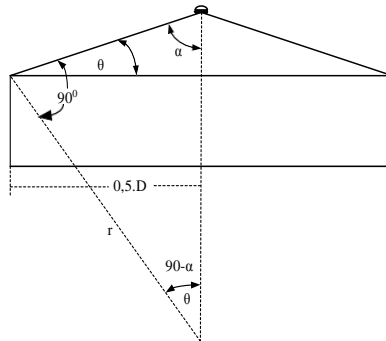
g. Menentukan Top Angel Untuk Conical roof

Top angel untuk Conical Roof dengan diameter 35 ft atau kurang adalah $2 \frac{1}{2} \times 2 \frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$ in (tabel 3.4, Brownell, hal 53)

Bila digunakan 6 buah plate untuk *top angel*, maka panjang tiap *section* :

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{3,14 \times d - \text{weld legth}}{12 \times n} \\
 &= \frac{3,14 \left(25 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} + 0,209898805 \text{ in} \right) - 6 \times \left(\frac{5}{32} \right)}{12 * 6} \\
 &= 13,0794664 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

h. Menghitung tinggi dan tebal head tangki



Menghitung θ (sudut angel dengan garis horizontal)

besarnya sudut dalam roof dapat dicari dengan persamaan berikut ini:

$$\sin \theta = \frac{D}{430 \times t} \quad (\text{Pers. 4.6, Brownell, hal 64})$$

Dimana diketahui:

D = diameter tangki standar, (ft)

t = cone shell thicness, (in)

digunakan tebal cone standart 1,25 in

sehingga:

$$\begin{aligned}
 \sin \theta &= \frac{25}{430 \times 1,25} \\
 &= 0,07267442
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \theta &= 0,0727 \quad \text{rad} \\
 &= 4,1676 \quad ^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 25^\circ - \theta \\
 &= 25^\circ - 4,1676^\circ \\
 &= 12,5008 \quad ^\circ
 \end{aligned}$$

$$\text{Tan } \theta = \frac{D}{2 \times H}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{D}{2 \times \text{Tan} \theta} \\
 &= \frac{25}{2 \times \text{Tan}(0,0727)} \\
 &= 1,27517425 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

persamaan untuk menghitung tebal sheel head:

$$th = \frac{P \cdot D}{2 \cos \alpha (f \cdot E - 0,6 P)} + C$$

(Brownell and Young, Pers.6.154, 1977 : 118)

tekanan penyimpanan = 1 atm = 14,7 psi dan diambil faktor keamanan 20% maka:

$$P = 1.2 \times 14,7 \text{ psi} \\ = 17,64$$

$$th = \frac{17,46 \times 300}{2 \cos 0,0727^\circ (18750 \times 0,85 - 0,6 \times (17,46))} + 0,125 \\ = 0,29151915 \text{ in}$$

i. Menghitung Tinggi Tangki

Jadi tinggi total tangki	=	H tutup	+	H Tangki
	=	1,2752	+	18,0000
	=	19,2752	ft	
	=	5,8751	m	

j. Menghitung Diameter pipa masuk dan pipa keluar

Pipa Masuk

diameter pipa masuk diestimasikan dengan persamaan berikut:

$$Di \text{ opt} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peters, 1984})$$

direncanakan waktu pengisian selama 12 jam

$$q_f = \frac{3170,2550 \text{ ft}^3}{12 \text{ jam} \times 3600 \text{ s/jam}} \\ = 0,07338553 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\rho = 118,0865 \text{ lb/ft}^3$$

$$Di \text{ opt} = 3,9 \times (0,072745845^{0,45}) \times 118,0865^{0,13} \\ = 1,94003402 \text{ in}$$

Dari Tabel 11, hal 844, buku D. Q. Kern, 1965 ditetapkan ukuran pipa standar sebagai berikut:

D nominal	=	2	in
OD	=	2,38	in
ID	=	2,067	in
Flow area per pipe	=	3,35	in ²
schedule number	=	40	

Pipa Keluar

menghitung laju alir fluida:

$$\text{kapasitas} = 421,14 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas campuran fluida} = 118,0865 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{debit pemompaan} = \frac{417,47 \text{ kg}}{\text{jam}} \times 2,20462 \text{ lb/kg}$$

$$q_f = \frac{417,47 \text{ kg}}{\text{jam}} \times 2,20462 \text{ lb/kg}$$

$$118,0865 \frac{lb}{ft^3} \times 3600 \text{ s/jam}$$

$$\begin{aligned} &= 0,00218402 \text{ ft}^3/\text{s} \\ \text{faktor keamanan} &= 20\% \\ \text{debit pompa sebenarnya :} & \\ \text{qf} &= \frac{120}{100} \times 0,00218498 \\ &= 0,00262082 \text{ ft}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Menghitung diameter optimal:

Asumsi aliran turbulen, menurut Peter and Timmerhaus, 1989 hal 496:

$$\begin{aligned} \text{Di opt} &= 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ \text{Di opt} &= 3,9 \times (0,002597975^{0,45} \times 118,0865^{0,13}) \\ &= 0,43309326 \text{ in} \end{aligned}$$

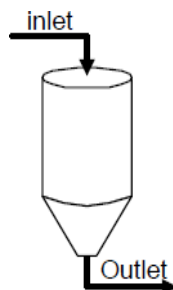
Dari Tabel 11, hal 844, buku D. Q. Kern, 1965 ditetapkan ukuran pipa standar sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{D nominal} &= 1 \text{ in} \\ \text{OD} &= 1,32 \text{ in} \\ \text{ID} &= 1,049 \text{ in} \\ \text{Flow area per pipe} &= 0,864 \text{ in}^2 \\ \text{schedule number} &= 40 \end{aligned}$$

RESUME

Nama Alat	:	Tangki Penyimpanan NaOH		
Kode	:	F-140		
Fungsi	:	Menyimpan NaOH untuk keperluan bahan baku katalis		
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder horizontal, tutup atas berupa <i>conical (cone roof)</i> dan tutup bawah berupa <i>plate</i>		
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless steel type 304</i>		
Spesifikasi				
Suhu Penyimpanan	:	30	°C	
P penyimpanan	:	1	atm	
Waktu Penyimpanan	:	14	hari	
Jumlah Tangki	:	1	buah	
Volume Tangki	:	89,7715	m ³	
Tinggi Tangki	:	18,0000	ft	= 5,4861 m
Diameter tangki	:	25,0000	ft	= 7,6200 m
lebar plate standart	:	6,0000	ft	= 1,8288 m
Tebal shell Course tangki				
Course ke-1	:	0,21	in	
Course ke-2	:	0,21	in	
Tebal head	:	0,29151915	in	
tinggi head	:	1,27517425	ft	
Tinggi tangki total	:	19,2752	ft	= 5,8748 m
Diameter pipa keluar	:	1,0490	in	
Diameter pipa masuk	:	2,0670	in	

SILO Na₂SO₄



Fungsi : Menyimpan bahan baku Na₂SO₄

Tujuan perancangan :

- 1) Menentukan jenis tangki
- 2) Menentukan bahan konstruksi yang digunakan
- 3) Menentukan dimensi tangki : Volume, Tinggi, tebal dinding, dan head tangki

1). Memilih tipe/jenis tangki :

Tipe tangki yang dipilih adalah silinder tegak tertutup, dengan pertimbangan:

- 1) Tekanan operasi 1 atm
- 2) Suhu operasi 30°C
- 3) Konstruksi sederhana sehingga ekonomis

2). Memilih bahan konstruksi :

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *stainless steel (SA-167) Type 304*

- 1) Memiliki kekerasan dan kekuatan tinggi
- 2) Tahan korosi.
- 3) Memiliki karakteristik bentuk yang mudah saat di las

(Brownell, hal. 342)

NM ARUS 1

kondisi operasi :	T	=	30 C		
			303,15 K		
	P	=	1 atm		
			760 mmHg		
	1 m ³	=	35,3147 cuft		
	1 kg/m ³	=	0,06243 lb/cuft	(Perry)	

KOMPONEN	INPUT	ρ	fraksi	ρ.x
	(kg/jam)	(kg/m ³)	x	
Na ₂ SO ₄	442,3238138	2475	0,994593543	2461,61902
H ₂ O	2,40440385	1004,28	0,005406457	5,42959633
TOTAL	444,7282177		1	2467,048616

Menentukan ρ campuran

ρ campuran = 2467,0486 kg/m³ 154,0178 lb/cuft

Fv campuran = 0,1803 m³/jam 6,3661 cuft/jam

Menentukan kapasitas tangki

lama penyimpanan = 7 hari
 jumlah tangki = 2 buah
 volume tangki = $\frac{\text{kebutuhan Na}_2\text{SO}_4 \text{ selama 7 hari}}{2}$
 = $\frac{1069,50244}{2}$
 = 534,7512 cuft

overdesign 20%

volume tangki + 20% = 641,7015 cuft
 = 18,1709 m³

(< 71354 cuft, termasuk small Tank)

1	ft	=	12	in
1	ft	=	0,3048	m
1	in	=	0,0254	m

3). Menghitung dimensi tangki

1. Menghitung tinggi dan diameter tangki

H = D

Rumus Small Tank :

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

D = 9,3502 ft
 = 112,2025 in
 = 2,8499 m

H = 9,3502 ft
 = 112,2025 in
 = 2,8499 m

2. Menghitung tebal minimum shell

Menentukan tebal minimum shell :

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank :

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{fE - 0,6P} + C \quad [\text{Brownell, pers.13-1, hal.254}]$$

dengan :

- t_{min} = tebal shell minimum; in
- P = tekanan tangki ; psi
- r_i = jari-jari tangki ; in (½ D)
- C = faktor korosi ; in (digunakan 1/8 in)
- E = faktor pengelasan, digunakan double welded, E = 0,8
- f = stress allowable, bahan konstruksi stainless steel 316

Data pakai ini aja jangan d gambar

Densitas cairan	=	2467,0486 kg/m ³
	=	154,037581 lb/ft ³
efisiensi pengelasan	=	0,8500
faktor korosi	=	0,1250
tegangan yang diijinka	=	35000 psi
D	=	112,2025 in
r	=	56,1012 in

(semua dari Brownell hal 342)

Penentuan tekanan design pada tangki :

$$P_B = \frac{r\rho_B(g/gc)}{2\mu'k'} [1 - e^{-2\mu'k'Z_T/r}] \quad [\text{Mc.Cabe, pers 26-24}]$$

dimana ; P_B = tekanan vertikal dasar bejana ρ_B = bulk densitas bahan, lb/cuft μ' = koefisien gesek = 0,35 – 0,55 diambil 0,45 [Mc.Cabe, hal 299] k' = ratio tekanan normal

$$k' = \frac{1 - \sin \alpha}{1 + \sin \alpha} = 0,334 \quad (\text{sudut} = 30^\circ)$$

 Z_T = tinggi total material dalam tangki = 54 x 80% = 43 ft r = jari-jari bin = 1/2 x 18 = 9,0 ft**Data pakai ini aja jangan digambar**

ZT	=	H x 80%	
	=	8,4152	ft
μ	=	0,4500	
k	=	0,3340	
PB	=	1267,4649	
	=	1143,7603	lb/ft ²
	=	7,9428	psi

Tekanan lateral , $PL = k'.PB$ [Mc.Cabe, hal 302]

PL	=	2,652888564 psi
P operasi = $PB + PL$	=	10,59566869 psi
P design (10% faktor keamanan)	=	11,65523556 psi
Tebal shell (t_{min})	=	0,146984093 in
dirancang	=	0,25 in
	=	0,00635 m

Tutup bawah, conis :

$$\text{Tebal conical} = \frac{P.D}{2 \cos \alpha (fE - 0,6P)} + C \quad [\text{Brownell, hal.118; ASME Code}]$$

dengan $\alpha = 1/2$ sudut conis = $30^\circ/2 = 15^\circ$

Volume = $\frac{1}{3} \pi R^2 H \cos \alpha = \frac{1}{3} \pi (12)^2 (15)$

P	=	11,6552	psi
D	=	112,2025	in
$2 \cos \alpha$	=	0,3085	
f	=	35000	psi
E	=	0,8500	

tebal conical	=	0,2675	in
dirancang = 3/4	=	0,5	in

Tinggi conical :

$$h = \frac{\text{tg } \alpha \times (D - m)}{2} \quad [\text{Hesse, pers.4-17}]$$

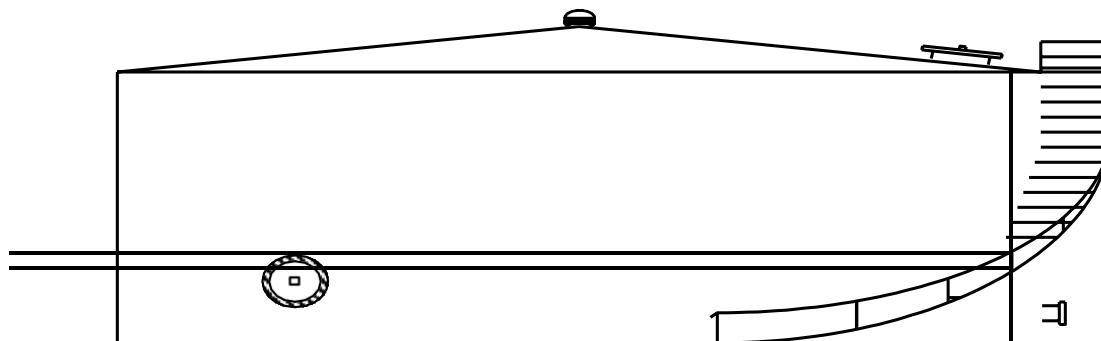
Keterangan :	α	= ½ sudut conis	; 15°
	D	= diameter tangki	; ft
	m	= flat spot center	; 12 in = 1 ft

α	=	15 derajat
$\tan \alpha$	=	0,268
D	=	9,3502 ft
m	=	1 ft
h	=	1,1189 ft
	=	0,3410 m

RESUME

Nama Alat	=	Silo penyimpanan Bahan Baku Na ₂ So ₄		
Kode	=	F-150		
Fungsi	=	Menampung Na ₂ So ₄ selama 7 hari		
Type	=	Silinder tegak dengan tutup atas datar dan bawah conis		
Spesifikasi :				
Volume	=	641,7015	cuft	= 18,1709
Diameter	=	9,3502	ft	= 2,8499 m
Tinggi	=	9,3502	ft	= 2,8499 m
Tekanan	=	1	atm	
Suhu	=	30	°C	= 303,15 K
Tebal shell	=	0,1470	in	= dirancang .1/4 in
Tebal tutup atas	=	0,2675	in	= dirancang .3/4 in
Tebal tutup bawah	=	0,2675	in	= dirancang .3/4 in
Tinggi conical	=	1,1189	ft	= 0,3410 m
Bahan konstruksi	=	Stainless steel (SA-167) Type 304		
Jumlah	=	2	buah	

Tangki Penyimpan Produk Biodiesel



Fungsi	=	Menyimpan Produk biodiesel sebelum didistribusikan.
Bentuk	=	Tangki silinder vertikal dengan tutup atas berupa <i>conical</i> dan tutup bawah berupa <i>plate</i>
Bahan	=	<i>Stainless Steel type 304</i>
Jumlah	=	5 buah
Lama Penyimpanan	=	7 hari
Kondisi Operasi:		
Temperatur (T)	=	30 °C
Tekanan (P)	=	1 atm

Langkah Perencanaan :

a. Menentukan Tipe Tangki

Tangki dipilih dengan bentuk silinder vertikal dengan tutup atas berupa *conical* (*cone roof*) dan bagian tutup bawah berupa *plate*. Adapun pertimbangan pemilihan tipe tangki ini adalah sebagai berikut :

1. Tipe tangki ini cocok untuk *liquid* yang mudah terbakar
2. Tangki jenis ini mengurangi resiko terjadinya kebakaran.
3. Konstruksi sederhana sehingga ekonomis dan tekanan 1 atm

b. Menentukan Bahan Konstruksi Tangki

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *stainless steel type 304* dengan pertimbangan :

1. Tahan korosi
2. Memiliki batas tekanan yang diijinkan besar (s.d 18750 psi)
3. Memiliki batas suhu yang diijinkan besar (-20 °F) - (650 °F)

c. Menghitung kapasitas tangki

NM ARUS 44

kondisi operasi :

T	=	30 C
		303,15 K
P	=	1 atm
		760 mmHg

1 m ³	=	35,3147 cuft
1 kg/m ³	=	0,06243 lb/cuft (Perry)

KOMPONEN	INPUT	ρ	fraksi	$\rho \cdot x$	kg/7 hari
	(kg/jam)	(kg/m ³)	x		
Trigliserida	40,38	693,16	0,006396	4,43352574	282,6563
FFA	41,56	878,85	0,006583	5,78503406	290,8935
Metil Ester	6231,20	866,64	0,987021	855,392216	43618,37
TOTAL	6313,13		1	865,610776	44191,92

Menentukan ρ campuran

$$\begin{aligned} \rho \text{ campuran} &= 865,6108 \text{ kg/m}^3 = 54,0401 \text{ lb/cuft} \\ F_v \text{ campuran} &= 51,0529 \text{ m}^3/\text{jam} = 1802,9170 \text{ cuft/jam} \end{aligned}$$

Menentukan kapasitas tangki

$$\begin{aligned} V \text{ tangki} &= \frac{\text{Total biodiesel selama 7 hari}}{\rho \text{ campuran}} \\ &= \frac{44191,9192 \text{ kg}}{865,6108 \text{ kg/m}^3} \\ &= 51,0529 \text{ m}^3 = 1802,917 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

overdesign 20%

$$\begin{aligned} \text{volume tangki} + 20\% &= 2163,5004 \text{ cuft} \\ &= 61,2635 \text{ m}^3 = 385,3471 \text{ bbl} \end{aligned}$$

(< 71354 cuft, termasuk small Tank)

d. Menghitung Dimensi Tangki

$$\begin{aligned} 1 \text{ ft} &= 12 \text{ in} \\ 1 \text{ ft} &= 0,3048 \text{ m} \\ 1 \text{ in} &= 0,0254 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung tinggi dan diameter tangki

$$D = 2 \times H$$

$$\text{Rumus Small Tank} = D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

$$\begin{aligned} D &= 14,0205 \text{ ft} \\ &= 168,2456 \text{ in} \\ &= 4,2734 \text{ m} \\ H &= 7,0102 \text{ ft} \\ &= 84,1228 \text{ in} \\ &= 2,1367 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk ukuran standar, tangki yang digunakan berdasarkan dengan Apendix E, hal 346-348

(brownell and young, 1979) memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Diameter (D)	=	15 ft	4,5718 m	180
Tinggi Tangki (H)	=	12 ft	3,6574 m	144
Volume tangki (V)	=	380 bbl	60420 liter	
jumlah course	=	2 buah		
Alloawble vertical weld joint	=	1/5 in		
butt welded course	=	72 in	6 ft	

e. Menentukan jumlah tangki

kapasitas tangki dengan 72 in butt welded courses untuk diameter 15 ft kapasitas tangki maksimum

adalah 31,5 bbl/ft (Apendix E item 3 ,brownell and young, 1979)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tangki} &= \frac{385,3471 \text{ bbl}}{31,5 \text{ bbl/ft}} \\ &= 12,2332414 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\text{tinggi tangki (H)} = 12 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{maka jumlah tangki} &= \frac{12,2332414 \text{ ft}}{12 \text{ ft}} \\ &= 1,01943678 \text{ buah} \\ &= 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

f. Menghitung tebal dan panjang shell course

Tebal shell course dapat dihitung dengan menggunakan persamaan pada buku brownell and young, 1979 sebagai berikut:

$$ts = \frac{\rho \times D}{2 \times f \times E} \quad \text{(Pers. 3.16, Hal 45)}$$

$$d = 12 \times D$$

Dimana:

$$ts = \text{Tebal shell (in)}$$

$$f = \text{Tekanan yang diijinkan (lb/in}^2\text{)}$$

$$E = \text{Effisiensi pengelasan,}$$

$$d = \text{Diameter tangki (in)}$$

$$p = \text{tekanan dalam tangki (lb/in}^2\text{)}$$

$$C = \text{Faktor korosi sebesar (in)}$$

$$p = \frac{\rho (H - 1) \times D + C}{288 \times f \times E} \quad \text{(Pers. 3.17, hal 46)}$$

Dimana:

$$\rho = \text{densitas POME pada suhu 30C}$$

$$= 54,0401 \text{ lb/ft}^3$$

$$H = \text{Tinggi Coure (ft)}$$

$$p = \text{Tekanan dalam tangki (lb/in}^2\text{)}$$

$$18750 \text{ Psi}$$

(Tabel 13.2, Brownell, hal 254)

Persamaan 3.16 menjadi:

$$ts = \frac{\rho \times (H - 1) \times D + C}{2 \times 144 \times f \times E}$$

Digunakan tipe pengelasan double welded butt joint with backing strip yang memiliki:

$$\text{Efisiensi pengelasan maksimal E,} = 0,85$$

$$\text{faktor korosi, C} = 0,125$$

$$ts = \frac{54,0156 \times (H - 1) \times D + 0,125}{2 \times 144 \times 18750 \times 0,85}$$

Direncanakan menggunakan *shell plate* dengan 72 in *Butt-welded course* (appendix E, item 4, Brownell, hal.348)

untuk ukuran D = 15 ft dan H = 12 ft digunakan 2 course dengan ukuran yang berbeda.

Sedangkan panjang shell course dihitung menggunakan persamaan:

$$L = \frac{3,14 \times d - \text{weld leght}}{12 \times n}$$

Dimana:
 weld length = (jumlah course) x (allowable welded joint)
 n = jumlah course
 d = diameter dalam tangki + tebal shell

course 1

$$ts1 = \frac{54,0156 \times (12 - 1) \times 12 \times 15 + 0,125}{2 \times 14 \times 18750 \times 0,85}$$

$$= 0,14831141 \text{ in}$$

Untuk ts1 dipilih ketebalan 1/7 in

Direncanakan menggunakan 6 plate untuk tiap course, allowance untuk vertical welded joint (jarak sambung antar plate) = 5/32 in, dan lebar coure = 6 ft.

$$L = \frac{3,14 \left(15 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} + 0,14830083 \text{ in} \right) - 6 \times \left(\frac{5}{32} \right)}{12 * 6}$$

$$= 7,84344673 \text{ ft}$$

Dimensi Course 1

Panjang plate = 7,84344673 ft
 Lebar plate = 6 ft
 Tebal shell = 0,14831141 in

course 2

$$ts2 = \frac{54,0156 \times (12 - 6 - 1) \times 12 \times 15 + 0,125}{2 \times 14 \times 18750 \times 0,85}$$

$$= 0,13559609 \text{ in}$$

Untuk ts2 dipilih ketebalan 1/7 in

Direncanakan menggunakan 6 plate untuk tiap course, allowance untuk vertical welded joint (jarak sambung antar plate) = 5/32 in, dan lebar coure = 6 ft.

$$L = \frac{3,14 \left(25 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} + 0,13559129 \text{ in} \right) - 6 \times \left(\frac{5}{32} \right)}{12 * 6}$$

$$= 7,84289245 \text{ ft}$$

Dimensi Course 2

Panjang plate = 7,84289245 ft
 Lebar plate = 6 ft
 Tebal shell = 0,13559609 in

g. Menentukan Top Angel Untuk Conical roof

Top angel untuk *Conical Roof* dengan diameter 35 ft atau kurang adalah $2 \frac{1}{2} \times 2 \frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{4}$ in (tabel 3.4, Brownell, hal 53)

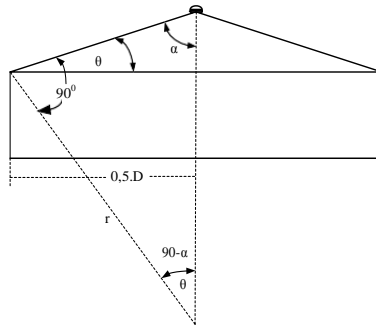
Bila digunakan 6 buah plate untuk *top angel*, maka panjang tiap *section* :

$$L = \frac{3,14 \times d - \text{weld leght}}{12 * 6}$$

$$= \frac{3,14 \left(25 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} + 0,13559129 \text{ in} \right) - 6 \times \left(\frac{5}{32} \right)}{12 * 6}$$

$$= 7,84289245 \text{ ft}$$

h. Menghitung tinggi dan tebal head tangki



Menghitung θ (sudut angel dengan garis horizontal)

besarnya sudut dalam roof dapat dicari dengan persamaan berikut ini:

$$\sin \theta = \frac{D}{430 \times t} \quad (\text{Pers. 4.6, Brownell, hal 64})$$

Dimana diketahui:

D = diameter tangki standar, (ft)

t = cone shell thicness, (in)

digunakan tebal cone standart 1,25 in

sehingga:

$$\begin{aligned} \sin \theta &= \frac{15}{430 \times 1,25} \\ &= 0,04360465 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta &= 0,0436 \quad \text{rad} \\ &= 2,4992 \quad ^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= 15^\circ - \theta \\ &= 15^\circ - 2,4992^\circ \\ &= 12,5008 \quad ^\circ \end{aligned}$$

$$\tan \theta = \frac{D}{2 \times H}$$

$$\begin{aligned} H &= \frac{D}{2 \times \tan \theta} \\ &= \frac{15}{2 \times \tan(0,0436)} \\ &= 0,76380788 \text{ ft} \end{aligned}$$

persamaan untuk menghitung tebal sheel head:

$$t_h = \frac{P \cdot D}{2 \cos \alpha (f \cdot E - 0,6 P)} + C$$

(Brownell and Young, Pers.6.154, 1977 : 118)

tekanan penyimpan = 1 atm = 14,7 psi dan diambil faktor keamanan 20% maka:

$$\begin{aligned} P &= 1.2 \times 14,7 \text{ psi} \\ &= 17,64 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 th &= \frac{17,46 \times 180}{2 \cos 0,0436^\circ (18750 \times 0,85 - 0,6 \times (17,46))} + 0,125 \\
 &= 0,2247421 \text{ in}
 \end{aligned}$$

i. Menghitung Tinggi Tangki

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi tinggi total tangki} &= \text{H tutup} + \text{H Tangki} \\
 &= 0,7638 + 12,0000 \\
 &= 12,7638 \text{ ft} \\
 &= 3,8904 \text{ m}
 \end{aligned}$$

j. Menghitung Diameter pipa masuk dan pipa keluar

Pipa Masuk

diameter pipa masuk diestimasi dengan persamaan berikut:

$$\text{Di opt} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peters, 1984})$$

direncanakan waktu pengisian selama 12 jam

$$\begin{aligned}
 q_f &= \frac{2163,5004 \text{ ft}^3}{12 \text{ jam} \times 3600 \text{ s/jam}} \\
 &= 0,05008103 \text{ ft}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\rho = 54,0401 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Di opt} &= 3,9 \times (0,05010376^{0,45}) \times 54,0156^{0,13} \\
 &= 1,51073802 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari Tabel 11, hal 844, buku D. Q. Kern, 1965 ditetapkan ukuran pipa standar sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{D nominal} &= 2 \text{ in} \\
 \text{OD} &= 2,38 \text{ in} \\
 \text{ID} &= 2,067 \text{ in} \\
 \text{Flow area per pipe} &= 3,35 \text{ in}^2 \\
 \text{schedule number} &= 40
 \end{aligned}$$

Pipa Keluar

menghitung laju alir fluida:

$$\begin{aligned}
 \text{kapasitas} &= 6313,13 \text{ kg/jam} \\
 \text{Densitas campuran fluida} &= 54,0401 \text{ lb/ft}^3 \\
 \text{debit pemompaan} &=
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_f &= \frac{6313,1313 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 2,20462 \text{ lb/kg}}{54,0156 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times 3600 \text{ s/jam}} \\
 &= 0,07154184 \text{ ft}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\text{faktor keamanan} = 20\%$$

debit pompa sebenarnya :

$$\begin{aligned}
 q_f &= \frac{120}{100} \times 0,7174325 \\
 &= 0,0858502 \text{ ft}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Menghitung diameter optimal:

Asumsi aliran turbulen, menurut Peter and Timmerhaus, 1989 hal 496:

$$\begin{aligned} \text{Di opt} &= 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ \text{Di opt} &= 3,9 \times (0,08 \times 88918^{0,45}) \times 54,0156^{0,13} \\ &= 1,92539483 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari Tabel 11, hal 844, buku D. Q. Kern, 1965 ditetapkan ukuran pipa standar sebagai berikut:

D nominal	=	2	in
OD	=	2,38	in
ID	=	2,067	in
Flow area per pipe	=	3,35	in ²
schedule number	=	40	

RESUME					
Nama Alat	:	Tangki Penyimpanan produk biodiesel			
Kode	:	F-540			
Fungsi	:	Menyimpan Metilester sebagai produk			
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder horizontal, tutup atas berupa : <i>conical (cone roof)</i> dan tutup bawah berupa <i>plate</i>			
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless steel type 304</i>			
Spesifikasi					
Suhu Penyimpanan	:	30		°C	
P penyimpanan	:	1		atm	
Waktu Penyimpanan	:	7		hari	
Jumlah Tangki	:	2		buah	
Volume Tangki	:	61,2635		m ³	
Tinggi Tangki	:	12,0000	ft	=	3,6574 m
Diameter tangki	:	15,0000	ft	=	4,5720 m
lebar plate standart	:	6,0000	ft	=	1,8288 m
Tebal shell Course tangki					
Course ke-1	:	0,14		in	
Course ke-2	:	0,14		in	
Tebal head	:	0,2247421		in	
tinggi head	:	0,76380788		ft	
Tinggi tangki total	:	12,7638	ft	=	3,8902 m
Diameter pipa keluar	:	2,0670		in	
Diameter pipa masuk	:	2,0670		in	

MIXER-1

Kode	=	M-210
Jenis	=	Tangki Berpengaduk
Fungsi	=	Mencampurkan CH ₃ OH dengan H ₂ SO ₄ sebelum di masukan kedalam Reaktor agar proses reaksi berjalan dengan baik
Bahan	=	bahan stainless stell plate SA-167 type 304
Kondisi operasi		
~ Tekanan	=	1 atm
~ Temperatur	=	30 oC 303,15 oK

1. Menentukan Volume Mixer**• Menghitung Laju Alir Volumetrik**

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2$$

Menghitung Viskositas

Komponen	A	B	C	D	Viskositas (cp)
CH ₃ OH	-9,0562	1,25E+03	2,24E-02	-2,26E-05	6,05E-01
H ₂ SO ₄	-18,7045	3,50E+03	3,31E-02	-1,70E-05	20,66
H ₂ O	-10,2158	1,79E+03	1,77E-02	-1,26E-05	0,79

Kondisi feed :

ARUS 4

Komponen	Massa (kg/jam)	p (kg/L)	cp(J/mol K x	cp x	rho x	
CH ₃ OH	595,9893895	0,78266	2,23E+02	0,99	2,21E+02	0,77483
H ₂ O	6,020094843	1,02287	3,78E+02	0,01	3,777064	0,01023
Total	602,0094843	1,80553	601,07908	1	224,916	0,78506

BM campuran	=	31,86
p campuran	=	0,7850621 kg/L
Cp campuran	=	224,9160021 J/molK 7,0595104 J/kgK
Fv campuran	=	766,8304002 L/jam

ARUS 41

Komponen	Massa (kg/jam)	p (kg/L)	cp(J/mol K x	cp x	rho x	
CH ₃ OH	1112,367574	0,78266	2,23E+02	0,99	2,21E+02	0,77483
H ₂ O	11,2360361	1,02287	3,78E+02	0,01	3,78E+00	0,01023
Total	1123,60361	1,80553	601,07908	1	224,916	0,78506

BM campuran	=	31,86
p campuran	=	0,7850621 kg/L
Cp campuran	=	224,9160021 J/molK 7,0595104 J/kgK
Fv campuran	=	1431,228956 L/jam

ARUS 5

Komponen	Massa (kg/jam)	p (kg/L)	cp(J/mol K x	cp x	rho x	
H ₂ SO ₄	239,5988436	1,83	6,99E+02	0,98	684,5519	1,79024
H ₂ O	4,889772319	1,02287	3,78E+02	0,02	7,554128	0,02046
Total	244,488616	2,85	1,08E+03	1	692,106	1,8107

BM campuran	=	96,4
-------------	---	------

p campuran	=	1,8107018 kg/L	
Cp campuran	=	692,1059787 J/molK	7,1795226 J/kgK
Fv campuran	=	135,0242298 L/jam	

Arus keluar Mixer

ARUS 6

Kondisi Operasi	T	=	30 C
	P	=	1 atm

komponen	Massa (kg/jam)	p (kg/L)	cp (J/mol Kx)	cp x	rho x	
CH3OH	1708,356963	0,78266	2,23E+02	0,8671415	193,6957	0,67868
H2SO4	239,5988436	1,83	6,99E+02	0,1216175	84,95253	0,22217
H2O	22,14590326	1,02287	3,78E+02	0,011241	4,245796	0,0115
Total	1970,10171		1299,6014	1	282,894	0,91234

komponen	Massa (kg/jam)	x	μ (Cp)	$\mu \cdot x$
CH3OH	1708,356963	0,867142	6,05E-01	5,24E-01
H2SO4	239,5988436	0,121617	2,07E+01	2,51E+00
H2O	22,14590326	0,011241	7,91E-01	8,89E-03
Total	1970,10171	1	2,21E+01	3,05E+00

BM campuran	=	39,86938103	
p campuran	=	0,912343463 kg/L	
Cp campuran	=	282,8940396 J/molK	7,0955212 J/kgK
Fv campuran	=	2159,38601 L/jam	

Total rate volumetrik :	2159,38601 L/jam		
Total rate volumetrik	=	2159,386 L/jam	
p campuran	=	0,912343 kg/L	912,34346 kg/m ³
waktu tinggal	=	1 jam	(ditentukan)
Direncanakan digunakan 1 tangki, sehingga volume tangki	=	2159,386 L	
	=	2,159386 m ³	

Menurut Peters dan Timmerhaus (1991) page 37 tabel 6, overdesign yang direkomendasikan adalah 20%. Sehingga mixer dirancang dengan over design 20% , maka volume mixer menjadi 120% dari volume cairan dalam mixer.

Volume tangki	=	Volume cairan x (1 + Overdesign)	
	=	2159,38601 x (1 + 0,20)	
	=	2591,263212 L/jam	2,5912632 m ³ /jam

2. Menentukan Dimensi mixer

Bentuk tangki yang dipilih Silinder vertikal dengan alas dan head berbentuk torispherical dished head

- dengan pertimbangan :
1. Tekana operasi 1 atm
 2. Tekanan hidrostatik tidak terlalu besar
 3. Perlu adanya baffle, untuk mengurangi arus putar dan mencegah vortex
 4. lebih ekonomis

Perbandingan diameter dan tinggi mixer adalah 1:1 (D:H = 1:1) (Brownell, 1959 hal 43)

karena jika digunakan tinggi yang berlebih akan menyebabkan tekanan hidrostatiknya semakin tinggi.

Volume tangki = — —

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

$$H = D = 1,401157241 \text{ m} \quad 55,163671 \text{ in}$$

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

dimana:

$$V_{\text{sf}} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \frac{\text{sf}}{144}$$

Dimana Ds = diameter shell (in)

V dish = 0.000049. Ds³ (volume, ft³) (Brownell hal 88)

sf = 2 (straight flangel)

$$V_{\text{head}} = 21,98032536 \text{ ft}^3 \quad 0,6224828 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V_{\text{mixer}} &= V_{\text{shell}} + V_{\text{head}} \\ &= 2,15938601 + 0,6224828 \\ &= 2,781868824 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dengan spesifikasi mixer sebagai berikut :

Diameter shell = 1,401157241 m

Tinggi shell = 1,401157241 m

Volume shell = 2,15938601 m³

Volume head = 0,622482814 m³

Volume mixer = 2,781868824 m³

Volume bottom = 0.5 x volume head

Volume bottom = 0,311241 m³

V cairan dalam shell = volume shell - volume bottom

= 1,848145 m³

$$\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2}$$

$$\text{Tinggi cairan dlm shell} = 1,199203 \text{ m} \quad 3,9343915 \text{ ft}$$

3. Menentukan Tebal Dinding Mixer (ts)

Dirancang menggunakan stainless steel SA-240 (tipe 405)

$$t_s = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C \quad \text{Pers 13.1 Brownell and young 1959 hal 254}$$

Dalam hubungan ini :

ts = tebal shell, in bahan stainless steel plate SA-167 type 304

r = Jari-jari

= ½ .Diameter Mixer

$$= 0,5 \times 55,1637 \text{ in}$$

$$= 27,5818 \text{ in}$$

E = efisiensi pengelasan = 0,8500

C = faktor korosi = 0,1250

f = tegangan yang diizinkan = 15.000 psi

 Poperasi = atmosferis = 14,7 psi

 Pdesain = 1.1* P operasi = 16,1700 psi

 P = tekanan dalam mixer = 16,1700 psi

(Brownell, hal 342)

Sehingga ts = 0,1600 in

tebal standar brownell = 3/16 in = 0,1875 in

= 0,0048 m (Brownell, Halaman 350)

4. Menentukan Tebal Head (th) dan Tebal Bottom

Jenis head yang dipilih adalah : Torispho 1. Tekanan operasi 15-200 psig
 2. Cocok untuk tangki silinder vertikal / horisontal

Pdesain-P udara luar (P) = 1,47 psi

OD = ID + 2ts = 55,53867 in dari brownell tabel 5-7 hal 90

Dipakai OD = 54 in icr = 3,25 in

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right) \text{ pers 7.76 Brownell n young hal 138}$$

w = 1,470576692 in

sehingga th = $\frac{P \cdot r \cdot w}{(2 \cdot f \cdot E - 0,2 \cdot P)} \cdot C$ pers 7.77 Brownell n young 1959 hal 138

th = 0,13 in 0,0032 m

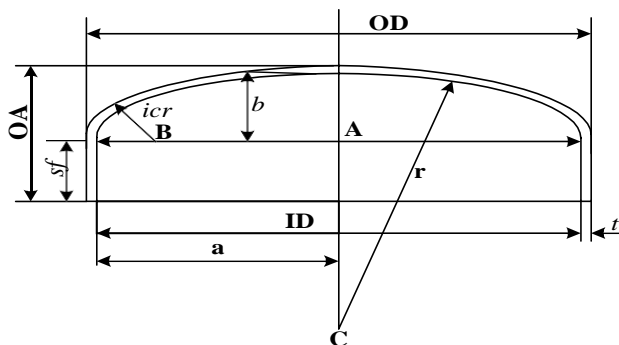
maka digunakan tebal standar 3/16 in atau 0,0032 m

5. Menentukan Tinggi Mixer total

untuk th = 3/16 in

pada tabel 5.6 Brownell & Young, hal 88 diperoleh sf = 1 1/2 - 2 maka diambil sf = 2

sf = 2



KETERANGAN :

ID	diameter dalam head
OD	diameter luar head
th	tebal head
r	jari-jari dish
icr	jari-jari dalam sudut dish
b	tinggi head
sf	straight flange

Brownell & young 1959 hal 87

$$\begin{aligned}
 \text{ID} &= \text{OD standart} - 2 \cdot t_s \\
 \text{ID} &= 53,625 \text{ in} \\
 a = \frac{\text{ID}}{2} &= 26,8125 \text{ in} \quad \text{jari jari dalam shell} \\
 \\
 \text{AB} &= a - \text{icr} = 23,5625 \text{ in} \\
 \text{BC} &= \text{OD} - \text{icr} = 50,75 \text{ in} \\
 \text{AC} &= (\text{BC}^2 - \text{AB}^2)^{1/2} = 44,948538 \text{ in} \\
 b &= r - \text{AC} = 9,0514617 \text{ in} \\
 \text{Tinggi head total} &= \text{sf} + b + \text{th} \\
 (\text{OA}) &= 11,18 \text{ in} \quad 0,2839403 \text{ m} \\
 \text{tinggi mixer total} &= 2 \times \text{tinggi head total} + \text{tinggi shell} \\
 &= 0,567880533 + 1,4011572 \\
 &= 1,969037774 \text{ m} \quad 77,521172 \text{ in}
 \end{aligned}$$

6. Menentukan Jumlah dan Jenis Pengaduk

Dipilih : Turbin, karena :

1. Memiliki jangkauan viskositas yang sangat luas
 2. Pencampuran sangat baik
 3. Menimbulkan arus yang sangat deras di keseluruhan tangki
- (Ludwig, 1991 Volume I halaman 183)

Dipilih jenis pengaduk turbin dengan 6 blade disk standar, dengan alasan:

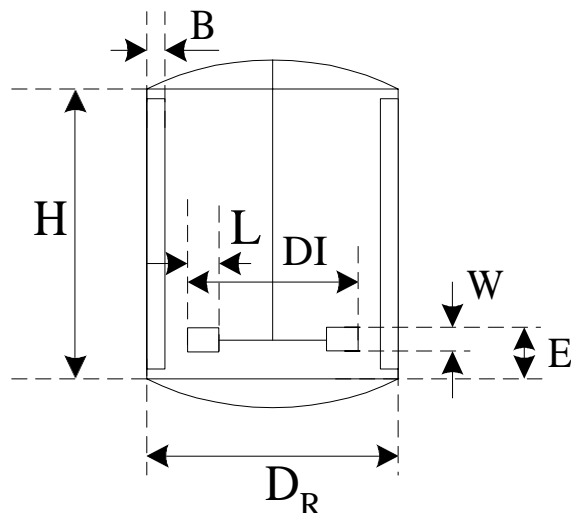
1. Mempunyai efisiensi yang besar untuk campuran.
2. Mempunyai kapasitas pemompaan yang besar.
3. Pencampuran sangat baik.
4. Memiliki jangkauan viskositas yang luas.

(Ludwig, 1991, Volume I, Halaman 185)

Perbandingan ukuran, umumnya:

$$\begin{aligned}
 \text{Di/DR} &= 1/3 \\
 \text{E/Di} &= 1 \\
 \text{W} &= \text{Di} / 5 \\
 \text{L} &= \text{Di} / 4 \\
 \text{B} &= \text{DR} / 10
 \end{aligned}$$

(Rase, hal 356)



Diameter mixer (DR)	=	1,4012	m
Diameter pengaduk (Di)	=	0,4671	m
Pengaduk dari dasar (E)	=	0,4671	m
Tinggi Pengaduk (W)	=	0,0934	m
Lebar pengaduk (L)	=	0,1168	m
Lebar baffle (B)	=	0,1401	m

Menghitung jumlah impeler (pengaduk)

Dimana WELH adalah Water Equivalen Liquid High

$$\text{WELH} = \text{Tinggi Baha}_1 \times \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$\text{WELH} = 1,401157241 \text{ m} \times \frac{912,34346 \text{ kg/m}^3}{995,68 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{WELH} = 1,283883024 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah impeler} = \text{WELH} / D = 0,92 \approx 1$$

$$\text{Putaran pengaduk} = \frac{\text{WELH}}{2 \cdot \text{DI}} = \left(\frac{\pi \cdot I \cdot N}{60 \cdot 0} \right)^2 \quad (\text{Rase, 1977 hal 345})$$

$$N = \frac{600}{\pi \cdot \text{DI} / 0,3048} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 \cdot \text{DI}}}$$

$$= 146,1961259 \text{ rpm}$$

$$= 2,436602098 \text{ rps}$$

Dengan:

$$N = 146,1961259 \text{ rpm} \quad 2,4366021 \text{ rps}$$

$$p = 912,3434629 \text{ kg/m}^3 \quad 56,953834 \text{ lbm/ft}^3$$

$$g_c = 32,2 \text{ ft/s}^2$$

$$\mu = 3,05 \text{ Cp} \quad 0,002047 \text{ lb/ft s}$$

$$\text{Di} = 0,4671 \text{ m} \quad 1,53 \text{ ft} \quad 18,39 \text{ in}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot N \cdot D_i^2}{\mu_m}$$

$$N_{Re} = 159.181 \quad (\text{turbulen})$$

dari gambar 8.8 Rase, $N_{re} = 10^2-10^7$ diperoleh harga power Number (NP) = 5,5

$$N_p = 5,5$$

$$P = \frac{N^3 \cdot D_i^5 \cdot \rho \cdot N_p}{550 \cdot g_c}$$

$$P = 2,161594485 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 0,83 \quad (\text{fig 14.38 Peters, halaman 521})$$

$$\text{Daya Motor} = \frac{p}{\eta}$$

$$= 2,604330705 \text{ Hp} \quad \text{overdesign} \quad 2,8647638 \text{ Hp}$$

$$\text{Standart NEMA (HP)} = 1$$

1,5

2

3

5

7,5

10

15

dst

$$\text{Jika over design} = 2,864763775 \text{ HP}$$

maka

$$\text{Dipilih power standart P adalah} = 5 \text{ HP}$$

RESUME	
Nama Alat	= MIXER
Kode	= M-210
Fungsi	= Mencampurkan CH ₃ OH dengan Katalis H ₂ SO ₄
Type	= Silinder vertical dengan head dan bottom berbentuk torispherical
Bahan	= Bahan stainless steell plate SA-167 type 304
Kriteria	Ukuran
Diameter shell	= 1,4012 m
Tinggi shell	= 1,4012 m
Volume shell	= 2,1594 m ³
Volume head	= 0,6225 m ³
Volume mixer	= 2,7819 m ³
Tinggi mixer total	= 1,9690 m
Jenis pengaduk	= turbin dengan 6 blade disk standar
Jumlah pengaduk	= 2
Putaran pengaduk	= 146,1961 rpm
Power (P)	= 5 HP

MIXER-2

Kode	=	M-420	
Jenis	=	Tangki Berpengaduk	
Fungsi	=	Mencampurkan CH ₃ OH dengan NaOH sebelum di masukan kedalam Reaktor agar proses reaksi berjalan dengan baik	
Bahan	=	bahan stainless stell plate SA-167 type 304	
Kondisi operasi			
~ Tekanan	=	1 atm	
~ Temperatur	=	40 oC	313,15 oK

1. Menentukan Volume Mixer**• Menghitung Laju Alir Volumetrik**

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2$$

Menghitung Viskositas

Komponen	A	B	C	D	Viskositas (cp)
CH ₃ OH	-9,0562	1,25E+03	2,24E-02	-2,26E-05	0,54
NaOH	-4,1939	2051,5	0,0028	-6,16E-07	1491,72
H ₂ O	-10,2158	1,79E+03	1,77E-02	-1,26E-05	0,64

Kondisi feed :

ARUS 22

Komponen	Massa (kg/jam)	p (kg/L)	cp(J/mol K x	cp x	rho x
CH ₃ OH	1427,83	0,77334	6,49E+02	0,99 6,43E+02	0,76561
H ₂ O	14,42	1,02287	1,13E+03	0,01 1,13E+01	0,01023
Total	1442,251894	1,79621	1781,1424	1 6,54E+02	0,77584

BM campuran	=	31,86	
p campuran	=	0,7758353 kg/L	
Cp campuran	=	6,54E+02 J/molK	2,05E+01 J/kgK
Fv campuran	=	1858,966579 L/jam	

ARUS 23

Komponen	Massa (kg/jam)	p (kg/L)	cp(J/mol K x	cp x	rho x
CH ₃ OH	133,5552587	0,78266	2,23E+02	0,99 2,21E+02	0,77483
H ₂ O	1,349043018	1,02287	3,78E+02	0,01 3,78E+00	0,01023
Total	134,9043018	1,80553	6,01E+02	1 224,916	0,78506

BM campuran	=	31,86	
p campuran	=	0,7850621 kg/L	
Cp campuran	=	224,9160021 J/molK	7,0595104 J/kgK
Fv campuran	=	171,8390198 L/jam	

ARUS 24

Komponen	Massa (kg/jam)	p (kg/L)	cp(J/mol K x	cp x	rho x
NaOH	412,7159208	1,91	4,35E+02	0,98 4,27E+02	1,87105
H ₂ O	8,422773894	1,02287	3,78E+02	0,02 7,55E+00	0,02046
Total	421,1386947	2,93	8,13E+02	1 4,34E+02	1,8915

BM campuran	=	39,56	
p campuran	=	1,8915028 kg/L	
Cp campuran	=	4,34E+02 J/molK	10,976459 J/kgK
Fv campuran	=	222,6476719 L/jam	

Arus keluar Mixer**ARUS 25**

Kondisi Operasi	T	=	40 C
	P	=	1 atm

komponen	Massa (kg/jam)	p (kg/L)	cp(J/mol K)	x	cp x	rho x
CH3OH	1561,384633	0,77334	6,49E+02	0,7813585	5,07E+02	0,60426
NaOH	412,7159208	1,90	1,31E+03	0,206534	2,70E+02	0,39342
H2O	24,19433585	1,01363	1,01E+00	0,0121075	1,23E-02	0,01227
Total	1998,29489		1956,4263	1	7,77E+02	1,00995

komponen	Massa (kg/jam)	x	μ (Cp)	$\mu \cdot x$
CH3OH	1561,384633	0,781358	5,42E-01	0,42
H2SO4	412,7159208	0,206534	1,49E+03	308,09
H2O	24,19433585	0,012107	6,42E-01	0,01
Total	1998,29489	1	1,49E+03	308,52

BM campuran	=	45,46174191	
p campuran	=	1,009951458 kg/L	
Cp campuran	=	7,77E+02 J/molK	17,095944 J/kgK
Fv campuran	=	1978,604886 L/jam	

Total rate volumetrik	=	1978,605 L/jam	
p campuran	=	1,009951 kg/L	1009,9515 kg/m ³
waktu tinggal	=	1 jam	(ditentukan)
Direncanakan digunakan 1 tangki, sehingga volume tangki	=		1978,605 L
	=		1,978605 m ³

Menurut Peters dan Timmerhaus (1991) page 37 tabel 6, overdesign yang direkomendasikan adalah 20%. Sehingga mixer dirancang dengan over design 20% , maka volume mixer menjadi 120% dari volume cairan dalam mixer.

Volume tangki	=	Volume cairan x (1 + Overdesign)
	=	1978,604886 x (1 + 0,20)
	=	2374,325863 L/jam 2,3743259 m ³ /jam

2. Menentukan Dimensi mixer

Bentuk tangki yang dipilih Silinder vertikal dengan alas dan head berbentuk torispherical dished head

- dengan pertimbangan :
1. Tekana operasi 1 atm
 2. Tekanan hidrostatis tidak terlalu besar
 3. Perlu adanya baffle, untuk mengurangi arus putar dan mencegah vortex
 4. lebih ekonomis

Perbandingan diameter dan tinggi mixer adalah 1:1 (D:H = 1:1) (Brownell, 1959 hal 43) karena jika digunakan tinggi yang berlebih akan menyebabkan tekanan hidrostatiknya semakin tinggi.

Volume tangki = — —

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

$$H = D = 1,360911258 \text{ m} \quad 53,579183 \text{ in}$$

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

dimana:

$$V_{\text{sf}} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \frac{\text{sf}}{144}$$

Dimana D_s = diameter shell (in)

V_{dish} = $0.000049 \cdot D_s^3$ (volume, ft³) (Brownell hal 88)

sf = 2 (straight flangel)

$$V_{\text{head}} = 20,2899949 \text{ ft}^3 \quad 0,5746127 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V_{\text{mixer}} &= V_{\text{shell}} + V_{\text{head}} \\ &= 1,978604886 + 0,5746127 \\ &= 2,553217541 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dengan spesifikasi mixer sebagai berikut :

Diameter shell	=	1,360911258 m
Tinggi shell	=	1,360911258 m
Volume shell	=	1,978604886 m³
Volume head	=	0,574612655 m³
Volume mixer	=	2,553217541 m³

$$\text{Volume bottom} = 0.5 \times \text{volume head}$$

$$\text{Volume bottom} = 0,287306 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{cairan dalam shell}} = \text{volume shell} - \text{volume bottom}$$

$$= 1,691299 \text{ m}^3$$

$$4 \cdot V$$

$$\pi \cdot D^2$$

$$\text{Tinggi cairan dlm shell} = 1,163298 \text{ m} \quad 3,8165947 \text{ ft}$$

3. Menentukan Tebal Dinding Mixer (ts)

Dirancang menggunakan stainless steel SA-240 (tipe 405)

$$t_s = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C$$

Pers 13.1 Brownell and young 1959 hal 254

Dalam hubungan ini :

ts	=	tebal shell, in	bahan stainless stell plate SA-167 type 304
r	=	Jari-jari	
	=	$\frac{1}{2}$.Diameter Mixer	
	=	0,5 x 53,5792 in	
	=	26,7896 in	
E	=	effisiensi pengelasan	
	=	0,8500	
C	=	faktor korosi	
	=	0,1250	
f	=	tegangan yang diizinkan	= 15.000 psi
		Poperasi = atmosferis	= 14,7 psi
		Pdesain = 1.1* P operasi	= 16,1700 psi
		P = tekanan dalam mixer	= 16,1700 psi
			(Brownell, hal 342)

Sehingga ts	=	0,1590 in
tebal standar brownell	=	3/16 in 0,1875 in
	=	0,0048 m (Brownell, Halaman 350)

4. Menentukan Tebal Head (th) dan Tebal Bottom

Jenis head yang dipilih adalah : Torispher 1. Tekanan operasi 15-200 psig

2. Cocok untuk tangki silinder vertikal / horisontal

Pdesain-P udara luar (P)	=	1,47 psi
OD	=	ID + 2ts
	=	53,95418 in dari brownell tabel 5-7 hal 90
Dipakai OD =		54 in icr = 3,25 in

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right) \text{ pers 7.76 Brownell n young hal 138}$$

$$w = 1,470576692 \text{ in}$$

$$\text{sehingga th} = \frac{P \cdot r \cdot w}{(2 \cdot f \cdot E - 0,2 \cdot P)^{1/2} \cdot C} \text{ pers 7.77 Brownell n young 1959 hal 138}$$

$$\text{th} = 0,13 \text{ in} \quad 0,0032 \text{ m}$$

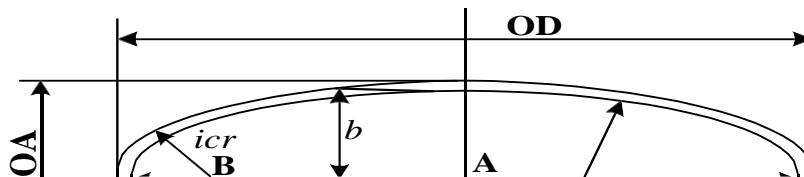
maka digunakan tebal standar 3/16 in atau 0,0032 m

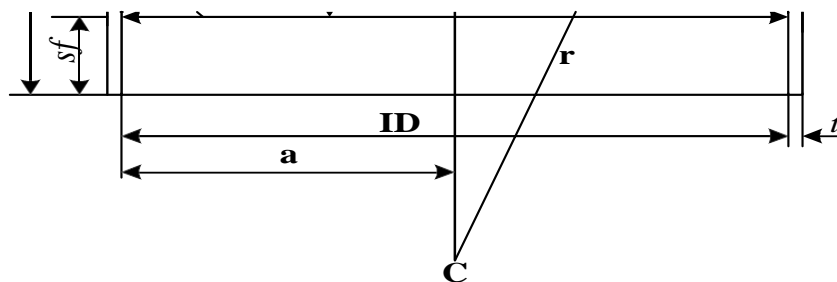
5. Menentukan Tinggi Mixer total

$$\text{untuk th} = \frac{3}{16} \text{ in}$$

pada tabel 5.6 Brownell & Young, hal 88 diperoleh sf = 1 1/2 - 2 maka diambil sf = 2

$$\text{sf} = 2$$





KETERANGAN :

ID	diameter dalam head
OD	diameter luar head
th	tebal head
r	jari-jari dish
icr	jari-jari dalam sudut dish
b	tinggi head
sf	straight flange

Brownell & young 1959 hal 87

$$ID = OD \text{ standart} - 2 \cdot ts$$

$$ID = 53,625 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2} = 26,8125 \text{ in} \quad \text{jari jari dalam shell}$$

$$AB = a - icr = 23,5625 \text{ in}$$

$$BC = OD - icr = 50,75 \text{ in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{1/2} = 44,948538 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 9,0514617 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi head total} = sf + b + th$$

$$(OA) = 11,18 \text{ in} \quad 0,2839403 \text{ m}$$

$$\text{tinggi mixer total} = 2 \times \text{tinggi head total} + \text{tinggi shell}$$

$$= 0,567880533 + 1,3609113$$

$$= 1,928791791 \text{ m} \quad 75,936685 \text{ in}$$

6. Menentukan Jumlah dan Jenis Pengaduk

Dipilih : Turbin, karena :

1. Memiliki jangkauan viskositas yang sangat luas
2. Pencampuran sangat baik
3. Menimbulkan arus yang sangat deras di keseluruhan tangki

(Ludwig, 1991 Volume I halaman 183)

Dipilih jenis pengaduk turbin dengan 6 blade disk standar, dengan alasan:

1. Mempunyai efisiensi yang besar untuk campuran.
2. Mempunyai kapasitas pemompaan yang besar.
3. Pencampuran sangat baik.
4. Memiliki jangkauan viskositas yang luas.

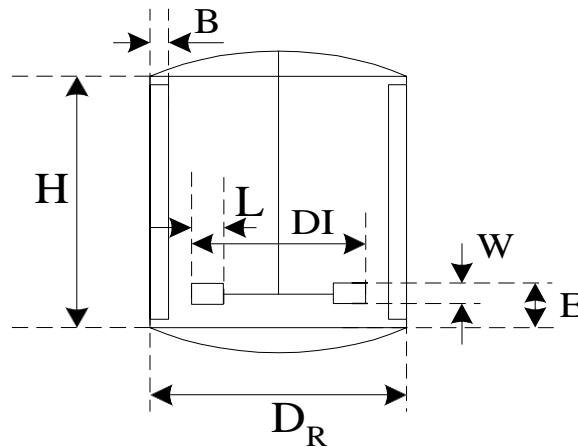
(Ludwig, 1991, Volume I, Halaman 185)

Perbandingan ukuran, umumnya:

$$Di/DR = 1/3$$

$E/D_i = 1$
 $W = D_i / 5$
 $L = D_i / 4$
 $B = D_R / 10$

(Rase, hal 356)



Diameter mixer (DR)	=	1,3609	m
Diameter pengaduk (Di)	=	0,4536	m
Pengaduk dari dasar (E)	=	0,4536	m
Tinggi Pengaduk (W)	=	0,0907	m
Lebar pengaduk (L)	=	0,1134	m
Lebar baffle (B)	=	0,1361	m

Menghitung jumlah impeler (pengaduk)

Dimana WELH adalah Water Equivalen Liquid High

$$WELH = \text{Tinggi Bahan} \times \frac{\rho \text{ cairan}}{\rho \text{ air}}$$

$$WELH = 1,360911258 \text{ m} \quad \times \quad \frac{1009,9515 \text{ kg/m}^3}{995,68 \text{ kg/m}^3}$$

$$WELH = 1,380417714 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah impeler} = WELH / D \quad 1,01 \approx 2$$

$$\text{Putaran pengaduk} = \frac{WELH}{2 \cdot D_I} = \left(\frac{\pi \cdot D_I \cdot N}{600} \right)^2 \quad (\text{Rase, 1977 hal 345})$$

$$N = \frac{600}{\pi \cdot D_I / 0,3048} \sqrt{\frac{WELH}{2 \cdot D_I}}$$

$$= 158,3667488 \text{ rpm}$$

$$= 2,639445813 \text{ rps}$$

Dengan:

N	=	158,3667488 rpm	2,6394458 rps	
p	=	1009,951458 kg/m ³	63,047098 lbm/ft ³	
g _c	=	32,2 ft/s ²		
μ	=	308,52 Cp	0,207317 lb/ft s	
Di	=	0,4536 m	1,49 ft	17,86 in

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot N \cdot Di^2}{\mu}$$

N Re	=	1.778	(turbulen)
dari gambar 8.8 Rase, Nre = 10 ² -10 ⁷ diperoleh harga power Number (NP) = 5,5			
Np	=	5,5	

$$P = \frac{N^3 \cdot Di^5 \cdot \rho \cdot N_p}{550 \cdot g_c}$$

P	=	2,629150374 Hp
---	---	----------------

Efisiensi motor	=	0,83 (fig 14.38 Peters, halaman 521)
-----------------	---	--------------------------------------

Daya Motor	=	$\frac{p}{\eta}$
------------	---	------------------

	=	3,167651053 Hp	overdesign	3,4844162 Hp
--	---	----------------	------------	--------------

Standart NEMA (HP)	=	1
		1,5
		2
		3
		5
		7,5
		10
		15

dst

Jika over design	=	3,484416159 HP
------------------	---	----------------

maka

Dipilih power standart P adalah	=	5 HP
---------------------------------	---	------

RESUME

Nama Alat	=	MIXER-2
Kode	=	M-420
Fungsi	=	Mencampurkan CH ₃ OH dengan Katalis NaOH
Type	=	Silinder vertical dengan head dan bottom berbentuk torispherical
Bahan	=	Bahan stainless steell plate SA-167 type 304
Kriteria		Ukuran
Diameter shell	=	1,3609 m
Tinggi shell	=	1,3609 m
Volume shell	=	1,9786 m ³
Volume head	=	0,5746 m ³
Volume mixer	=	2,5532 m ³
Tinggi mixer total	=	1,9288 m

Jenis pengaduk	=	turbin dengan 6 blade disk standar
Jumlah pengaduk	=	2
Putaran pengaduk	=	158,3667 rpm
Power (P)	=	5 HP

REAKTOR

1. Menentukan Jenis Reaktor

Kode	=	R-220		
Jenis	=	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang dilengkapi dengan Koil Pendingin		
Fungsi	=	Mereaksikan FFA dengan CH ₃ OH dibantu dengan katalis H ₂ SO ₄ (Reaksi Esterifikasi)		
Pertimbangan	=	1. Zat yang direaksikan berupa fasa cair dan fasa cair 2. Hasil konversi lebih maksimal karena dapat digunakan lebih dari 1 reaktor		
Bentuk	=	Silinder vertikal terdiri dari dinding, tutup atas dan tutup bawah yang berbentuk torispherical		
Bahan	=			
Kondisi operasi				
~ Tekanan	=	1 atm		
~ Temperatur	=	60 oC	333,15 oK	
Reaksi	=	endotermis		

2. Menghitung Kecepatan Laju Alir Volumetrik Umpan (Fv)

Arus 3

Komponen	Massa Kg/Jam	ρ (333,15)	x	$\rho \cdot x$	BM	Bm.x
Trigliserida	4127,159	0,683	0,512	0,350	845,846	433,401
FFA	2395,988	0,866	0,297	0,258	269,282	80,101
H ₂ O	1531,605	0,995	0,190	0,189	18,000	3,423
Total	8054,753		1,000	0,797		516,925

ρ campuran	=	0,797	kg/L
	=	796,624	kg/m ³
	=	49,732	lb/ft ³

Flowrate volumetr	=	$\frac{\text{massa}}{\rho \text{ campuran}}$	
	=	$\frac{8054,753}{0,797}$	kg/jam
	=	10111,111	kg/L
	=	10111,111	L/jam
Fv	=	10,111	m ³ /jam

Arus 6

Komponen	Massa Kg/Jam	ρ (333,15)	x	$\rho \cdot x$	BM	Bm.x
CH ₃ OH	1708,357	0,754	0,867	0,654	32,000	27,749
H ₂ SO ₄	239,599	1,790	0,122	0,218	98,000	11,919
H ₂ O	22,146	0,995	0,011	0,011	18,000	0,202
Total	1970,102		1,000	0,883		39,869

ρ campuran	=	0,883	kg/L
	=	882,585	kg/m ³

$$= 55,099 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Flowrate volumetr} &= \frac{\text{massa}}{\rho \text{ campuran}} \\ &= \frac{1970,102}{0,883} \text{ kg/jam} \\ &= 2232,196 \text{ L/jam} \\ &= 2,232 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Arus 7

Komponen	Massa Kg/Jam	ρ (333,15)	x	$\rho \cdot x$	BM	Bm.x
Trigliserida	4127,159	0,683	0,412	0,281	845,846	348,229
FFA	156,698	0,866	0,016	0,014	269,282	4,209
CH3OH	1442,252	0,754	0,144	0,108	32,000	4,604
H2SO4	239,599	1,790	0,024	0,043	98,000	2,342
H2O	1703,435	0,995	0,170	0,169	18,000	3,059
Metil Ester	2355,712	0,845	0,235	0,199	283,282	66,568
Total	10024,855		1,000	0,813		429,010

$$\begin{aligned} \rho \text{ campuran} &= 0,813 \text{ kg/L} \\ &= 813,448 \text{ kg/m}^3 \\ &= 50,783 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Flowrate volumetr} &= \frac{\text{massa}}{\rho \text{ campuran}} \\ &= \frac{10024,855}{0,813} \text{ kg/jam} \\ &= 12323,910 \text{ L/jam} \\ &= 12,3239 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

● Menghitung konsentrasi Umpan

Komponen	Massa Kg/Jam	ρ (333,15)	x	$\rho \cdot x$	BM	Bm.x
Trigliserida	4127,159	0,683	0,412	0,281	845,846	348,229
FFA	2395,988	0,866	0,239	0,207	269,282	64,360
H2O	1531,605	0,995	0,153	0,152	18,000	2,750
CH3OH	1708,357	0,754	0,170	0,128	32,000	5,453
H2SO4	239,599	1,790	0,024	0,043	98,000	2,342
H2O	22,146	0,995	0,002	0,002	18,000	0,040
Total	10024,855		1,000	0,814		423,174

$$\begin{aligned} \rho \text{ campuran} &= 0,814 \text{ kg/L} && 2817,1163 \\ &= 813,517 \text{ kg/m}^3 && 2075,8365 \\ &= 50,787 \text{ lb/ft}^3 && 1523,6562 \\ &&& 1287,9645 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Flowrate volumetr} &= \frac{\text{massa}}{\rho \text{ campuran}} \\ &= \frac{10024,855}{0,814} \text{ kg/jam} \\ &= 12315,6571 \text{ L/jam} \\ &= 12,3156571 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$= \frac{10024,855}{0,814} \text{ kg/jam} \quad 8155,3906 \text{ kg/L}$$

$$= 12322,857 \text{ L/jam}$$

$$= 12,323 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{FFA CA0} = \frac{\text{mol mula-mula FFA}}{F_v}$$

$$= \frac{8,898}{12,323} \text{ kmol/jam} \quad \text{m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,722 \text{ Kmol/m}^3$$

$$= 722,048 \text{ mol/m}^3$$

$$C_A = C_{A0} \cdot (1 - X_A)$$

$$= 0,7220 \quad - \quad (1 - 0,9345)$$

$$= 0,0473 \text{ kmol/m}^3$$

$$\text{CH3OH CB0} = \frac{\text{mol mula-mula CH3OH}}{F_v}$$

$$= \frac{53,386}{12,323} \text{ kmol/jam} \quad \text{m}^3/\text{jam}$$

$$= 4,332 \text{ Kmol/m}^3$$

$$C_B = C_{B0} \cdot (1 - X_A)$$

$$= 4,332 \quad \times \quad 1 - 0,9345$$

$$= 0,2838 \text{ kmol/m}^3$$

$$M = C_{B0}/C_{A0}$$

$$= 6,000$$

Menghitung konstanta kecepatan reaksi

Rumus persamaan kecepatan reaksi

$$(-r_A) = k \cdot C_A \cdot C_B$$

dengan K adalah konstanta kecepatan reaksi

$$k = \frac{1}{C_{A0}(M-1)} \times \ln\left(\frac{M-X_A}{M(1-X_A)}\right)$$

$$k = \frac{1}{0,631(6-1)} \times \ln\left(\frac{6-0,9345}{6(1-0,9345)}\right)$$

$$k = 0,810268943 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

diketahui:

$$C_{A0} = 0,722 \text{ kmol/m}^3$$

$$C_{B0} = 0,2838 \text{ kmol/m}^3$$

$$M = 6,000$$

$$X_A = 0,9345$$

$$\text{Untuk } t = 2 \text{ jam} \quad (\text{Utami,2007})$$

3. Menghitung volume reaktor menggunakan 1 reaktor

$$FV X_{A1}$$

$$V_1 = \frac{14,264 \times 10,9345}{k \cdot C_{A0}^2 (1 - X_{A1}) (M - 2X_1)^2}$$

$$V_1 = \frac{14,264 \times 10,9345}{0,810268943 \times 0,631^2 \times (1 - 0,9345) \times (6 - 2 \times 0,9345)^2}$$

$$= 24,38809287 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{waktu tinggal reaktor} &= V/F_v \\ &= 1,979094 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$X_{A0} = 0$$

$$X_{A1} = 0,9345$$

$$V_1 = 24,388 \text{ m}^3$$

4. Menghitung Dimensi Reaktor

menggunakan 1 RATB

$$\begin{aligned} \bullet \text{ volume reaktor} &= 24,388 \text{ m}^3 \quad \times \quad \frac{1 \text{ ft}^3}{0,02832 \text{ m}^3} \\ &= 861,1615 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ volume cairan} &= 1,2 \times 1304,907 \text{ ft}^3 \quad (\text{over design } 20\%) \\ V_{\text{shell}} &= 1033,394 \text{ ft}^3 \\ &= 29,27876 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Untuk perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum adalah 1:1 (D:H = 1:1) berdasarkan pada buku (Brownell, hal:43). Dimana:

$$D = \text{diameter dalam (in)}$$

$$H = \text{Ketinggian dalam (in)}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Shell} &= \frac{\pi D^2 H}{4} \\ &= \frac{\pi D^3}{4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= \sqrt[3]{\frac{4 V_{\text{shell}}}{\pi}} \\ &= \sqrt[3]{\frac{4 \times 94,26877}{3,14}} \\ &= 4,93362 \text{ m} \quad 194,2371 \text{ in} \quad 16,18721 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\text{Volume dish} = 0,000049 D_s^3$$

Dimana :

$$D_s = \text{diameter Shell (in)} \quad 194,2371 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{dish}} &= 0,000049 \times (194,2371 \text{ in})^3 \\ &= 359,0812445 \text{ in}^3 \quad 9,120659 \text{ m}^3 \quad 321,9136 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$V_{\text{sf}} = \frac{\pi D^2 s f}{4 \times 144}$$

$$\text{diambil sf} = 1,5$$

$$V_{\text{sf}} = \frac{3,14}{4} (194,2371)^2 \times 1,5$$

$$\begin{aligned}
 &= 4 \quad 144 \\
 &= 308,5054577 \text{ in}^3 \quad 7,836034 \text{ m}^3 \quad 276,5728 \text{ ft}^3 \\
 \text{Sehingga,} \\
 \text{V head} &= 2 (V_{\text{dish}} + V_{\text{sf}}) \\
 &= 2 \times (359,0812445 + 308,5054577) \\
 &= 1335,173404 \text{ in}^3 \quad 33,91339 \text{ m}^3 \quad 1196,973 \text{ ft}^3 \\
 \text{V reaktor} &= V_{\text{shell}} + V_{\text{head}} \\
 &= (94,26877 + 33,91339) \text{ m}^3 \\
 &= 63,19214421 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dari fig 13-15, Peter hal 268 dapat diperoleh harga reaktor untuk $V = 10 \text{ m}^3$ harganya \$ 70.000

$$\begin{aligned}
 \text{Dimana Harga ala} &= \$70.000 \left(\frac{V_i}{10} \right)^{0,6} = 211590,37 \\
 &= \$24.058,12
 \end{aligned}$$

Spesifikasi reaktor

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter} &= 4,93362 \text{ m} \\
 \text{Tinggi Shell} &= 4,93362 \text{ m} \\
 \text{Volume shell} &= 29,27875805 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume Head} &= 33,91338616 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume reaktor} &= 63,19214421 \text{ m}^3 \\
 X &= 0,9345 \\
 \text{Volume cairan} &= 29,27875805 \text{ m}^3 \\
 \text{volume bottom} &= 0,5 \text{ XV head} \\
 &= 16,95669308 \text{ m}^3 \\
 \text{V cairan dalam sh} &= \text{volume cairan} - \text{volume bottom} \\
 &= 12,32206498 \text{ m}^3 \\
 \text{H cairan dalam sh} &= 4x \text{ v sheel} / 3,14 * D^2 \\
 &= 1,532327523 \text{ m}
 \end{aligned}$$

5. Menghitung Tebal dinding reaktor

Reaktor terdiri atas dinding (shell), tutup atas dan tutup bawah (head)

Head atas dan head bawah berbentuk torispherical

Bahan: carbon Stell SA-283 Grade C lebih ekonomis dari 285 tetapi ketebalan plate tidak lebih dari 5/8 dan suhu maksimal adalah 650 oF

Carbon steel karena ekonomis, suhu operasi dan tekanan sesuai dengan bahan,

Dari brown and young diperoleh:

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

Keterangan:

$$\begin{aligned}
 ts &= \text{Tebal Shell (in)} \\
 P &= \text{Tekanan (psia)} \\
 r &= \text{Jari-jari silinder dalam (in)} \\
 f &= \text{Maksimum allowable stress (Psia)} \\
 E &= \text{Efisiensi Pengelasan} \\
 c &= \text{faktor korosi}
 \end{aligned}$$

maka berdasarkan dari tabel 13.1 brownell hal 252 diperoleh:

$$f = 12.650 \text{ psi}$$

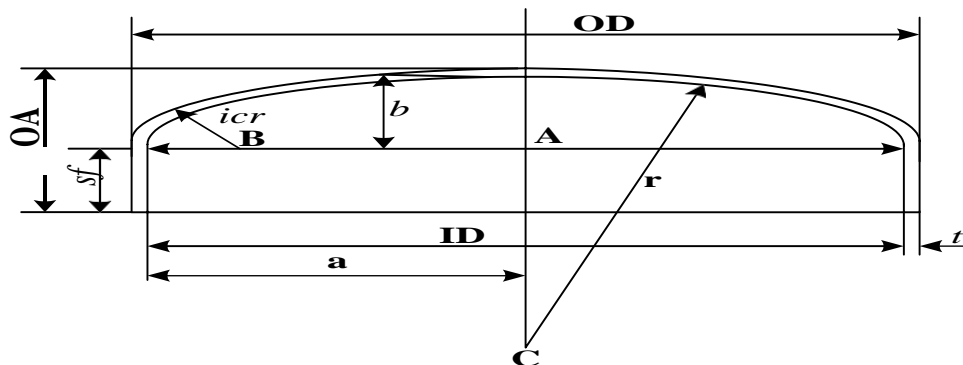
c	=	0,25 in	
E	=	0,85	0,0625
r	=	1/2 *D	
	=	2,40081 m	97,11850 in
P desain	=	120% *(Preaksi + P hidrostatik)	8,093209 ft
P reaksi	=	1 atm	14,696 psi

Komponen	Massa Kg/Jam	ρ (Kg/L)	v,L/jam
Triglicerida	4127,159	0,683	2817,116
FFA	2395,988	0,866	2075,836
H2O	1531,605	0,995	1523,656
CH3OH	1708,357	0,754	1287,964
H2SO4	239,599	1,790	428,7861
H2O	22,146	0,995	22,03097
Total	10024,855		8155,391

Dari tabel 13.1 Brownell hal 252 diperoleh:

P hidrostatik	=	ρ x g/gc x h	
dimana:			
h	=	tinggi cairan didalam silinder	
ρ	=	densitas cairan	
	=	$\frac{10024,855 \text{ kg/jam}}{8155,390553 \text{ L/jam}}$	
	=	1,23 Kg/L	1229,23 kg/m ³ 76,73835 lb/ft ³
P hidrostatik	=	1188,13 kg/m ³ x 1 X 4,93362 m	
	=	6.064,56 Kg/m ²	
	=	8,337 psia	
P desain	=	120% (14,696 psia + 8,337 psia)	
	=	27,6396 psia	
ts	=	$(27,6396 \text{ psia} \times 97,11865 \text{ in} / 12.650 \text{ psia} \cdot 0,6 \times 27,6396 \text{ psia})$	
	=	+0,125 in	
	=	0,375031575	
tebal shell dipilih	=	1/4 in	

6. Menghitung Tebal Head (th)



keterangan :

ID	=	Diameter dalam head
OD	=	Diameter luar head
th	=	Tebal head
r	=	Jari-jari dish
icr	=	Jari-jari dalam sudut dish
b	=	Tinggi head
sf	=	Straight flange
OA	=	Tinggi head bagian luar

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{ID} + 2 \text{ tebal dinding} \\ &= 120,4331 \text{ in} + (2 \times 1/4) \\ &= 194,7371128 \text{ in} \end{aligned}$$

dari tabel 5.7 hal 91; Brownell, 1979 untuk OD = 120,9331 in dan ts = 1/4 in diperoleh harga :

$$\begin{aligned} r &= 120 \text{ in} \\ \text{icr} &= 7 \frac{5}{8} \text{ in} \\ &= 7,625 \text{ in} \end{aligned}$$

Faktor (W) untuk tipe torispherical, dihitung dengan rumus:

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

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{120}{7,625}} \right)$$

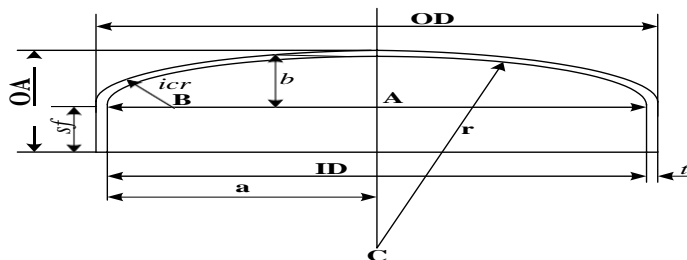
$$W = 1,741769407$$

maka:

$$ts = \frac{P \times r \times W}{2f \cdot E - 0,2P} + c$$

$$\begin{aligned} \text{th} &= \frac{14,976 \text{ psia} \times 120 \times 1,74176941}{(2 \times 12.650 \text{ psia} \times 0,85) - (0,2 \times 14,976 \text{ psia})} + 0,25 \\ &= 0,392853525 \text{ in} \\ &= (1/4) \end{aligned}$$

7. Menghitung tinggi vessel



$$\begin{aligned} a &= ID/2 = 192,2371128 \text{ in}/2 \\ &= 97,11855638 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= r-icr \\ &= 120 \text{ in} - 7 \frac{5}{8} \text{ in} \\ &= 112,375 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AB &= a-icr \\ &= (72,25984 - 7 \frac{5}{8}) \text{ in} \\ &= 89,49355638 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - \sqrt{BC^2 - AB^2} \\ &= 120 - \sqrt{112,375^2 - 89,49355638^2} \\ &= 52,0365 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari (tabel 5.8, halaman 93, Brownell, 1979) dengan $th = 1/4 \text{ in}$, didapat :

$$sf = \left(1 \frac{1}{2} - 2 \frac{1}{2} \right) in$$

$$\text{maka dipilih sf} = 2 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} Th &= th+b+sf \\ &= 1/4 \text{ in} + 28,0735 \text{ in} + 2 \text{ in} \\ &= 54,2865 \text{ in} \quad 1,378876 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{jadi tinggi vessel} &= \text{tinggi silinder} + 2 \times \text{tinggi head} \\ &= 194,23711 \text{ in} + (2 \times 54,2865 \text{ in}) \\ &= 302,8100148 \text{ in} \quad 7,691374 \text{ m} \quad 25,23417 \text{ ft} \end{aligned}$$

8. Merancang pengaduk

Pengadukan dimaksudkan agar reaktan tercampur sempurna dan suhu dalam reaktor dapat homogen, sehingga kontak masing-masing bahan dapat lebih baik, dan reaksi berjalan dengan baik.

Dari data viscositas cairan dalam reaktor, dipilih jenis pengaduk turbin dengan flat blade.

Untuk pengaduk jenis turbin dengan 6 blade dengan 4 baffle (6 blade plate turbine impeller with 4 baffle)

• Menghitung diameter pengaduk

$$\begin{aligned} Dt/Di &= 3 \\ Zi /Di &= 0,75-1,3 \\ ZI/Dt &= 2,7-3,9 \\ W/Dt &= 0,1 \end{aligned}$$

L/Di	=	0,25
Keterangan:		
Di	=	Diameter pengaduk
Dt	=	Diameter dalam reaktor
Zi	=	Jarak pengaduk ke dasar reaktor
Z ₁	=	Tinggi cairan dalam silinder reaktor
L	=	Panjang blade
W	=	Lebar baffle
T	=	Tinggi blade

Dari perhitungan diperoleh :

Dt	=	16,1872	ft	=	4,9339	m	=	194,2465	in
Di	=	1/3 x Dt							
	=	1/3 x 10,0361	ft	=					
	=	5,3957	ft	=	1,6446	m	=	64,7488	in
Zi	=	1,3 x Di							
	=	1,3 x 2,5080	ft	=					
	=	7,0145	ft	=	2,1380	m	=	84,1735	in
Z ₁	=	23,1477	ft	=	7,0554	m	=	277,7725	in
W	=	0,1 x Di							
	=	0,1 x 3,3454	ft	=					
	=	1,6187	ft	=	0,4934	m	=	19,4246	in
L	=	0,25 x Di							
	=	0,25 x 3,3454	ft	=					
	=	1,3489	ft	=	0,4112	m	=	16,1872	in
T	=	0,2 x Di							
	=	0,2 x 2,5080	ft	=					
	=	1,0791	ft	=	0,3289	m	=	12,9498	in

• Menghitung Kecepatan pengaduk

(Rase 8.8, halaman 345, 1977)

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

Keterangan :

WELH	=	Water equivalent Liquid Height (ft)
Di	=	Diameter pengaduk (ft)
N	=	Kecepatan putaran pengaduk

$$WELH = Zl \left(\frac{\rho \text{ cairan}}{\rho \text{ air}} \right)$$

$$= 18,9105 \text{ ft}$$

$$N = \frac{600}{WELH} \sqrt{\dots}$$

$$= 46,8794 \text{ rpm}$$

$$= 2812,7628 \text{ rphr}$$

$$= 0,7813 \text{ rps}$$

$$\text{Number of turbine} = \frac{WELH}{D}$$

$$= \frac{18,9105 \text{ ft}}{16,1872 \text{ ft}}$$

$$= 1,1682$$

• Menentukan Daya pengadukan

Bilangan Reynold,

$$\text{Nre} = \frac{N \cdot \rho \cdot D^2}{\mu}$$

Dimana :

Nre	=	Bilangan Reynold	
D	=	Diameter pengaduk (ft)	
N	=	Kecepatan putaran	= 0,7813 rps
ρ	=	Density campuran	= 50,7871 lb/ft ³
μ	=	Viskositas campuran	= 6,16E-03 lb/ft.det
Nre	=	187.636,06	

Dari fig. 8.8 rase, diperoleh harga Np sebesar : 5

Besarnya daya yang dibutuhkan untuk pengadukan :

$$P = 3,52 \times 10^{-3} \times Np \times \left[\frac{\rho}{62,43} \right] \times \left[\frac{N}{60} \right]^3 \times \frac{Di^5}{12}$$

Dimana :

P	=	Daya pengadukan (Hp)
N	=	Kecepatan pengadukan (rpm)
ρ	=	Densitas slurry (lb/ft ³)
Di	=	Diameter pengaduk (in)

$$P = 13,1180 \text{ Hp}$$

$$= 9,786021032 \text{ kW}$$

Untuk perancangan motor pengaduk ditambah 10% dan 0,5 Hp :

$$\text{Sehingga P} = 14,9298 \text{ Hp}$$

$$= 11,1376 \text{ kW}$$

Dipilih power motor pengaduk 17 Hp

9. Menghitung jaket Pemanas

fungsi = sebagai pemanas untuk menjaga suhu reaktor agar tetap stabil

Jenis = Jaket steam

media = Steam

• Menghitung Panas Reaksi

	FFA	+	CH3OH	→	FAME	+	H2O
Mula-mula	8,8977		53,38616				
Reaksi	8,3158		8,315783		8,3157834		8,315783
Sisa	0,5819		45,07037		8,3157834		8,315783

komponen	$\Delta H^{\circ}F$ kJ/mol	BM kg/kmol	mol
Trigliserida	-2048,63	845,846	4,88
FFA	-691,597	269,282	0,58
CH3OH	-201,17	32,000	45,07
H2SO4	-735,13	98,000	2,44
H2O	-241,8	18,000	94,64
Metil ester	-658,801	283,282	8,32

Konversi 93,5% 0,9346

1 kkal = 4,2 kJ 1 cal = 4,2 joule

$$\Delta H^{\circ} = \sum \Delta H^{\circ} \text{ produk} - \sum \Delta H^{\circ} \text{ Reaktan}$$

$$= \{(n \times \Delta H^{\circ} \text{ FAME}) + (n \times \Delta H^{\circ} \text{ H}_2\text{O})\} - \{(n \times \Delta H^{\circ} \text{ FFA}) + (n \times \Delta H^{\circ} \text{ CH}_3\text{OH})\}$$

$$= \{(8,41268 \times -658,801) + (8,41268 \times -241,8)\} - \{(9,0014 \times -691,597) + (54,0082 \times -201,17)\} \quad \text{Kj/mol}$$

$$= 9404,107 \text{ KJ/jam}$$

Panas Reaksi :

Tin = 60 oC 333,15 oK

T ref = 25 oC 298,15 oK

T Reaksi = 60 oC 333,15 oK

Neraca Energi Q reaktan

Komponen	BM	Massa Kg/jam	Mol Kmol/jam	Cp Kj/Kmol.K	Q Kmol.CP
Trigliserida	845,85	4127,16	4,879327	81177,66167	396092,4
FFA	269,28	2395,99	8,897693	24268,65452	215935
H2O	18	1531,61	85,08918	2635,739134	224272,9
CH3OH	32	1708,356963	53,38616	1412,949953	75431,97
H2SO4	98	239,5988436	2,444886	4961,611757	12130,58
H2O	18	22,14590326	1,230328	2635,739134	3242,824
TOTAL		10024,85	155,9276		927105,6

Neraca Energi QProduk

Komponen	BM	Massa Kg/jam	Mol Kmol/jam	Cp Kj/Kmol.K	Q Kmol.CP
Trigliserida	845,85	4127,16	4,879327	81177,66	396092,4
FFA	269,28	156,70	0,581909	24268,65	14122,15
CH3OH	32	1442,25	45,07037	1412,95	63682,18
H2SO4	98	239,60	2,444886	4961,61	12130,58
H2O	18	1703,44	94,63529	2635,74	249433,9
Metil ester	283,28	2355,71	8,315783	22919,61	190594,5
TOTAL		10024,85	155,9276		926055,7

maka:

$$\Delta HR^{\circ} = \Delta H^{\circ}F + Q \text{ produk} - Q \text{ Reaktan}$$

$$= (9513,68568 + (1209710 - 1210772))$$

$$= 8354,196 \text{ KJ/jam}$$

$$\begin{aligned} QR &= (\Delta HR^\circ) \\ &= -8354,196 \text{ KJ/jam} \\ &= 8354,196 \end{aligned}$$

Beban Pemanas Reaktor:

$$\begin{aligned} \Delta Q(\text{pemanas}) &= Q \text{ out } -(Q_{\text{reaktan}} + QR) \\ &= 7304,284 \text{ KJ/Jam} \end{aligned}$$

Diketahui:

$$D = 4,93362 \text{ m} \quad 194,2371 \text{ in} \quad 16,18721 \text{ ft}$$

$$C_p = 1 \text{ Btu/lb.F}$$

$$\mu = (0,125 \text{ cp} \times 2,42 \text{ lb/ft.h}) / 1 \text{ cp}$$

$$= 0,3025 \text{ lb/ft.h}$$

$$k = 0,810268943 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

$$N_{re} = 187.636,06$$

$$Q = 7304,284 \text{ KJ/Jam}$$

• Menghitung Kebutuhan Steam

Media pemanas adalah saturated steam pada temperatur 120 oC

(smith van ness, Tabel F.1 Saturated steam, hal : 683

Maka:

$$HI = 503,7 \text{ KJ/Kg}$$

$$HV = 706 \text{ KJ/Kg}$$

$$\lambda = HV - HI$$

$$= 202,3 \text{ KJ/Kg}$$

• Banyaknya Steam

$$Q (\text{ pemanas}) = \text{Massa Steam} \times \lambda \text{ Steam}$$

$$\text{Massa Steam} = Q \text{ pemanas} / \lambda \text{ Steam}$$

$$= 7389,394 \text{ KJ/jam} / 202,3 \text{ KJ/kg}$$

$$= 36,10619702 \text{ Kg/Jam}$$

$$Q_s \text{ in} = \text{Massa Steam} \times H_v$$

$$= 36,52691263 \text{ kg/jam} \times 706 \text{ KJ/kg}$$

$$= 25490,9751 \text{ KJ/jam}$$

$$Q_s \text{ out} = \text{Massa Steam} \times HI$$

$$= 36,52691263 \text{ kg/jam} \times 503,7 \text{ KJ/kg}$$

$$= 18186,69144 \text{ KJ/jam}$$

Komponen	Masuk (KJ/Jam)	Keluar (KJ/Jam)
Q reaktan	927105,6287	
Q out produk		926055,7168
Q Reaksi		8354,196
Q pemanas	7304,284	
ToTAL	934409,9124	934409,9124

0

• Menghitung Luas Transfer panas

$$T \text{ liquid } (T_1) = 60 \text{ oC} \quad 333,15 \text{ oK}$$

$$T \text{ Steam } (T_2) = 120 \text{ oC} \quad 393,15 \text{ oK}$$

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

$$\Delta T_{LMTD} = 86,56170245 \text{ oC} \quad 359,7117 \text{ oK} \quad 187,8111 \text{ oF}$$

Untuk fluida dingin light organics - water (viskositasnya < 0,5 cP) dan fluida panas steam, nilai UD = 75-150 Btu/ft2 .°F.jam (Tabel 8, hal. 840, D.Q. Kern, 1965)

$$\begin{aligned} D &= \text{OD-2ts} \\ Q \text{ air pendingin} &= 7304,284 \text{ Kj/jam} \\ &= 6923,492 \text{ Btu/jam} \\ D &= 193,987 \text{ in} \\ &= 4,946 \text{ m} \quad 494,59996 \text{ cm} \\ L &= 4,946 \text{ m} \end{aligned}$$

$$A = \frac{Q}{Ud \cdot \Delta T_{LMTD}}$$

$$A = 0,409601 \text{ ft}^2 \quad 4,4089152 \text{ m}^2$$

• Menghitung Luas selubung reaktor

$$\begin{aligned} \text{luas selubung reaktor} &= \pi \times D \times L \\ &= 3,14 \times 4,9339 \text{ m} \times 4,9339 \text{ m} \\ &= 76,81354 \text{ m}^2 \\ &= 252,0129 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Luas transfer panas reaktor < dibandingkan dengan selubung reaktor sehingga digunakan jaket pemanas. Jenis pemanas yang digunakan adalah steam.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air} &= 36,11 \text{ kg/jam} \\ \rho \text{ air pada } 30^\circ\text{C} &= 0,99568 \text{ g/cm}^3 \\ &= 995,68 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{engineeringtoolbox.com}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ air} &= \frac{\text{massa}}{\rho} \text{ (kg/jam)} \\ &= \frac{36,11}{0,99568} \text{ (kg/jam)} \\ &= 60,3783 \text{ (m}^3\text{/jam)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter dalam jaket (D1)} &= \text{diameter dalam} + (2 \times \text{tebal dinding}) \\ &= 194,2371 \text{ in} + (2 \times 0,3750 \text{ in}) \\ &= 194,9872 \text{ in} \\ &= 4,9527 \text{ m} \\ \text{Tinggi jaket} = \text{Tinggi tangki} &= 194,2371 \text{ in} \\ &= 4,9336 \text{ m} \end{aligned}$$

Asumsi jarak jaket 5 in

$$\begin{aligned} \text{Diameter luar jaket (D2)} &= D1 + (2 \times \text{Jarak Jaket}) \\ &= 194,9872 \text{ in} + (2 \times 5 \text{ in}) \\ &= 204,9872 \text{ in} \\ &= 5,2067 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Luas yang dilalui pendingin (A)} = \pi/4 (D_2^2 - D_1^2)$$

$$= \frac{3,14}{4} (204,9872^2 - 194,9872^2)$$

$$= 3139,799 \text{ in}^2$$

$$= 2,0257 \text{ m}^2$$

$$\text{kec. superficial pendingin (V)} = \frac{V \text{ pendingin}}{A}$$

$$= \frac{60,3783 \text{ (kg/m}^3\text{)}}{2,0257 \text{ m}^2}$$

$$= 29,80652 \text{ m/jam}$$

$$h \text{ jaket} = 194,2371 \text{ in} = 4,9336 \text{ m}$$

$$Ph = \rho \cdot g \cdot h$$

$$= 0,598 \times 9,8 \times 4,9336$$

$$= 28,9130 \text{ kg/m.s}^2$$

$$= 3,9938 \text{ psia} = 0,207 \text{ atm}$$

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

$$\text{Faktor kelonggaran : } 10\%$$

$$P \text{ design} = 1,1 \times (P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik})$$

$$= 1,3277 \text{ atm}$$

Menghitung tebal jaket :

Dari persamaan. 13.1 hal 254; Brownell, 1979 :

$$t \text{ min} = \frac{P \cdot r_i}{fE - 0,6P} + C$$

Keterangan :

$$t \text{ min} = \text{tebal shell minimum; in}$$

$$P = \text{tekanan jaket ; psi}$$

$$r_i = \text{jari-jari jaket ; in (} \frac{1}{2} D \text{)}$$

$$C = \text{faktor korosi ; in (digunakan 0,125 in)}$$

$$E = \text{faktor pengelasan, digunakan double welded, } E = 0,8$$

$$f = \text{stress allowable}$$

Bahan yang digunakan adalah carbon Steel SA-283 Grade C didapat :

$$\text{Allowable stress (f)} = 12.650$$

$$r_i = (D/2) = \frac{194,9872 \text{ in}}{2}$$

$$= 97,4936 \text{ in}$$

$$= 8,1245 \text{ ft}$$

$$\text{Sehingga : } t \text{ min} = 0,1635 \text{ in}$$

$$\text{Dirancang } 3/16 = 0,1875 \text{ in}$$

$$= 0,0048 \text{ m}$$

Schedule time

$$\text{waktu tinggal} = \text{waktu pengisian/pengosongan}$$

$$= 0,5 \text{ jam}$$

RESUME

Nama Alat	=	REAKTOR		
Kode	=	R-220		
Fungsi	=	Mereaksikan FFA dan CH ₃ OH dengan Bantuan katalis H ₂ SO ₄ (esterifikasi)		
Type	=	Silinder vertikal terdiri dari dinding, tutup atas dan tutup bawah yang berbentuk torispherical		
Bahan	=	carbon Stell SA-283 Grade C		
Dimensi reaktor		Ukuran		
Diameter (D)	=	4,9336	m	
Tinggi (H)	=	4,9336	m	
Tebal <i>shell</i> (ts)	=	3/16 in	0,00998	m
Dimensi Head				
Bentuk	=	silinder vertikal bentuk tutup atas dan tutup bawah yang berbentuk torispherical		
Tebal <i>head</i> (th)	=	1/4 in	0,0064	m
Tinggi <i>head</i>	=	1,3789	m	
Pengaduk reaktor				
Tipe	=	turbin dengan 6 <i>blade</i> dengan 4 <i>baffle</i> (6 blade plate turbine impeller with 4 baffle)		
Jumlah	=	2	buah	
Panjang <i>blade</i>	=	0,4112	m	
Lebar <i>baffle</i>	=	0,4934	m	
Tinggi <i>blade</i>	=	0,3289	m	
Diameter pengadu	=	1,6446	m	
Kecepatan	=	46,8794	rpm	
Power	=	17,0	Hp	
Dimensi jaket pemanas				
Diameter dalam	=	4,9527	m	
Diamater luar	=	5,2067	m	
Tinggi jaket	=	4,9527	m	
Tebal jaket	=	1/4 in	0,25400	m

REAKTOR

1. Menentukan Jenis Reaktor

Kode	=	R-430	
Jenis	=	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang dilengkapi dengan Koil Pendingin	
Fungsi	=	Mereaksikan FFA dengan CH ₃ OH dibantu dengan katalis H ₂ SO ₄ (Reaksi Esterifikasi)	
Pertimbangan	=	1. Zat yang direaksikan berupa fasa cair dan fasa cair 2. Hasil konversi lebih maksimal karena dapat digunakan lebih dari 1 reaktor	
Bentuk	=	Silinder vertikal terdiri dari dinding, tutup atas dan tutup bawah yang berbentuk torispherical	
Bahan	=		
Kondisi operasi	=		
~ Tekanan	=	1 atm	
~ Temperatur	=	60 oC	333,15 oK
Reaksi	=	Eksotermis	

2. Menghitung Kecepatan Laju Alir Volumetrik Umpan (Fv)

Arus 19

Komponen	Massa Kg/Jam	ρ (333,15)	x	ρ.x	BM	Bm.x
Trigliserida	4127,159	0,683	0,607	0,415	845,846	513,786
FFA	156,698	0,866	0,023	0,020	269,282	6,210
H ₂ O	154,970	0,995	0,023	0,023	18,000	0,411
Metil Ester	2355,712	0,845	0,347	0,293	283,282	98,216
Total	6794,539		1,000	0,750		618,623

ρ campuran	=	0,750	kg/L
	=	750,329	kg/m ³
	=	46,842	lb/ft ³

Flowrate volumetrik	=	massa	
		ρ campuran	
	=	6794,539	kg/jam
		0,750	kg/L
	=	9055,418	L/jam
Fv	=	9,055	m ³ /jam

Arus 25

Komponen	Massa Kg/Jam	ρ (333,15)	x	ρ.x	BM	Bm.x
CH ₃ OH	1561,385	0,754	0,781	0,589	32,000	25,003
NaOH	412,716	1,896	0,207	0,392	40,000	8,261
H ₂ O	24,194	0,995	0,012	0,012	18,000	0,218
Total	1998,295		1,000	0,993		33,483

ρ campuran	=	0,993	kg/L
	=	992,750	kg/m ³
	=	61,976	lb/ft ³

$$\begin{aligned}
 \text{Flowrate volumetrik} &= \frac{\text{massa}}{\rho \text{ campuran}} \\
 &= \frac{1998,295}{0,993} \quad \text{kg/jam} \\
 &= 2012,888 \quad \text{L/jam} \\
 &= 2,013 \quad \text{m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Arus 26

Komponen	Massa Kg/Jam	ρ (333,15)	x	$\rho \cdot x$	BM	Bm.x
Trigliserida	269,916	0,683	0,031	0,021	845,846	25,965
FFA	156,698	0,866	0,018	0,015	269,282	4,799
CH ₃ OH	1123,604	0,754	0,128	0,096	32,000	4,089
NaOH	412,716	1,790	0,047	0,084	98,000	4,600
H ₂ O	179,165	0,995	0,020	0,020	18,000	0,367
Metil Ester	6231,196	0,845	0,709	0,599	283,282	200,753
Gliserol	419,540	1,236	0,048	0,059	92,000	4,390
Total	8792,834		1,000	0,895		244,962

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ campuran} &= 0,895 \quad \text{kg/L} \\
 &= 394,939 \quad \text{kg/m}^3 \\
 &= 55,870 \quad \text{lb/ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Flowrate volumetrik} &= \frac{\text{massa}}{\rho \text{ campuran}} \\
 &= \frac{8792,834}{0,895} \quad \text{kg/jam} \\
 &= 9825,067 \quad \text{L/jam} \\
 &= 9,8251 \quad \text{m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

• Menghitung konsentrasi Umpan

Komponen	Massa Kg/Jam	ρ (333,15)	x	$\rho \cdot x$	BM	Bm.x
Trigliserida	4124,946	0,683	0,469	0,320	845,846	397,021
FFA	156,614	0,866	0,018	0,015	269,282	4,799
H ₂ O	154,887	0,995	0,018	0,018	18,000	0,317
Metil ester	2354,449	0,845	0,268	0,226	283,282	75,895
CH ₃ OH	1560,547	0,754	0,178	0,134	32,000	5,682
NaOH	412,495	1,896	0,047	0,089	40,000	1,878
H ₂ O	24,181	0,995	0,003	0,003	18,000	0,050
Total	8788,119		1,000	0,805		485,642

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ campuran} &= 0,805 \quad \text{kg/L} \\
 &= 305,422 \quad \text{kg/m}^3 \\
 &= 50,282 \quad \text{lb/ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Flowrate volumetrik} &= \frac{\text{massa}}{\rho \text{ campuran}} \\
 &= \frac{8788,119}{0,805} \quad \text{kg/jam} \\
 &= 10915,663 \quad \text{L/jam} \\
 &= 11,765 \quad \text{m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 10911,194 \quad \text{L/jam} \\
 &= 10,911 \quad \text{m}^3/\text{jam} \\
 \text{TG CAO} &= \frac{\text{mol mula-mula FFA}}{F_v} \\
 &= \frac{4,877}{10,911} \text{ kmol/jam} \\
 &= 0,447 \text{ kmol/m}^3 \\
 &= 446,946 \text{ mol/m}^3 \\
 C_A &= C_{A0} (1-X_A) \\
 &= 0,4469 - (1 - 0,9345) \\
 &= 0,0293 \text{ kmol/m}^3 \\
 \text{CH}_3\text{OH CBO} &= \frac{\text{mol mula-mula CH}_3\text{OH}}{F_v} \\
 &= \frac{48,767}{10,911} \text{ kmol/jam} \\
 &= 4,469 \text{ kmol/m}^3 \\
 C_B &= C_{B0} (1-X_A) \\
 &= 4,469 \times (1 - 0,9345) \\
 &= 0,2927 \text{ kmol/m}^3 \\
 M &= C_{B0}/C_{A0} \\
 &= 10,000
 \end{aligned}$$

Menghitung konstanta kecepatan reaksi

Rumus persamaan kecepatan reaksi

$$(-r_A) = k \cdot C_A \cdot C_B$$

dengan K adalah konstanta kecepatan reaksi

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{1}{C_{A0}(M-1)} \times \ln \left(\frac{M-X_A}{M(1-X_A)} \right) \\
 k &= \frac{1}{0,447(10-1)} \times \ln \left(\frac{10-0,9345}{10(1-0,9345)} \right) \\
 k &= 0,653143436 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}
 \end{aligned}$$

diketahui:

$$\begin{aligned}
 C_{A0} &= 0,447 \text{ kmol/m}^3 \\
 C_{B0} &= 0,2927 \text{ kmol/m}^3 \\
 M &= 10,000 \\
 X_A &= 0,9345 \\
 \text{Untuk } t &= 2 \text{ jam} \quad (\text{Utami,2007})
 \end{aligned}$$

3. Menghitung volume reaktor

menggunakan 1 reaktor

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{FV X_{A1}}{k \cdot C_{A0}^2 (1-X_{A1})(M-2X_1)^2} \\
 V_1 &= \frac{11,991 \times 0,9345}{0,653143436 \times 0,447^2 \times (1-0,9345) \times (10-2 \times 0,9345)^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 18,04697471 \text{ m}^3 \\
 \text{waktu tinggal reaktor} &= \frac{V}{Fv} \\
 &= 1,653987 \text{ jam} \\
 X_{A0} &= 0 \\
 X_{A1} &= 0,9345 \\
 V_1 &= 18,047 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

4. Menghitung Dimensi Reaktor

menggunakan 1 RATB

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ volume reaktor} &= 18,047 \text{ m}^3 \quad \times \quad \frac{1 \text{ ft}^3}{0,02832 \text{ m}^3} \\
 &= 637,2519 \text{ ft}^3 \\
 \\
 \bullet \text{ volume cairan} &= 1,2 \times 1304,907 \text{ ft}^3 \quad (\text{over design } 20\%) \\
 V_{\text{shell}} &= 764,7023 \text{ ft}^3 \\
 &= 21,66602 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum adalah 1:1 (D:H = 1:1)

berdasarkan pada buku (Brownell, hal:43). Dimana:

$$\begin{aligned}
 D &= \text{diameter dalam (in)} \\
 H &= \text{Ketinggian dalam (in)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Shell} &= \frac{\pi D^2 H}{4} \\
 &= \frac{\pi D^3}{4} \\
 D &= \sqrt[3]{\frac{4 V_{\text{shell}}}{\pi}} \\
 &= \sqrt[3]{\frac{4 \times 21,66602}{3,14}} \\
 &= 3,022 \text{ m} \quad 118,97644 \text{ in} \quad 9,915182 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume dish} &= 0,000049 D_s^3 \\
 \text{Dimana :} & \\
 D_s &= \text{diameter Shell (in)} \quad 118,97644 \text{ in} \\
 V_{\text{dish}} &= 0,000049 \times (194,2371 \text{ in})^3 \\
 &= 82,52376121 \text{ in}^3 \quad 2,0961024 \text{ m}^3 \quad 73,98193 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{sf}} &= \frac{\pi D^2 s f}{4 \cdot 144} \\
 \text{diambil sf} &= 1,5 \\
 V_{\text{sf}} &= \frac{3,14 (118,976 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,5)}{4 \cdot 144} \\
 &= 115,7498347 \text{ in}^3 \quad 2,9400442 \text{ m}^3 \quad 103,7689 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga,} & \\
 V_{\text{head}} &= 2 (V_{\text{dish}} + V_{\text{sf}}) \\
 &= 2 \times (82,52376121 + 115,7498347) \\
 &= 396,5471918 \text{ in}^3 \quad 10,072293 \text{ m}^3 \quad 355,5016 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

V reaktor	=	V shell + V head
	=	(24,28091+11,042854) m3
	=	31,73831726 m3
Spesifikasi reaktor		
Diameter	=	3,022 m
Tinggi Shell	=	3,022 m
Volume shell	=	21,66602403 m3
Volume Head	=	10,07229323 m3
Volume reaktor	=	31,73831726 m3
X	=	0,9345
Volume cairan	=	21,66602403 m3
volume bottom	=	0,5 XV head
	=	5,036146617 m3
V cairan dalam shell	=	volume cairan-volume bottom
	=	16,62987741 m3
H cairan dalam shell	=	4x v sheel / 3,14*D^2
	=	3,022182202 m

5. Menghitung Tebal dinding reaktor

Reaktor terdiri atas dinding (shell), tutup atas dan tutup bawah (head)

Head atas dan head bawah berbentuk torispherical

Bahan: carbon Stell SA-283 Grade C lebih ekonomis dari 285 tetapi ketebalan plate tidak lebih dari 5/8 dan suhu maksimal adalah 650 oF

Carbon steel karena ekonomis, suhu operasi dan tekanan sesuai dengan bahan,

Dari brown and young diperoleh:

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

Keterangan:

ts	=	Tebal Shell (in)
P	=	Tekanan (psia)
r	=	Jari-jari silinder dalam (in)
f	=	Maksimum allowable stress (Psia)
E	=	Efisiensi Pengelasan
c	=	faktor korosi

maka berdasarkan dari tabel 13.1 brownell hal 252 diperoleh:

f	=	12.650 psi		
c	=	0,25 in		
E	=	0,85	0,0625	
r	=	1/2 *D		
	=	1,511 m	59,488221 in	4,957349 ft
P desain	=	120% *(Preaksi + P hidrostatik)		
P reaksi	=	1 atm	14,696 psi	

Komponen	Massa Kg/Jam	ρ (Kg/L)	v,L/jam
Trigliserida	4124,946	0,683	2815,6057
FFA	156,614	0,866	135,68691
H2O	154,887	0,995	154,08322
Metil ester	2354,449	0,845	1990,027

CH3OH	1560,547	0,754	1176,5279
NaOH	412,495	1,896	782,15991
H2O	24,181	0,995	24,055861
Total	8788,119		7078,1465

Dari tabel 13.1 Brownell hal 252 diperoleh:

$$P \text{ hidrostatik} = \rho \times g/gc \times h$$

dimana:

$$h = \text{tinggi cairan didalam silinder}$$

$$\rho = \text{densitas cairan}$$

$$= \frac{8788,119 \text{ kg/jam}}{7078,146508 \text{ L/jam}}$$

$$= 1,24 \text{ Kg/L}$$

$$1241,5847 \text{ kg/m}^3$$

$$77,5096 \text{ lb/ft}^3$$

$$P \text{ hidrostatik} = 1223,3257 \text{ kg/m}^3 \times 1 \times 4,93362 \text{ m}$$

$$= 3.752,07 \text{ Kg/m}^2$$

$$= 8,337 \text{ psia}$$

$$P \text{ desain} = 120\% (14,696 \text{ psia} + 8,337 \text{ psia})$$

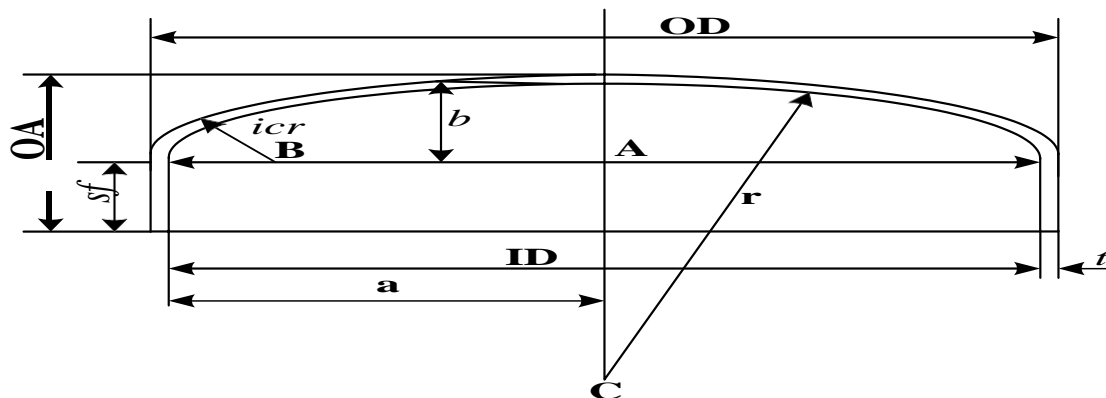
$$= 27,6396 \text{ psia}$$

$$ts = (27,6396 \text{ psia} \times 97,11865 \text{ in} / 12.650 \text{ psia} - 0,6 \times 27,6396 \text{ psia}) + 0,125 \text{ in}$$

$$= 0,278152335$$

$$\text{tebal shell dipilih} = 1/4 \text{ in}$$

6. Menghitung Tebal Head (th)



keterangan :

ID	=	Diameter dalam head
OD	=	Diameter luar head
th	=	Tebal head
r	=	Jari-jari dish
icr	=	Jari-jari dalam sudut dish
b	=	Tinggi head
sf	=	Straight flange
OA	=	Tinggi head bagian luar

$$\begin{aligned} OD &= ID + 2 \text{ tebal dinding} \\ &= 120,4331 \text{ in} + (2 \times 1/4) \end{aligned}$$

= 119,4764422 in

dari tabel 5.7 hal 91;Brownell, 1979 untuk OD = 120,9331in dan ts =1/4 in diperoleh harga :

r = 120 in
 icr = 7 5/8 in
 = 7,625 in

Faktor (W) untuk tipe torispherical, dihitung dengan rumus:

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

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{120}{7,625}} \right)$$

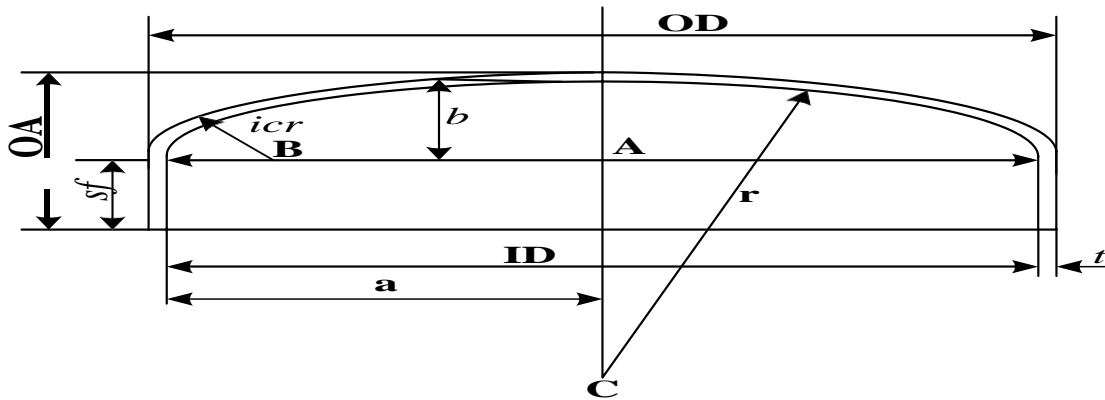
W = 1,741769407

maka:

$$ts = \frac{P \times r \times W}{2f \cdot E - QP} + c$$

th = $\frac{14,976 \text{ psia} \times 120 \times 1,741769407}{(2 \times 12.650 \text{ psia} \times 0,85) - (0,2 \times 14,976 \text{ psia})} + 0,25$
 = 0,392853525 in
 = (1/4)

7. Menghitung tinggi vessel



a = ID/2 = 118,976441in/2
 = 59,4882211 in

BC = r-icr
 = 120 in-7 5/8 in
 = 112,375 in

AB = a-icr
 = (59,4882211- 7 5/8) in
 = 51,8632211 in

$$\begin{aligned}
 b &= r - \sqrt{BC^2 - AB^2} \\
 &= 120 - \sqrt{112,375^2 - 51,8632211^2} \\
 &= 20,3087 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari (tabel 5.8, halaman 93, Brownell, 1979) dengan $t_h = 1/4$ in, didapat :

$$\begin{aligned}
 sf &= \left(1\frac{1}{2} - 2\frac{1}{2}\right) \text{ in} \\
 \text{maka dipilih sf} &= 2 \text{ in} \\
 Th &= t_h + b + sf \\
 &= 1/4 \text{ in} + 21,5417 \text{ in} + 2 \text{ in} \\
 &= 22,5587 \text{ in} \qquad 0,572992 \text{ m} \\
 \text{jadi tinggi vessel} &= \text{tinggi silinder} + 2 \times \text{tinggi head} \\
 &= 123,58471 \text{ in} + (2 \times 23,797 \text{ in}) \\
 &= 164,0939262 \text{ in} \qquad 4,1679857 \text{ m} \qquad 13,67449 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

8. Merancang pengaduk

Pengadukan dimaksudkan agar reaktan tercampur sempurna dan suhu dalam reaktor dapat homogen, sehingga kontak masing-masing bahan dapat lebih baik, dan reaksi berjalan dengan baik.

Dari data viscositas cairan dalam reaktor, dipilih jenis pengaduk turbin dengan flat blade.

Untuk pengaduk jenis turbin dengan 6 blade dengan 4 baffle (6 blade plate turbine impeller with 4 baffle)

• Menghitung diameter pengaduk

$$\begin{aligned}
 Dt/Di &= 3 \\
 Zi/Di &= 0,75-1,3 \\
 Zl/Dt &= 2,7-3,9 \\
 W/Dt &= 0,1 \\
 L/Di &= 0,25
 \end{aligned}$$

Keterangan:

Di	=	Diameter pengaduk
Dt	=	Diameter dalam reaktor
Zi	=	Jarak pengaduk ke dasar reaktor
Z _l	=	Tinggi cairan dalam silinder reaktor
L	=	Panjang blade
W	=	Lebar baffle
T	=	Tinggi blade

Dari perhitungan diperoleh :

$$\begin{aligned}
 Dt &= 9,9152 \text{ ft} = 3,0221 \text{ m} = 118,9822 \text{ in} \\
 Di &= 1/3 \times Dt \\
 &= 1/3 \times 10,0361 \text{ ft} = \\
 &= 3,3051 \text{ ft} = 1,0074 \text{ m} = 39,6607 \text{ in} \\
 Zi &= 1,3 \times Di \\
 &= 1,3 \times 2,5080 \text{ ft} =
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= 4,2966 \text{ ft} = 1,3096 \text{ m} = 51,5589 \text{ in} \\
 &= 14,1787 \text{ ft} = 4,3217 \text{ m} = 170,1445 \text{ in} \\
 W &= 0,1 \times D_i \\
 &= 0,1 \times 3,3454 \text{ ft} = \\
 &= 0,9915 \text{ ft} = 0,3022 \text{ m} = 11,8982 \text{ in} \\
 L &= 0,25 \times D_i \\
 &= 0,25 \times 3,3454 \text{ ft} = \\
 &= 0,8263 \text{ ft} = 0,2518 \text{ m} = 9,9152 \text{ in} \\
 T &= 0,2 \times D_i \\
 &= 0,2 \times 2,5080 \text{ ft} = \\
 &= 0,6610 \text{ ft} = 0,2015 \text{ m} = 7,9321 \text{ in}
 \end{aligned}$$

● **Menghitung Kecepatan pengaduk**

(Rase 8.8, halaman 345, 1977)

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

Keterangan :

WELH = Water equivalent Liquid Height (ft)
 Di = Diameter pengaduk (ft)
 N = Kecepatan putaran pengaduk

$$\begin{aligned}
 WELH &= Zl \left(\frac{\rho \text{ cairan}}{\rho \text{ air}} \right) \\
 &= 11,4680 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{600}{WELH} \sqrt{\frac{2 \cdot D_i}{\pi}} \\
 &= 76,1520 \text{ rpm} \\
 &= 4569,1227 \text{ rphr} \\
 &= 1,2692 \text{ rps}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Number of turbine} &= \frac{WELH}{D} \\
 &= \frac{11,4680 \text{ ft}}{9,9152 \text{ ft}} \\
 &= 1,1566
 \end{aligned}$$

● **Menentukan Daya pengadukan**

Bilangan Reynold,

$$Nre = \frac{N \cdot \rho \cdot D^2}{\mu}$$

Dimana :

Nre = Bilangan Reynold
 D = Diameter pengaduk (ft)
 N = Kecepatan putaran = 1,2692 rps
 ρ = Density campuran = 50,2818 lb/ft³
 μ = Viskositas campuran = 6,16E-03 lb/ft.det
 Nre = 113.221,92

Dari fig. 8.8 rase, diperoleh harga N_p sebesar : 5

Besarnya daya yang dibutuhkan untuk pengadukan :

$$P = 3,52 \times 10^{-3} N_p x \left[\frac{\rho}{62,43} \right] x \left[\frac{N}{60} \right]^3 x \frac{Di^5}{12}$$

Dimana :

P = Daya pengadukan (Hp)
 N = Kecepatan pengadukan (rpm)
 ρ = Densitas slurry (lb/ft³)
 Di = Diameter pengaduk (in)

P = 4,8003 Hp
 = 3,581014255 kW

Untuk perancangan motor pengaduk ditambah 10% dan 0,5 Hp :

Sehingga P = 5,7803 Hp
 = 4,3121 kW

Dipilih power motor pengaduk 6 Hp

9. Menghitung jaket Pemanas

fungsi = sebagai pemanas untuk menjaga suhu reaktor agar tetap stabil
 Jenis = Jaket steam
 media = Steam

• Menghitung Panas Reaksi

	TG	+	3 CH3OH	→	FAME	+	Gliserol
Mula-mula	4,8793		48,79327				
Reaksi	4,5602		13,68066		13,680657		4,560219
Sisa	0,3191		35,11261		13,680657		4,560219

komponen	$\Delta H^{\circ}F$ kJ/mol	BM kg/kmol	mol
Trigliserida	-2048,63	845,846	0,32
FFA	-691,597	269,282	0,59
CH3OH	-201,17	32,000	35,52
NaOH	-425,6	40,000	10,44
H2O	-241,8	18,000	43,56
Metil ester	-658,801	283,282	22,25
Gliserol	-566,319	92,000	4,61

Panas Reaksi :

Tin	=	60 oC	333,15 oK
T ref	=	25 oC	298,15 oK
T Reaksi	=	60 oC	333,15 oK

Neraca Energi Q reaktan

Komponen	BM	Massa Kg/jam	Mol Kmol/jam	Cp Kj/Kmol.K	Q Kmol.CP
Trigliserida	845,85	4127,16	4,879327	81177,66167	396092,4
FFA	269,28	156,70	0,581909	24268,65452	14122,15
H2O	18	154,97	8,609455	2635,739134	22692,28
Metil Ester	283,28	2355,71	8,315783	22919,61003	190594,5
CH3OH	32	1561,384633	48,79327	1412,949953	68942,45

NaOH	98	412,7159208	4,211387	3046,118588	12828,38
H2O	18	24,19433585	1,34413	2635,739134	3542,775
TOTAL		8792,83	76,73526		708814,9

Neraca Energi QProduk

Komponen	BM	Massa Kg/jam	Mol Kmol/jam	Cp Kj/Kmol.K	Q Kmol.CP
Trigliserida	845,85	269,92	0,319108	81177,66	25904,44
FFA	269,28	156,70	0,581909	24268,65	14122,15
CH3OH	32	1123,60	35,11261	1412,95	49612,36
NaOH	98	412,72	4,211387	3046,12	12828,38
H2O	18	179,16	9,953585	2635,74	26235,05
Metil ester	283,28	6231,20	21,99644	22919,61	504149,8
Gliserol	92,00	419,54	4,560219	13147,36	59954,83
TOTAL		8792,83	72,17504		692807,1

Konversi 93,46% 0,9346

1 kkal = 4,2 kj 1 cal= 4,2 joule

$$\Delta H_f^\circ = \sum \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ Reaktan}$$

$$= \{(n \times \Delta H_f^\circ \text{ FAME}) + (n \times \Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O})\} - \{(n \times \Delta H_f^\circ \text{ FFA}) + (n \times \Delta H_f^\circ \text{ CH}_3\text{OH})\}$$

$$= \{(13,861 \times -658,801) + (4,620 \times -566,319)\}$$

$$- \{(4,620 \times -2048,63) + (13,861 \times -201,17)\} \text{ Kj/mol}$$

$$= 8216,308551 \text{ KJ/jam} \quad \text{Kj/mol}$$

maka:

$$\Delta H_{R^\circ} = \Delta H_{R^\circ} + Q \text{ produk} - Q \text{ Reaktan}$$

$$= (8312,04639 + (789163,1 - 805357,5))$$

$$= -7791,534 \text{ KJ/jam}$$

$$QR = (-\Delta H_{R^\circ})$$

$$= 7791,534$$

Dibutuhkan pendingin karena bersifat Eksotermis

$$\Delta Q(\text{pendingin}) = Q \text{ out} - (Q_{\text{reaktan}} + QR)$$

$$= -23799,377 \text{ KJ/Jam}$$

Suhu setelah reaksi :

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad \text{Sehingga :}$$

$$\Delta T = \frac{692807,1}{8792,8337 \times 20171}$$

$$= 0,0039 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 60 + 0,0039 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$= 60,0039 \text{ }^\circ\text{C}$$

Beban pendingin Reaktor:

Diketahui:

$$D = 3,022 \text{ m} \quad 118,97644 \text{ in} \quad 9,915182 \text{ ft}$$

$$C_p = 1 \text{ Btu/lb.F}$$

$$\mu = (0,125 \text{ cp} \times 2,42 \text{ lb/ft.h}) / 1 \text{ cp}$$

$$= 0,3025 \text{ lb/ft.h}$$

$$\begin{aligned}
 k &= 0,653143436 \text{ m}^3/\text{kmol.jam} \\
 N_{re} &= 113.221,92 \\
 Q &= -23799,377 \text{ KJ/Jam}
 \end{aligned}$$

Menghitung dimensi pendingin reaktor

a. Menghitung ΔT LMTD

$$\begin{aligned}
 \text{Suhu fluida di reaktor} &= 60,0039 \text{ }^\circ\text{C} = 140,007 \text{ }^\circ\text{F} \\
 \text{Suhu fluida pendingin masuk} &= 30,0000 \text{ }^\circ\text{C} = 86,0000 \text{ }^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta T \text{ LMTD} &= 140,0070 - 86,0000 \text{ }^\circ\text{F} \\
 &= 54,0070 \text{ }^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

Untuk fluida brine dan air UD : 100-200 Btu/ft².°F.jam

(Tabel 8. Kern, 1969 : 840) diambil harga UD = 100 Btu/ft².°F.jam

● Menghitung Luas Transfer panas

$$\begin{aligned}
 Q \text{ air pendingin} &= 23799,377 \text{ KJ/jam} \\
 &= 22558,65101 \text{ Btu/jam}
 \end{aligned}$$

$$A = \frac{Q}{Ud \cdot \Delta T_{LMTD}}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{22558,6510 \text{ Btu/jam}}{100 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{F.jam} \times 54,0070 \text{ }^\circ\text{F}} \\
 &= 4,1770 \text{ ft}^2 \\
 &= 0,3880 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= \text{OD-2ts} \\
 D &= 118,9201 \text{ in} \\
 &= 3,032053 \text{ m} \quad 303,205266 \text{ cm} \\
 L &= 3,032053 \text{ m}
 \end{aligned}$$

● Menghitung Luas selubung reaktor

$$\begin{aligned}
 \text{luas selubung reaktor} &= \pi \times D \times L \\
 &= 3,14 \times 3,149245 \text{ m} \times 3,149245 \text{ m} \\
 &= 28,8671 \text{ m}^2 \\
 &= 94,70833 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Luas transfer panas reaktor < dibandingkan dengan selubung reaktor sehingga digunakan jaket pendingin. Jenis pendingin yang digunakan adalah air.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah air} &= 377,07 \text{ kg/jam} \\
 \rho \text{ air pada } 30^\circ\text{C} &= 0,99568 \text{ g/cm}^3 \\
 &= 995,68 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{engineeringtoolbox.com})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V \text{ air} &= \frac{\text{massa}}{\rho} \quad (\text{kg/jam}) / (\text{kg/m}^3) \\
 &= \frac{377,07 \text{ (kg/jam)}}{995,68 \text{ (kg/m}^3)} \\
 &= 0,3787 \text{ (m}^3/\text{jam)} \\
 \text{Diameter dalam jaket (D1)} &= \text{diameter dalam} + (2 \times \text{tebal dinding}) \\
 &= 118,9764 \text{ in} + (2 \times 0,2782 \text{ in}) \\
 &= 119,5327 \text{ in} \\
 &= 3,0361 \text{ m} \\
 \text{Tinggi jaket} = \text{Tinggi tangki} &= 118,9764 \text{ in} \\
 &= 3,0220 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Asumsi jarak jaket 5 in

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter luar jaket (D2)} &= \text{D1} + (2 \times \text{Jarak Jaket}) \\
 &= 119,5327 \text{ in} + (2 \times 5 \text{ in}) \\
 &= 129,5327 \text{ in} \\
 &= 3,2901 \text{ m} \\
 \\
 \text{Luas yang dilalui pendingin (A)} &= \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) \\
 &= \frac{3,14}{4} (204,9872^2 - 194,9872^2) \\
 &= 1955,1641 \text{ in}^2 \\
 &= 1,2614 \text{ m}^2 \\
 \\
 \text{kec. superficial pendingin (V)} &= \frac{V \text{ pendingin}}{A} \\
 &= \frac{0,3787 \text{ (kg/m}^3\text{)}}{1,2614 \text{ m}^2} \\
 &= 0,3002295 \text{ m/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h \text{ jaket} &= 118,9764 \text{ in} = 3,0220 \text{ m} \\
 Ph &= \rho \cdot g \cdot h \\
 &= 995,68 \times 9,8 \times 3,0220 \\
 &= 29487,6765 \text{ kg/m.s}^2 \\
 &= 4073,1749 \text{ psia} = 0,207 \text{ atm} \\
 P \text{ operasi} &= 1 \text{ atm} \\
 \text{Faktor kelonggaran :} &= 10\% \\
 P \text{ design} &= 1,1 \times (P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik}) \\
 &= 1,3277 \text{ atm}
 \end{aligned}$$

Menghitung tebal jaket :

Dari persamaan. 13.1 hal 254; Brownell, 1979 :

$$t \text{ min} = \frac{P r_i}{f E - 0,6 P} + C$$

Keterangan :

$$\begin{aligned}
 t \text{ min} &= \text{tebal shell minimum; in} \\
 P &= \text{tekanan jaket ; psi} \\
 r_i &= \text{jari-jari jaket ; in (} \frac{1}{2} D \text{)} \\
 C &= \text{faktor korosi ; in (digunakan 0,125 in)} \\
 E &= \text{faktor pengelasan, digunakan double welded, E = 0,8} \\
 f &= \text{stress allowable}
 \end{aligned}$$

Bahan yang digunakan adalah carbon Stell SA-283 Grade C didapat :

$$\begin{aligned}
 \text{Allowable stress (f)} &= 12.650 \\
 r_i = (D/2) &= \frac{119,5327}{2} \text{ in} \\
 &= 59,7664 \text{ in} \\
 &= 4,9805 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Sehingga :	t min	=	31,8389	in
	Dirancang 3/16	=	0,1875	in
		=	0,0048	m

Schedule time		=	waktu pengisian/pengosongan
waktu tinggal		=	0,5 jam

RESUME				
Nama Alat	=	REAKTOR		
		R-430		
Fungsi	=	Mereaksikan FFA dan CH ₃ OH dengan Bantuan katalis H ₂ SO ₄ (esterifikasi)		
Type	=	Silinder vertikal terdiri dari dinding, tutup atas dan tutup bawah yang berbentuk torispherical		
Bahan	=	carbon Stell SA-283 Grade C		
Dimensi reaktor		Ukuran		
Diameter (D)	=	3,0220	m	
Tinggi (H)	=	3,0220	m	
Tebal <i>shell</i> (ts)	=	3/16 in	0,00998	m
Dimensi Head				
Bentuk	=	silinder vertikal bentuk tutup atas dan tutup bawah yang berbentuk torispherical		
Tebal <i>head</i> (th)	=	1/4 in	0,0064	m
Tinggi <i>head</i>	=	0,5730	m	
Pengaduk reaktor				
Tipe	=	turbin dengan 6 <i>blade</i> dengan 4 <i>baffle</i> (6 blade plate turbine impeller with 4 baffle)		
Jumlah	=	1	buah	
Panjang <i>blade</i>	=	0,2518	m	
Lebar <i>baffle</i>	=	0,3022	m	
Tinggi <i>blade</i>	=	0,2015	m	
Diameter pengaduk	=	1,0074	m	
Kecepatan	=	76,1520	rpm	
Power	=	6,0	Hp	
Dimensi jaket pemanas				
Diameter dalam	=	3,0361	m	
Diamater luar	=	3,2901	m	
Tinggi jaket	=	3,0361	m	
Tebal jaket	=	1/4 in	0,25400	m

Decanter

Kode	=	H-111
Jenis	=	Decanter centrifugal dengan Koil Pendingin
Fungsi	=	Mereaksikan impuritas dan mengurangi jumlah Air (H ₂ O) yang terkandung dalam POME agar proses reaksi yang terjadi baik.
Bentuk	=	Silinder horizontal
Bahan	=	Stainless Steel AISI (316) (18Cr, 12Ni, 2.5Mo)
Kondisi operasi		
~ Tekanan	=	1 atm
~ Temperatur	=	60 oC 333,15 oK
	1 m ³ =	35,3147 cuft
	1 kg/m ³ =	0,06243 lb/cuft (Perry)

1. Menghitung Densitas Cairan

● Menghitung Densitas Campuran Lapisan atas

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	4127,159208	682,58	0,5123881	6,046411	0,584108	682,58
FFA	2395,988436	866,38	0,2974627	2,765517	0,26716	866,38
H ₂ O	1531,605252	994,81	0,1901493	1,539596	0,148731	994,81
Total	8054,752897			10,35152	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p . x	μ (cP)	μ . x	V (L)
Trigliserida	4127,159208	682,58	398,70065	24,20	14,13542	2817116
FFA	2395,988436	866,38	231,4624	24,20	6,465281	2075836
H ₂ O	1531,605252	994,81	147,9594	0,51	0,075556	1523656
Total	8054,752897		778,12245		20,67626	6416609

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	778,1225	kg/m ³	=	48,5782	lb/cuft
Fv campuran	=	8246,271	m ³ /jam	=	291214,6	cuft/jam
μ campuran	=	20,676	Cp	=	0,01389	lb/ft.s

● Menghitung Densitas Campuran Lapisan Bawah

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	8,415413475	682,58	0,0005263	0,012329	0,000776	682,58
FFA	8,415413475	866,38	0,0005263	0,009713	0,000612	866,38
H ₂ O	15299,2217	994,81	0,9568421	15,37904	0,968334	994,81
Impuritas	673,233078	1400	0,0421053	0,480881	0,030278	1400
Total	15989,2856		1	15,88196	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p . x	μ (cP)	μ . x	V (L)
Trigliserida	8,415413475	845,846	0,5298724	24,20	0,018786	5744,193
FFA	8,415413475	269,282	0,5298724	24,20	0,014801	7290,946
H ₂ O	15299,2217	18,000	963,30805	0,51	0,491914	15219819
Impuritas	673,233078	60,090	42,389793			942526,3
Total	15989,2856		1006,7576		0,5255	16175380

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	1006,7576	kg/m ³	=	62,8519	lb/cuft
Fv campuran	=	16066,807	m ³ /jam	=	567394,5	cuft/jam
μ campuran	=	0,526	Cp	=	0,00035	lb/ft.s

• Menghitung Viskositas Umpan

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	4135,574622	845,846	0,172	4,889276	0,005093	682,58
FFA	2404,40385	269,282	0,1	8,928944	0,0093	866,38
H ₂ O	16830,82695	18,000	0,7	935,0459	0,973937	994,81
Impuritas	673,233078	60,090	0,028	11,20375	0,01167	1400
Total	24044,0385		1	960,0679	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	$\mu \cdot x$	V (L)
Trigliserida	4135,574622	845,846	3,4761313	24,20	0,123242	2822861
FFA	2404,40385	269,282	8,0576158	24,20	0,225068	2083127
H ₂ O	16830,82695	18,000	968,88256	0,51	0,49476	16743475
Impuritas	673,233078	60,090	16,33764			942526,3
Total	24044,0385		996,75395		0,84307	22591989

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	996,7539	kg/m ³	=	62,2273	lb/cuft
Fv campuran	=	22665,563	m ³ /jam	=	800427,5	cuft/jam
μ campuran	=	0,843	Cp	=	0,00057	lb/ft.s

2. Menghitung Fase Terdispersi

• Fase ringan

m ₁	=	8054,7529	Kg/jam
	=	2,2374314	Kg/s
ρ_1	=	996,75395	Kg/m ³
ρ_1	=	996,75395	Kg/m ³
	=	62,227349	lb/cuft
Q ₁	=	m/ ρ	
	=	8,0809842	m ³ /jam
	=	0,0022447	m ³ /s
	=	0,0792715	ft ³ /s
μ_1	=	20,676	Cp
	=	0,01389	lb/ft.s
	=	0,0206762	kg/m.s

• Fase berat

m ₂	=	15989,286	Kg/jam
	=	4,4414682	Kg/s
ρ_2	=	1006,7576	Kg/m ³
	=	1006,7576	Kg/m ³
	=	62,851876	lb/cuft

$$\begin{aligned}
 Q2 &= m/\rho \\
 &= 15,881962 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 0,0044117 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 0,1557963 \text{ ft}^3/\text{s} \\
 \mu_2 &= 0,526 \text{ Cp} \\
 &= 0,00035 \text{ lb}/\text{ft}\cdot\text{s} \\
 &= 0,0005255 \text{ kg}/\text{m}\cdot\text{s}
 \end{aligned}$$

3. Menentukan Dimensi Dekanter

• Menghitung waktu tinggal dalam decanter

Dari Coulson, J. M. Hal. 444 waktu tinggal cairan yang baik dalam decanter berkisar 2-5 menit maka dirancang t

$$\begin{aligned}
 &= 5 \text{ menit} \\
 &= 0,0833333 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

• Menghitung Volume Decanter

$$\begin{aligned}
 V_D &= \frac{M_{feed} \cdot t}{\rho_{feed}} \\
 \text{maka, VD} &= \frac{24324,2037 \times 0,0833}{996,739} \\
 &= 2,0101951 \text{ m}^3 \\
 &= 70,99004 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{over desing} &= 20\% \\
 \text{Volume Decanter} &= 1,2 \times 71,8172 \\
 &= 85,188047 \text{ ft}^3 \\
 &= 2,412234 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

• Menghitung Diameter dan panjang decanter

Direncanakan decanter horizontal dengan L/D = 3 tetap berbentuk torispherical.

Diketahui:

$$V_t = 0,000049 \text{ Di}^3$$

Keterangan:

$$V_t = \text{volume torispherical head (ft}^3) \quad (\text{Pers. 5-11, hal 88 Brownell})$$

$$D_i = \text{diameter volume tangki (in)}$$

maka;

$$\text{Volume decanter} = \text{Volume silinder} + \text{volume tutup}$$

$$\text{Volume decanter} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_i^2 \cdot L + [(2) \cdot (0,000049) \cdot D_i^3]$$

$$85,18804673 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_i^2 \cdot 3D + [(0,000098) \cdot D_i^3]$$

$$85,18804673 = D_i^3 \left\{ \frac{3}{4} \pi + 0,000098 \right\}$$

$$85,18804673 = D_i^3 \left\{ \frac{3}{4} 3,14 + 0,000098 \right\}$$

$$85,18804673 = D_i^3 \left\{ \frac{3}{4} 3,14 + 0,000098 \right\}$$

$$\begin{aligned}
 85,18804673 &= 2,355098 \times D^3 \\
 D^3 &= 36,171763 \\
 D &= 3,31996 \text{ ft} \qquad 39,83952 \text{ in} \qquad 1,011874 \text{ m} \\
 L &= 3 D_i \\
 &= 9,95988 \text{ ft} \qquad 119,51856 \text{ in} \qquad 3,035623 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4. Menghitung Volume Fase ringan dan Fase berat

● Menghitung Volume Fase Ringan

$$\begin{aligned}
 \text{Volume cairan (V1)} &= \frac{m_1 \cdot t}{\rho_1} \\
 V1 &= \frac{9851,303 \times 0,083333}{996,7539487} \\
 V1 &= 0,6734153 \text{ m}^3 \\
 V1 &= \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 1}}} \\
 0,673415349 &= \frac{3,14 \cdot 1,01187^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 1}}} \\
 H_{\text{cairan 1}} &= \frac{0,6734153}{0,8037465} \\
 &= 0,8378454 \text{ m}
 \end{aligned}$$

● Menghitung Volume Fase Berat

$$\begin{aligned}
 \text{Volume cairan (V2)} &= \frac{m_2 \cdot t}{\rho_2} \\
 V2 &= \frac{14472,9 \times 0,083333}{1006,7576} \\
 V2 &= 1,3234968 \text{ m}^3 \\
 V2 &= \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 2}} + (0,000049 \times D_i^3)} \\
 1,323496818 &= \frac{3,14 \cdot 1,01187^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 2}} + (0,000049 \times 1,011872^3)} \\
 H_{\text{cairan 2}} &= \frac{1,3234968}{0,8037363} \\
 &= 1,6466804 \text{ m}
 \end{aligned}$$

5. Menghitung ketebalan shell (ts)

$$ts = \frac{P \times r}{f \cdot E - 0,6P} + c \qquad \text{(Brownell, 1959. p. 254.,eq 13.1)}$$

Keterangan

ts	=	Tebal dinding Shell (in)
P	=	Tekanan desing (psia)
r	=	Jari-jari dekanter (in)
f	=	Maksimum allowable stress (Psia)
E	=	Efisiensi Pengelasan
c	=	faktor korosi

Mencari tekanan hidrostatik:

$$\begin{aligned} \text{volume cairan} &= h_{\text{cairan}} \times \frac{\pi D^2}{4} \\ 2,010195071 &= h_{\text{cairan}} \times 0,803754 \\ h_{\text{cairan}} &= \frac{2,0101951}{0,8037535} \\ &= 2,5010093 \text{ m} \\ \\ P_{\text{hidrostatik}} &= \rho \cdot g \cdot h_{\text{cairan}} \\ &= 808,5629 \times 9,8 \times 2,530151 \\ &= 19071,697 \text{ N/m}^2 \\ &= 2,7660184 \text{ psi} \\ \\ \text{Diketahui bahwa:} \\ P &= P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}} \\ &= 14,7 + 2,907717 \quad \text{psi} \\ &= 17,466018 \text{ psi} \\ r &= D_i/2 \\ &= 19,91976 \text{ in} \quad 0,5059629 \text{ m} \quad 1,740512 \text{ ft} \\ f &= 13750 \text{ psi} \\ E &= 0,85 \\ c &= 0,125 \\ t_s &= 0,1547952 \text{ in} \\ \text{jadi, tebal shell minimum yang dibutuhkan adalah} &= 0,154795 \text{ in} \\ \text{maka digunakan ketebalan standar untuk shell adalah} &= (3/16) \text{ in} \\ &= 0,1875 \text{ in} \end{aligned}$$

6. Menentukan tebal head (th)

Direncanakan berbentuk torispherical

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{OD shell} + 2t_s \\ \text{OD} &= 39,83952 + (2 \cdot 0,1875) \\ &= 40,21452 \text{ in} \\ \\ \text{OD standart} &= 42 \text{ in} \\ \text{ID} &= \text{OD} - 2t_s \\ &= 42 - (2 \cdot 0,1875) \\ &= 41,625 \text{ in} \quad 1,0572771 \text{ m} \quad 3,637033 \text{ ft} \\ \\ H &= 2 \times \text{ID} \\ &= 2 \times 41,625 \\ &= 83,25 \text{ in} \quad 2,1145542 \text{ m} \quad 7,274067 \text{ ft} \end{aligned}$$

dari tabel 5.7 hal 91; Brownell, 1979 untuk OD = 42 in dan $t_s = 1/4$ in diperoleh harga :

$$\begin{aligned} \text{OD} &= 42 \text{ in} \quad 1,0668021 \text{ m} \quad 3,669799 \text{ ft} \\ t_s &= 0,1875 \text{ in} \quad 0,0047625 \text{ m} \quad 0,016383 \text{ ft} \\ \text{icr} &= 2 \frac{5}{8} \text{ in} \\ &= 2,63 \text{ in} \\ r &= 42 \text{ in} \end{aligned}$$

(Persamaan 7.77 Brownell and Young, 1959 hal :138)

Faktor (W) untuk tipe torispherical, dihitung dengan rumus:

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

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{42}{2,63}} \right)$$

$$W = 1,75$$

maka:

$$th = \frac{P \times r \times W}{2f \cdot E - 0,2P} + c$$

$$th = \frac{17,60772 \text{ psia} \times 42 \times 1,75}{(2 \times 13750 \text{ psia} \times 0,85) - (0,2 \times 17,60772 \text{ psia})} + 0,125$$

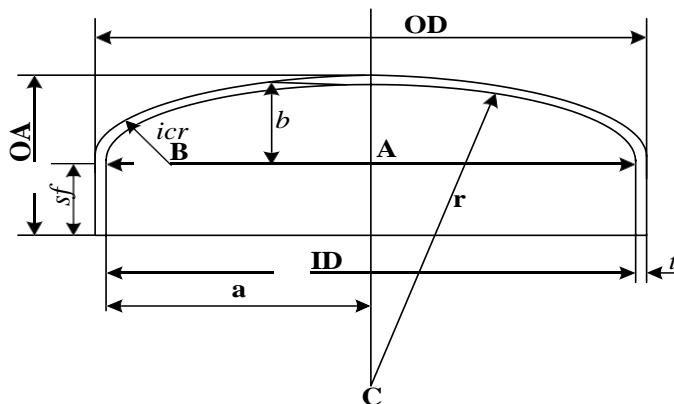
$$= 0,1799281 \text{ in}$$

$$= (3/16)$$

$$= 0,1875 \text{ in}$$

7. Menghitung tinggi Head

dari tabel 5.4 Brownell diketahui nilai sf dengan th 3/16 " adalah 1 1/2 - 2" maka dipilih nilai sf = 2



$$ID = OD - 2t$$

$$= 42 - (2 \times 0,1875)$$

$$= 41,625 \text{ in} \quad 1,0572771 \text{ m} \quad 3,637033 \text{ ft}$$

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

$$= \frac{41,625}{2}$$

$$= 20,8125 \text{ in} \quad 0,5286386 \text{ m} \quad 1,818517 \text{ ft}$$

$$AB = a - icr$$

$$= 20,8125 - 2,63$$

$$= 18,19 \text{ in} \quad 0,4619634 \text{ m} \quad 1,589154 \text{ ft}$$

$$BC = r - icr$$

$$= 42 - 2,63$$

$$\begin{aligned}
 &= 39,38 \text{ in} && 1,000127 \text{ m} && 3,440437 \text{ ft} \\
 AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\
 &= \sqrt{39,38^2 - 18,19^2} \\
 &= 34,927186 \text{ in} && 0,8871523 \text{ m} && 3,051804 \text{ ft} \\
 b &= r-AC \\
 b &= 42-39,92719 \\
 &= 7,0728144 \text{ in} && 0,1796498 \text{ m} && 0,617995 \text{ ft} \\
 h \text{ head} &= th + b + sf \\
 &= 0,1875+7,072814 + 2 \\
 &= 9,2603144 \text{ in} && 0,2352125 \text{ m} && 0,809131 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

7. Menentukan panjang dekanter total

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Dekanter} &= \text{Panjang Shell} + 2 (\text{Panjang Head}) \\
 &= 39,83952 + (2 \times 9,260314) \\
 &= 138,03919 \text{ in} && 3,5062024 \text{ m} && 12,06134 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Jadi panjang dekanter yang direncanakan adalah 3,5062024 meter

8. merancang pipa

A. Menentukan ukuran pipa masuknya umpan (A pipa)

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
Trigliserida	4135,574622	0,68258	6058,7398
FFA	2404,40385	0,86638	2775,2301
H ₂ O	16830,82695	0,99481	16918,635
Impuritas	673,233078	1400	0,4808808
Total	24044,0385		25753,085

$$\begin{aligned}
 Q \text{ umpan} &= 25753,085 \text{ L/jam} && 25,753085 \text{ m}^3/\text{jam} && 0,007154 \text{ m}^3/\text{s} \\
 A \text{ pipa} &= \frac{Q_{\text{umpan}}}{\text{kecepatan linier umpan}}
 \end{aligned}$$

Menurut Schweitzer, kecepatan linier umpan disyaratkan 0,6096 – 1 m/detik.

Diambil kecepatan linier umpan 1 m/detik.

$$\begin{aligned}
 A \text{ pipa} &= \frac{25,753085 \text{ m}^3/\text{jam}}{1 \text{ m/s}} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ s}} \\
 &= 0,0071536 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

• Menghitung diameter dalam pipa (ID)

$$\begin{aligned}
 ID &= \left(\frac{4 \cdot A_{\text{pipa}}}{\pi} \right)^{0,5} \\
 &= \left(\frac{4 \cdot 0,007237}{3,14} \right)^{0,5} \\
 &= 0,0954616 \text{ m} && 3,7583294 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan ID yang telah dihitung, maka dapat disesuaikan dengan ukuran pipa standar dengan melihat tabel 11 kern, :844,1965 yaitu:

● **Tinggi pipa pada umpan masuk**

$$\begin{aligned} \text{tinggi pipa umpan} &= 0,5 \times \text{diameter decanter} \\ &= 0,5 \times 1,01187 \quad \text{m} \\ &= 0,5059372 \text{ m} \quad 19,918748 \text{ in} \quad 1,740424 \text{ ft} \end{aligned}$$

844

PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
4	4.50	40*	4.026	12.7	1.178	1.055	10.8
		80†	3.826	11.5		1.002	15.0

$$\begin{aligned} \text{Nominal Pipe size, IPS} &= 4 \text{ in} \\ \text{Schedule Number, Sch} &= 40 \text{ in} \\ \text{Outside Diameter, OD} &= 4,5 \text{ in} \\ \text{inside diameter, ID} &= 4,026 \text{ in} \\ \text{Flow area per pipe} &= 4,026 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

B. Menentukan ukuran pipa keluaran fase berat

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
Trigliserida	8,415413475	0,68258	12,328831
FFA	8,415413475	0,86638	9,7133053
H ₂ O	15299,2217	0,99481	15379,039
Impuritas	673,233078	1400	0,4808808
Total	15989,2856		15401,562

$$Q \text{ fase berat} = 15401,562 \text{ L/jam} \quad 15,401562 \text{ m}^3/\text{jam} \quad 0,004278 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ukuran pipa pengeluaran fase berat dihitung dengan persamaan:

$$D_i = 3,0 \times (Q_v)^{0,36} \times (\mu_v)^{0,18}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} D_i &= \text{Diameter dalam pipa (in)} \\ Q_v &= \text{Kecepatan Volume fase berat (ft/s)} \\ \mu_v &= \text{Viskositas fase berat (CP)} \end{aligned}$$

maka dapat dihitung : (Peter, M.,S.,1980)

$$Q_v = 0,0042782 \text{ m}^3/\text{s} \quad 0,1510838 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\mu_v = 0,526 \text{ Cp}$$

$$D_i = 3,0 \times (0,13 \text{ 0543})^{0,36} \times (0,528)^{0,18}$$

$$= 1,3531401 \text{ in} \quad 0,0343698 \text{ m} \quad 0,118232 \text{ ft}$$

● **Tinggi pipa pada fase berat**

$$\begin{aligned} \text{Posisi pipa keluar fase berat} &= 0,7 \times \text{panjang decanter} \\ &= 2,4543417 \text{ m} \quad 96,62743 \end{aligned}$$

844

PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
1	1.32	40*	1.049	0.864	0.344	0.274	1.68
		80†	0.957	0.718		0.250	2.17

Nominal Pipe size, IPS = 1 in
 Schedule Number , Sch = 40 in
 Outside Diameter,OD = 1,32 in
 inside diameter, ID = 1,049 in
 Flow area per pipe = 0,864 in²

C. Menentukan ukuran pipa keluaran fase ringan

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
Trigliserida	4127,159208	0,68258	6046,411
FFA	2395,988436	0,86638	2765,5168
H2O	1531,605252	0,99481	1539,5958
Total	8054,752897		10351,524

Q fase berat = 10351,524 L/jam 10,351524 m³/jam 0,002875 m³/s

Ukuran pipa pengeluaran fase berat dihitung dengan persamaan:

$$D_i = 3,0 \times (Q_L)^{0,36} \times (\mu_L)^{0,18}$$

Keterangan:

D_i = Diameter dalam pipa (in)
 Q_H = Kecepatan Volume fase berat (ft/s)
 μ_H = Viskositas fase berat (CP)

maka dapat dihitung : (Peter, M.,S.,1980)

Q_H = 0,0028754 m³/s 0,1015447 ft³/s
 μ_H = 20,676 Cp
 D_i = 3,0 x (0,1360543)^{0,36} x (0,528)^{0,18}
 = 2,2714482 in 0,0576949 m 0,19847 ft

● **Tinggi pipa pada fase berat**

Posisi pipa keluar fase berat = 0,9 x panjang decanter
 = 2,4543417 m 96,62743

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
2	2.38	40*	2.067	3.35	0.622	0.542	3.66
		80†	1.939	2.95		0.508	

Nominal Pipe size, IPS = 2 in
 Schedule Number , Sch = 40 in
 Outside Diameter,OD = 2,38 in
 inside diameter, ID = 2,069 in
 Flow area per pipe = 3,35 in²

RESUME	
Nama Alat	= Decanter 1
Kode	= H-111
Fungsi	= Memisahkan impuritas dan air dari POME
Type	= Horizontal Decanter
Bahan	= Stainless Steel AISI (316) (18Cr, 12Ni, 2.5Mo)
Jumlah	= 1 buah
Kriteria	Ukuran
Diameter decanter	= 1,0119 m
panjang decanter	= 3,5062 m
Tebal dinding (ts)	= 0,1875 in
Tebal Head (th)	= 0,1875 in
waktu tinggal	= 5 menit
Volume decanter	= 2,4122 m ³
kecepatan volumetrik fase ringan (QL)	= 0,007154 m ³ /s
kecepatan volumetrik fase berat (QH)	= 0,004278 m ³ /s
Tekanan perancangan	= 17,46602 psi
Perancangan Pipa Umpan:	
Nominal Pipe size, IPS	= 4 in
Schedule Number , Sch	= 40 in
Outside Diameter,OD	= 4,5 in
inside diameter, ID	= 4,026 in
Flow area per pipe	= 4,026 in ²
Perancangan Pipa Fraksi Berat	
Nominal Pipe size, IPS	= 1 in
Schedule Number , Sch	= 40 in
Outside Diameter,OD	= 1,32 in
inside diameter, ID	= 1,049 in
Flow area per pipe	= 0,864 in ²
Perancangan Pipa Fraksi Ringan	
Nominal Pipe size, IPS	= 2 in
Schedule Number , Sch	= 40 in
Outside Diameter,OD	= 2,38 in
inside diameter, ID	= 2,069 in
Flow area per pipe	= 3,35 in ²

Decanter

Kode	=	H-314
Jenis	=	Decanter centrifugal
Fungsi	=	memisahkan komponen air dan minyak sebelum di lakukan pencucian didalam wash tank.
Bentuk	=	Silinder horizontal
Bahan	=	Stainless Steel AISI (316) (18Cr, 12Ni, 2.5Mo)
Kondisi operasi		
~ Tekanan	=	1 atm
~ Temperatur	=	40 oC 313,15 oK
	1 m ³ =	35,3147 cuft
	1 kg/m ³ =	0,06243 lb/cuft (Perry)

I. Menghitung Densitas Cairan

• Menghitung Densitas Campuran Lapisan atas

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	4127,159208	845,85	0,51630259	4,879327	0,069076	682,58
FFA	156,6976437	269,28	0,01960268	0,5819091	0,008238	866,38
CH ₃ OH	576,9007575	32,00	0,07216958	18,028149	0,255222	753,92
H ₂ SO ₄	95,83953746	98,00	0,01198941	0,9779545	0,013845	1789,6
H ₂ O	681,3741029	18,00	0,08523907	37,854117	0,535895	994,81
Metil Ester	2355,711761	283,28	0,29469667	8,3157834	0,117725	845,22
Total	7993,68301			70,637239	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	μ .x	V (L)
Trigliserida	4127,159208	845,85	47,14979	24,20	1,671635	2817116
FFA	156,6976437	269,28	7,13723245	24,20	0,199359	135759,7
CH ₃ OH	576,9007575	32,00	192,416662	0,47	0,119954	434937
H ₂ SO ₄	95,83953746	98,00	24,776553	14,00	0,193826	171514,4
H ₂ O	681,3741029	18,00	533,11333	0,51	0,273306	677837,8
Metil Ester	2355,711761	283,28	99,5036969	14,15	1,666047	1991095
Total	7993,68301		904,097265		4,124129	6228260

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	904,0973	kg/m ³	=	56,4428	lb/cuft
Fv campuran	=	6888,927	m ³ /jam	=	243280,4	cuft/jam
μ campuran	=	4,124	Cp	=	0,00277	lb/ft.s

• Menghitung Densitas Campuran Lapisan Bawah

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
CH ₃ OH	865,3511362	32,00	0,42603547	27,042223	0,317061	753,92
H ₂ SO ₄	143,7593062	98,00	0,07077654	1,4669317	0,017199	1789,6
H ₂ O	1022,061154	18,00	0,50318799	56,781175	0,66574	994,81
Total	2031,171597			1	85,29033	1

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	μ .x	V (L)
CH ₃ OH	865,3511362	32,00	239,038503	0,47	0,149019	652405,5
H ₂ SO ₄	143,7593062	98,00	30,7798195	14,00	0,24079	257271,7
H ₂ O	1022,061154	18,00	662,284704	0,51	0,339527	1016757

Total 2031,171597 932,103027 0,729336 1926434

Menentukan ρ campuran

ρ campuran = 932,1030 kg/m³ = 58,1912 lb/cuft
 Fv campuran = 2066,761 m³/jam = 72987,0 cuft/jam
 μ campuran = 0,729 Cp = 0,00049 lb/ft.s

• Menghitung Viskositas Umpan

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	4127,159208	845,85	0,41169267	4,879327	0,031292	693,16
FFA	156,6976437	269,28	0,01563091	0,5819091	0,003732	878,85
CH ₃ OH	1442,251894	32,00	0,14386761	45,070372	0,289047	773,34
H ₂ SO ₄	239,5988436	98,00	0,02390048	2,4448862	0,01568	1814,45
H ₂ O	1703,435257	18,00	0,16992119	94,635292	0,606918	1013,63
Metil Ester	2355,711761	283,28	0,23498712	8,3157834	0,053331	866,64
Total	10024,85461		1	155,92757	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	$\mu \cdot x$	V (L)
Trigliserida	4127,159208	845,85	21,6905471	24,20	0,757273	2860782
FFA	156,6976437	269,28	3,27979719	24,20	0,090312	137713,7
CH ₃ OH	1442,251894	32,00	223,531486	0,47	0,135852	1115351
H ₂ SO ₄	239,5988436	98,00	28,4498996	14,00	0,219515	434740,1
H ₂ O	1703,435257	18,00	615,190575	0,51	0,309528	1726653
Metil Ester	2355,711761	283,28	46,2188347	14,15	0,754741	2041554
Total	10024,85461		938,361139		2,267222	4548587

Menentukan ρ campuran

ρ campuran = 938,3611 kg/m³ = 58,5819 lb/cuft
 Fv campuran = 4847,373 m³/jam = 171183,5 cuft/jam
 μ campuran = 2,267 Cp = 0,00152 lb/ft.s

2. Menghitung Fase Terdispersi

• Fase ringan

m_l = 7993,683 Kg/jam
 = 2,2204675 Kg/s

ρ_l = 938,36114 Kg/m³
 ρ_l = 938,36114 Kg/m³
 = 58,581886 lb/cuft

Q_l = m/ ρ
 = 8,5187703 m³/jam
 = 0,0023663 m³/s
 = 0,0835661 ft³/s

μ_l = 4,124 Cp
 = 0,00277 lb/ft.s
 = 0,0041241 kg/m.s

• Fase berat

$$\begin{aligned}
 m_2 &= 2031,1716 \text{ Kg/jam} \\
 &= 0,5642143 \text{ Kg/s} \\
 \rho_2 &= 932,1030 \text{ Kg/m}^3 \\
 &= 932,1030 \text{ Kg/m}^3 \\
 &= 58,191192 \text{ lb/cuft} \\
 Q_2 &= m/\rho \\
 &= 2,1791278 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 0,0006053 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 0,0213765 \text{ ft}^3/\text{s} \\
 \mu_2 &= 0,729 \text{ Cp} \\
 &= 0,00049 \text{ lb/ft.s} \\
 &= 0,0007293 \text{ kg/m.s}
 \end{aligned}$$

3. Menentukan Dimensi Dekanter

• Menghitung waktu tinggal dalam decanter

Dari Coulson, J. M. Hal. 444 waktu tinggal cairan yang baik dalam decanter berkisar 2-5 menit maka dirancang t

$$\begin{aligned}
 &= 5 \text{ menit} \\
 &= 0,0833333 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

• Menghitung Volume Decanter

$$V_D = \frac{M_{feed} \cdot t}{\rho_{feed}}$$

maka, VD

$$\begin{aligned}
 &= \frac{12005,1051 \cdot 0,0833}{968,145} \\
 &= 0,8902804 \text{ m}^3 \\
 &= 31,440253 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{over desing} &= 20\% \\
 \text{Volume Decanter} &= 1,2 \times 36,491 \\
 &= 37,728304 \text{ ft}^3 \\
 &= 1,0683365 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

• Menghitung Diameter dan panjang decanter

Direncanakan decanter horizontal dengan $L/D = 3$ tetap berbentuk torispherical.

Diketahui:

$$V_t = 0,000049 \text{ Di}^3$$

Keterangan:

$$V_t = \text{volume torispherical head (ft}^3) \quad (\text{Pers. 5-11, hal 88 Brownell})$$

$$D_i = \text{diameter volume tangki (in)}$$

maka;

$$\text{Volume decanter} = \text{Volume silinder} + \text{volume tutup}$$

$$\text{Volume decanter} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_i^2 \cdot L + \left[\frac{3}{8} \cdot (0,000049 \cdot D_i^3) \right]$$

$$37,7283037 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_i^2 \cdot 3D + \left[(0,000098) \cdot D_i^3 \right]$$

$$37,7283037 = Di^3 \left\{ \frac{3}{4} \pi + 0,000098 \right\}$$

$$37,7283037 = Di^3 \left\{ \frac{3}{4} 3,14 + 0,000098 \right\}$$

$$37,7283037 = Di^3 \left\{ \frac{3}{4} 3,14 + 0,000098 \right\}$$

$$37,7283037 = 2,355098 \times D^3$$

$$D^3 = 16,019844$$

$$D = 2,64922 \text{ ft} \quad 31,79064 \text{ in} \quad 0,807443 \text{ m}$$

$$L = 3 \text{ Di}$$

$$= 7,94766 \text{ ft} \quad 95,37192 \text{ in} \quad 2,422329 \text{ m}$$

4. Menghitung Volume Fase ringan dan Fase berat

• Menghitung Volume Fase Ringan

$$\text{Volume cairan (V1)} = \frac{m_1 \cdot t}{\rho_1}$$

$$V1 = \frac{8832,2024 \times 0,083333}{938,3611393}$$

$$V1 = 0,7098975 \text{ m}^3$$

$$V1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 1}}}$$

$$0,709897526 = \frac{3,14 \cdot 0,807443^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 1}}}$$

$$H_{\text{cairan 1}} = \frac{0,7098975}{0,8037465}$$

$$= 0,8832356 \text{ m}$$

• Menghitung Volume Fase Berat

$$\text{Volume cairan (V2)} = \frac{m_2 \cdot t}{\rho_2}$$

$$V2 = \frac{3172,9026 \times 0,083333}{932,1030}$$

$$V2 = 0,181594 \text{ m}^3$$

$$V2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 2}} + (0,000049 \times Di^3)}$$

$$0,181593981 = \frac{3,14 \cdot 1,01187^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 2}} + (0,000049 \times 1,01187^3)}$$

$$H_{\text{cairan 2}} = \frac{0,181594}{0,8037363}$$

$$= 0,2259373 \text{ m}$$

5. Menghitung ketebalan shell (ts)

$$ts = \frac{P \times r}{f \cdot E - 0,6P} + c \quad (\text{Brownell, 1959. p. 254.,eq 13.1})$$

Keterangan

$$ts = \text{Tebal dinding Shell (in)}$$

$$P = \text{Tekanan desing (psia)}$$

r	=	Jari-jari dekanter (in)
f	=	Maksimum allowable stress (Psia)
E	=	Efisiensi Pengelasan
c	=	faktor korosi

Mencari tekanan hidrostatik:

$$\text{volume cairan} = h_{\text{cairan}} \times \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\begin{aligned} 0,890280422 &= h_{\text{cairan}} \times 0,511792 \\ h_{\text{cairan}} &= \frac{0,8902804}{0,5117917} \\ &= 1,7395366 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{hidrostatik}} &= \rho \cdot g \cdot h_{\text{cairan}} \\ &= 937,37779 \times 9,8 \times 2,0189842 \\ &= 15412,561 \text{ N/m}^2 \\ &= 2,2353243 \text{ psi} \end{aligned}$$

Diketahui bahwa:

$$\begin{aligned} P &= P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}} \\ &= 14,7 + 2,6899206 \quad \text{psi} \\ &= 16,935324 \text{ psi} \\ r &= D_i/2 \\ &= 15,89532 \text{ in} \quad 0,40374194 \text{ m} \quad 1,388872 \text{ ft} \\ f &= 13750 \text{ psi} \\ E &= 0,85 \\ c &= 0,125 \\ t_s &= 0,1480525 \text{ in} \quad 1/7 \\ \text{jadi, tebal shell minimum yang dibutuhkan adalah} &= 0,148053 \text{ in} \\ \text{maka digunakan ketebalan standar untuk shell adalah} &= (3/16) \text{ in} \\ &= 0,1875 \text{ in} \end{aligned}$$

6. Menentukan tebal head (th)

Direncanakan berbentuk torispherical

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{OD shell} + 2t_s \\ \text{OD} &= 39,83952 + (2 \times 0,1875) \\ &= 32,16564 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{OD standart} &= 34 \text{ in} \\ \text{ID} &= \text{OD} - 2t_s \\ &= 34 - (2 \times 0,1875) \\ &= 33,625 \text{ in} \quad 0,85407671 \text{ m} \quad 2,938024 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= 2 \times \text{ID} \\ &= 2 \times 31,79064 \\ &= 67,25 \text{ in} \quad 1,70815342 \text{ m} \quad 5,876048 \text{ ft} \end{aligned}$$

dari tabel 5.7 hal 91; Brownell, 1979 untuk OD = 34 in dan $t_s = 3/16$ in diperoleh harga :

$$\begin{aligned} \text{OD} &= 34 \text{ in} \quad 0,86360173 \text{ m} \quad 2,97079 \text{ ft} \\ t_s &= 0,1875 \text{ in} \quad 0,00476251 \text{ m} \quad 0,016383 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} icr &= 2 \frac{1}{8} \text{ in} \\ &= 2,13 \text{ in} \\ r &= 34 \text{ in} \end{aligned}$$

(Persamaan 7.77 Brownell and Young, 1959 hal :138)

Faktor (W) untuk tipe torispherical, dihitung dengan rumus:

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

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{34}{2,13}} \right)$$

$$W = 1,75$$

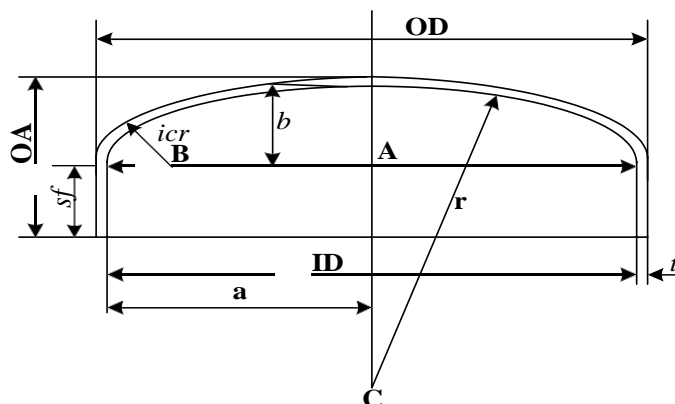
maka:

$$th = \frac{P \times r \times W}{2f \cdot E - 0,2P} + c$$

$$\begin{aligned} th &= \frac{17,38992 \text{ psia} \times 42 \times 1,75}{(2 \times 13750 \text{ psia} \times 0,85) - (0,2 \times 17,38992 \text{ psia})} + 0,125 \\ &= 0,1681143 \text{ in} \\ &= (3/16) \\ &= 0,1875 \text{ in} \end{aligned}$$

7. Menghitung tinggi Head

dari tabel 5.4 Brownell diketahui nilai sf dengan th 3/16 " adalah 1 1/2 - 2" maka dipilih nilai sf = 2



$$\begin{aligned} ID &= OD - 2ts \\ &= 34 - (2 \times 0,1875) \\ &= 33,625 \text{ in} \quad 0,85407671 \text{ m} \quad 2,938024 \text{ ft} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} a &= \frac{33,625}{2} \\ &= 16,8125 \text{ in} \quad 0,42703835 \text{ m} \quad 1,469012 \text{ ft} \end{aligned}$$

AB	=	a-icr			
	=	16,8125-2,13			
	=	14,69 in	0,37306325 m		1,283338 ft
BC	=	r-icr			
	=	34-2,13			
	=	31,88 in	0,80962662 m		2,785116 ft
AC	=	$\sqrt{BC^2 - AB^2}$			
	=	$\sqrt{31,88^2 - 14,69^2}$			
	=	28,29378 in	0,71866345 m		2,472202 ft
b	=	r-AC			
b	=	34-28,29378			
	=	5,70622 in	0,14493828 m		0,498588 ft
h head	=	th + b + sf			
	=	0,1875+5,70622 + 2			
	=	7,89372 in	0,20050089 m		0,689723 ft

7. Menentukan panjang dekanter total

Panjang Dekanter	=	Panjang Shell + 2 (Panjang Head)			
	=	95,37192+ (2 x 7,89372)			
	=	111,15936 in	2,82345339 m		9,71268 ft

Jadi panjang dekanter yang direncanakan adalah 2,8234534 meter

8. merancang pipa

A. Menentukan ukuran pipa masuknya umpan (A pipa)

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
Trigliserida	4127,159208	0,69	5954,122
FFA	156,6976437	0,88	178,298508
CH3OH	1442,251894	0,77	1864,96482
H2SO4	239,5988436	1,81	132,050397
H2O	1703,435257	1,01	1680,52964
Metil Ester	2355,711761	0,87	2718,21259
Total	10024,85461		12528,178

Q umpan	=	12528,178 L/jam	12,528178 m ³ /jam	0,00348 m ³ /s
A pipa	=	$\frac{Q_{umpan}}{\text{kecepatan linier umpan}}$		

Menurut Schweitzer, kecepatan linier umpan disyaratkan 0,6096 – 1 m/detik.

Diambil kecepatan linier umpan 1 m/detik.

A pipa	=	$\frac{12,528178}{1} \text{ m}^3/\text{jam}$	X	$\frac{1}{3600} \text{ jam}$
	=	$\frac{1}{1} \text{ m/s}$		$\frac{1}{3600} \text{ s}$
	=	0,0034800 m ²		

• Menghitung diameter dalam pipa (ID)

$$\begin{aligned}
 ID &= \left(\frac{4 \cdot A_{\text{pipa}}}{\pi} \right)^{0,5} \\
 &= \left(\frac{4 \cdot 0,00040 \cdot 13}{3,14} \right)^{0,5} \\
 &= 0,0665822 \text{ m} \qquad 2,62134487 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan ID yang telah dihitung, maka dapat disesuaikan dengan ukuran pipa standar dengan melihat tabel 11 kern, :844,1965 yaitu:

• Tinggi pipa pada umpan masuk

$$\begin{aligned}
 \text{tinggi pipa umpan} &= 0,5 \times \text{diameter decanter} \\
 &= 0,5 \times 1,01187 \text{ m} \\
 &= 0,4037214 \text{ m} \qquad 15,8945126 \text{ in} \qquad 1,388802 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

844

PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
3	3.50	40*	3.068	7.38	0.917	0.804	7.58
		80†	2.900	6.61		0.760	

Nominal Pipe size, IPS	=	3 in
Schedule Number, Sch	=	40 in
Outside Diameter, OD	=	3,5 in
inside diameter, ID	=	3,068 in
Flow area per pipe	=	7,38 in ²

B. Menentukan ukuran pipa keluaran fase berat

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
CH ₃ OH	865,3511362	0,77	1118,97889
H ₂ SO ₄	143,7593062	1,81	79,2302385
H ₂ O	1022,061154	1,01	1008,31778
Total	2031,171597		2206,52691

$$Q \text{ fase berat} = 2206,5269 \text{ L/jam} \qquad 2,20652691 \text{ m}^3/\text{jam} \qquad 0,000613 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ukuran pipa pengeluaran fase berat dihitung dengan persamaan:

$$D_i = 3,0 \times (Q_L)^{0,36} \times (\mu_L)^{0,18}$$

Keterangan:

D_i	=	Diameter dalam pipa (in)
QH	=	Kecepatan Volume fase berat (ft/s)
μ_H	=	Viskositas fase berat (CP)

maka dapat dihitung :

$$QH = 0,0006129 \text{ m}^3/\text{s} \qquad 0,02164523 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\mu_H = 0,729 \text{ Cp}$$

$$D_i = 3,0 \times (0,0006129)^{0,36} \times (0,729)^{0,18}$$

$$= 0,7131463 \text{ in} \qquad 0,01811395 \text{ m} \qquad 0,062312 \text{ ft}$$

(Peter, M.,S.,1980)

• Tinggi pipa pada fase berat

$$\begin{aligned} \text{Posisi pipa keluar fase berat} &= 0,7 \times \text{panjang decanter} \\ &= 1,97641737 \text{ m} \quad 77,81155 \text{ in} \end{aligned}$$

844

PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
1	1.32	40*	1.049	0.864	0.344	0.274	1.68
		80†	0.957	0.718		0.250	2.17

$$\begin{aligned} \text{Nominal Pipe size, IPS} &= 1 \text{ in} \\ \text{Schedule Number, Sch} &= 40 \text{ in} \\ \text{Outside Diameter, OD} &= 1,32 \text{ in} \\ \text{inside diameter, ID} &= 1,049 \text{ in} \\ \text{Flow area per pipe} &= 0,864 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

C. Menentukan ukuran pipa keluaran fase ringan

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
Trigliserida	4127,159208	0,69	5954,122
FFA	156,6976437	0,88	178,298508
CH ₃ OH	576,9007575	0,77	745,985928
H ₂ SO ₄	95,83953746	1,81	52,820159
H ₂ O	681,3741029	1,01	672,211855
Metil Ester	2355,711761	0,87	2718,21259
Total	7993,68301		10321,651

$$Q \text{ fase berat} = 10321,651 \text{ L/jam} \quad 10,321651 \text{ m}^3/\text{jam} \quad 0,002867 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ukuran pipa pengeluaran fase berat dihitung dengan persamaan:

$$Di = 3,0 \times (Q_L)^{0,36} \times (\mu_L)^{0,18}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} Di &= \text{Diameter dalam pipa (in)} \\ QH &= \text{Kecepatan Volume fase berat (ft/s)} \\ \mu H &= \text{Viskositas fase berat (CP)} \end{aligned}$$

maka dapat dihitung :

(Peter, M.,S.,1980)

$$QH = 0,0028671 \text{ m}^3/\text{s} \quad 0,10125167 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\mu H = 4,124 \text{ Cp}$$

$$\begin{aligned} Di &= 3,0 \times (0,0031048)^{0,36} \times (2,798)^{0,18} \\ &= 1,6975628 \text{ in} \quad 0,04311818 \text{ m} \quad 0,148327 \text{ ft} \end{aligned}$$

• Tinggi pipa pada fase berat

$$\begin{aligned} \text{Posisi pipa keluar fase berat} &= 0,9 \times \text{panjang decanter} \\ &= 1,97641737 \text{ m} \quad 77,81155 \end{aligned}$$

844

PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
2	2.38	40*	2.067	3.35	0.622	0.542	3.66
		80†	1.939	2.95		0.508	5.03

Nominal Pipe size, IPS	=	2 in
Schedule Number , Sch	=	40 in
Outside Diameter,OD	=	2,38 in
inside diameter, ID	=	2,069 in
Flow area per pipe	=	3,35 in ²

RESUME		
Nama Alat	=	Decanter 2
Kode	=	H-314
Fungsi	=	Memisahkan Impuritas (CH ₃ OH, H ₂ O, H ₂ SO ₄) dari biodiesel setelah Reaksi Esterifikasi.
Type	=	Horizontal Decanter
Bahan	=	Stainless Steel AISI (316) (18Cr, 12Ni, 2.5Mo)
Jumlah	=	1 buah
Kriteria	Ukuran	
Diameter decanter	=	0,8074 m
panjang decanter	=	2,8235 m
Tebal dinding (ts)	=	0,1875 in
Tebal Head (th)	=	0,1875 in
waktu tinggal	=	5 menit
Volume decanter	=	1,0683 m ³
kecepatan volumetrik fase ringan (QL)	=	0,00348 m ³ /s
kecepatan volumetrik fase berat (QH)	=	0,0006129 m ³ /s
Tekanan perancangan	=	16,935324 psi
Perancangan Pipa Umpan:		
Nominal Pipe size, IPS	=	3 in
Schedule Number , Sch	=	40 in
Outside Diameter,OD	=	3,5 in
inside diameter, ID	=	3,068 in
Flow area per pipe	=	7,38 in ²
Perancangan Pipa Fraksi Berat		
Nominal Pipe size, IPS	=	1 in
Schedule Number , Sch	=	40 in
Outside Diameter,OD	=	1,32 in
inside diameter, ID	=	1,049 in
Flow area per pipe	=	0,864 in ²
Perancangan Pipa Fraksi Ringan		
Nominal Pipe size, IPS	=	2 in
Schedule Number , Sch	=	40 in
Outside Diameter,OD	=	2,38 in
inside diameter, ID	=	2,069 in
Flow area per pipe	=	3,35 in ²

Decanter

Kode	=	H-322
Jenis	=	Decanter centrifugal
Fungsi	=	memisahkan komponen air dan minyak sebelum di lakukan pencucian didalam wash tank.
Bentuk	=	Silinder horizontal
Bahan	=	Stainless Steel AISI (316) (18Cr, 12Ni, 2.5Mo)
Kondisi operasi		
~ Tekanan	=	1 atm
~ Temperatur	=	40 oC 313,15 oK
	1 m ³ =	35,3147 cuft
	1 kg/m ³ =	0,06243 lb/cuft (Perry)

1. Menghitung Densitas Cairan

• Menghitung Densitas Campuran Lapisan atas

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	4124,946112	845,85	0,56168755	4,8767106	0,11105	682,58
FFA	156,6136182	269,28	0,02132583	0,5815971	0,013244	866,38
CH ₃ OH	288,2957037	32,00	0,03925678	9,0092407	0,205154	753,92
H ₂ SO ₄	47,89407283	98,00	0,00652166	0,488715	0,011129	1789,6
H ₂ O	371,6466026	18,00	0,05060654	20,647033	0,470163	994,81
Metil Ester	2354,448563	283,28	0,32060163	8,3113243	0,189261	845,22
Total	7343,844673			43,914621	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	μ .x	V (L)
Trigliserida	4124,946112	845,85	75,8003827	24,20	2,687406	2815606
FFA	156,6136182	269,28	11,4741752	24,20	0,3205	135686,9
CH ₃ OH	288,2957037	32,00	154,66937	0,47	0,096422	217351,9
H ₂ SO ₄	47,89407283	98,00	19,9160187	14,00	0,155803	85711,23
H ₂ O	371,6466026	18,00	467,722933	0,51	0,239783	369717,8
Metil Ester	2354,448563	283,28	159,967166	14,15	2,678421	1990027
Total	7343,844673		889,550045		6,178335	5614101

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	889,5500	kg/m ³	=	55,5346	lb/cuft
Fv campuran	=	6311,169	m ³ /jam	=	222877,0	cuft/jam
μ campuran	=	6,178	Cp	=	0,00415	lb/ft.s

• Menghitung Densitas Campuran Lapisan Bawah

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
CH ₃ OH	288,2957037	32,00	0,15816297	9,0092407	0,097835	753,92
H ₂ SO ₄	47,89407283	98,00	0,02627534	0,488715	0,005307	1789,6
H ₂ O	1486,58641	18,00	0,81556168	82,588134	0,896858	994,81
Total	1822,776187			1	92,08609	1

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	μ .x	V (L)
CH ₃ OH	288,2957037	32,00	73,7597481	0,47	0,045982	217351,9
H ₂ SO ₄	47,89407283	98,00	9,49768221	14,00	0,0743	85711,23
H ₂ O	1486,58641	18,00	892,203174	0,51	0,457398	1478871

Total 1822,776187 975,460604 0,57768 1781934

Menentukan ρ campuran

ρ campuran = 975,4606 kg/m³ = 60,8980 lb/cuft
 Fv campuran = 1826,762 m³/jam = 64511,5 cuft/jam
 μ campuran = 0,578 Cp = 0,00039 lb/ft.s

• Menghitung Viskositas Umpan

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	4124,946112	845,85	0,44999637	4,8767106	0,035858	693,16
FFA	156,6136182	269,28	0,01708521	0,5815971	0,004276	878,85
CH ₃ OH	576,5914074	32,00	0,0629012	18,018481	0,132488	773,34
H ₂ SO ₄	95,78814566	98,00	0,01044967	0,9774301	0,007187	1814,45
H ₂ O	1858,233013	18,00	0,20271734	103,23517	0,759078	1013,63
Metil Ester	2354,448563	283,28	0,25685022	8,3113243	0,061112	866,64
Total	9166,62086		1	136,00071	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	$\mu \cdot x$	V (L)
Trigliserida	4124,946112	845,85	24,8553163	24,20	0,867763	2859248
FFA	156,6136182	269,28	3,7583375	24,20	0,10349	137639,9
CH ₃ OH	576,5914074	32,00	102,45838	0,47	0,062269	445901,2
H ₂ SO ₄	95,78814566	98,00	13,0403581	14,00	0,100617	173802,8
H ₂ O	1858,233013	18,00	769,424381	0,51	0,38713	1883561
Metil Ester	2354,448563	283,28	52,9624149	14,15	0,864862	2040459
Total	9166,62086		966,499187		2,386131	3616592

Menentukan ρ campuran

ρ campuran = 966,4992 kg/m³ = 60,3385 lb/cuft
 Fv campuran = 3741,950 m³/jam = 132145,8 cuft/jam
 μ campuran = 2,386 Cp = 0,00160 lb/ft.s

2. Menghitung Fase Terdispersi

• Fase ringan

m_l = 7343,8447 Kg/jam
 = 2,0399569 Kg/s

ρ_l = 966,49919 Kg/m³
 ρ_l = 966,49919 Kg/m³
 = 60,338544 lb/cuft

Q_l = m/ ρ
 = 7,5983972 m³/jam
 = 0,0021107 m³/s
 = 0,0745375 ft³/s

μ_l = 6,178 Cp
 = 0,00415 lb/ft.s
 = 0,0061783 kg/m.s

• Fase berat

$$\begin{aligned}
 m_2 &= 1822,7762 \text{ Kg/jam} \\
 &= 0,5063267 \text{ Kg/s} \\
 \rho_2 &= 975,4606 \text{ Kg/m}^3 \\
 &= 975,4606 \text{ Kg/m}^3 \\
 &= 60,898006 \text{ lb/cuft} \\
 Q_2 &= m/\rho \\
 &= 1,8686313 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 0,0005191 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 0,0183306 \text{ ft}^3/\text{s} \\
 \mu_2 &= 0,578 \text{ Cp} \\
 &= 0,00039 \text{ lb/ft.s} \\
 &= 0,0005777 \text{ kg/m.s}
 \end{aligned}$$

3. Menentukan Dimensi Dekanter

• Menghitung waktu tinggal dalam decanter

Dari Coulson, J. M. Hal. 444 waktu tinggal cairan yang baik dalam decanter berkisar 2-5 menit
 maka dirancang $t = 5$ menit
 $= 0,0833333$ jam

• Menghitung Volume Decanter

$$V_D = \frac{M_{feed} \cdot t}{\rho_{feed}}$$

maka, VD = $\frac{8744,402 \times 0,0833}{977,241}$
 $= 0,7903629 \text{ m}^3$
 $= 27,911665 \text{ ft}^3$

over desing = 20%
 Volume Decanter = $1,2 \times 26,333$
 $= 33,493998 \text{ ft}^3$
 $= 0,9484354 \text{ m}^3$

• Menghitung Diameter dan panjang decanter

Direncanakan decanter horizontal dengan $L/D = 3$ tetap berbentuk torispherical.

Diketahui:

$$V_t = 0,000049 D_i^3$$

Keterangan:

$$V_t = \text{volume torispherical head (ft}^3) \quad (\text{Pers. 5-11, hal 88 Brownell})$$

$$D_i = \text{diameter volume tangki (in)}$$

maka;

$$\text{Volume decanter} = \text{Volume silinder} + \text{volume tutup}$$

$$\text{Volume decanter} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_i^2 \cdot L + \left[\frac{3}{8} \cdot (0,000049 \cdot D_i^3) \right]$$

$$33,49399771 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_i^2 \cdot 3D + [(0,000098) \cdot D_i^3]$$

$$\begin{aligned}
33,49399771 &= Di^3\left\{\frac{3}{4}\pi + 0,000098\right\} \\
33,49399771 &= Di^3\left\{\frac{3}{4}3,14 + 0,000098\right\} \\
33,49399771 &= Di^3\left\{\frac{3}{4}3,14 + 0,000098\right\} \\
33,49399771 &= 2,355098 \times D^3 \\
D^3 &= 14,221913 \\
D &= 2,376243 \text{ ft} \quad 28,514916 \text{ in} \quad 0,724244 \text{ m} \\
L &= 3 Di \\
&= 7,128729 \text{ ft} \quad 85,544748 \text{ in} \quad 2,172731 \text{ m}
\end{aligned}$$

4. Menghitung Volume Fase ringan dan Fase berat

• Menghitung Volume Fase Ringan

$$\begin{aligned}
\text{Volume cairan (V1)} &= \frac{m_1 \cdot t}{\rho_1} \\
V1 &= \frac{7527,9215 \times 0,083333}{966,4991874} \\
V1 &= 0,6331998 \text{ m}^3 \\
V1 &= \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 1}}} \\
0,633199763 &= \frac{3,14 \cdot 0,724244^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 1}}} \\
H_{\text{cairan 1}} &= \frac{0,6331998}{0,8037465} \\
&= 0,7878103 \text{ m}
\end{aligned}$$

• Menghitung Volume Fase Berat

$$\begin{aligned}
\text{Volume cairan (V2)} &= \frac{m_2 \cdot t}{\rho_2} \\
V2 &= \frac{1216,481 \times 0,083333}{975,4606} \\
V2 &= 0,1557193 \text{ m}^3 \\
V2 &= \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 2}} + (0,000049 \times Di^3)} \\
0,155719272 &= \frac{3,14 \times 0,724244^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 2}} + (0,000049 \times 0,724244^3)} \\
H_{\text{cairan 2}} &= \frac{0,1557193}{0,4117531} \\
&= 0,378186 \text{ m}
\end{aligned}$$

5. Menghitung ketebalan shell (ts)

$$ts = \frac{P \times r}{f \cdot E - 0,6P} + c \quad (\text{Brownell, 1959. p. 254.,eq 13.1})$$

Keterangan

ts = Tebal dinding Shell (in)
P = Tekanan desing (psia)

r	=	Jari-jari dekanter (in)
f	=	Maksimum allowable stress (Psia)
E	=	Efisiensi Pengelasan
c	=	faktor korosi

Mencari tekanan hidrostatik:

$$\text{volume cairan} = h_{\text{cairan}} \times \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\begin{aligned} 0,79036287 &= h_{\text{cairan}} \times 0,411755 \\ h_{\text{cairan}} &= \frac{0,7903629}{0,411755} \\ &= 1,9194979 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{hidrostatik}} &= \rho \cdot g \cdot h_{\text{cairan}} \\ &= 937,37779 \times 9,8 \times 1,8109336 \\ &= 16733,396 \text{ N/m}^2 \\ &= 2,4268885 \text{ psi} \end{aligned}$$

Diketahui bahwa:

$$\begin{aligned} P &= P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}} \\ &= 14,7 + 2,401929 \quad \text{psi} \\ &= 17,126889 \text{ psi} \\ r &= D_i/2 \\ &= 14,257458 \text{ in} \quad 0,36214016 \text{ m} \quad 1,245762 \text{ ft} \\ f &= 13750 \text{ psi} \\ E &= 0,85 \\ c &= 0,125 \\ t_s &= 0,1459113 \text{ in} \\ \text{jadi, tebal shell minimum yang dibutuhkan adalah} &= 0,145911 \text{ in} \\ \text{maka digunakan ketebalan standar untuk shell adalah} &= (3/16) \text{ in} \\ &= 0,1875 \text{ in} \end{aligned}$$

6. Menentukan tebal head (th)

Direncanakan berbentuk torispherical

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{OD shell} + 2t_s \\ \text{OD} &= 28,514916 + (2 \times 0,1875) \\ &= 28,889916 \text{ in} \quad 28,514916 \\ \text{OD standart} &= 30 \text{ in} \\ \text{ID} &= \text{OD} - 2t_s \\ &= 30 - (2 \times 0,1875) \\ &= 29,625 \text{ in} \quad 0,7524765 \text{ m} \quad 2,588519 \text{ ft} \\ \text{H} &= 2 \times \text{ID} \\ &= 2 \times 29,625 \\ &= 59,25 \text{ in} \quad 1,50495301 \text{ m} \quad 5,177038 \text{ ft} \end{aligned}$$

dari tabel 5.7 hal 91; Brownell, 1979 untuk OD = 30 in dan $t_s = 3/16$ in diperoleh harga :

$$\begin{aligned} \text{OD} &= 30 \text{ in} \quad 0,76200152 \text{ m} \quad 2,621285 \text{ ft} \\ t_s &= 0,1875 \text{ in} \quad 0,00476251 \text{ m} \quad 0,016383 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} icr &= 1\ 7/8\ \text{in} \\ &= 1,88\ \text{in} \\ r &= 30\ \text{in} \end{aligned}$$

(Persamaan 7.77 Brownell and Young, 1959 hal :138)

Faktor (W) untuk tipe torispherical, dihitung dengan rumus:

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

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{30}{1,88}} \right)$$

$$W = 1,75$$

maka:

$$th = \frac{P \times r \times w}{2f \cdot E - 0,2P} + c$$

$$th = \frac{17,1268885 \times 42 \times 1,75}{(2 \times 13750\ \text{psia} \times 0,85) - (0,2 \times 17,10193\ \text{psia})} + 0,125$$

$$th = \frac{17,10193\ \text{psia} \times 42 \times 1,75}{(2 \times 13750\ \text{psia} \times 0,85) - (0,2 \times 17,10193\ \text{psia})} + 0,125$$

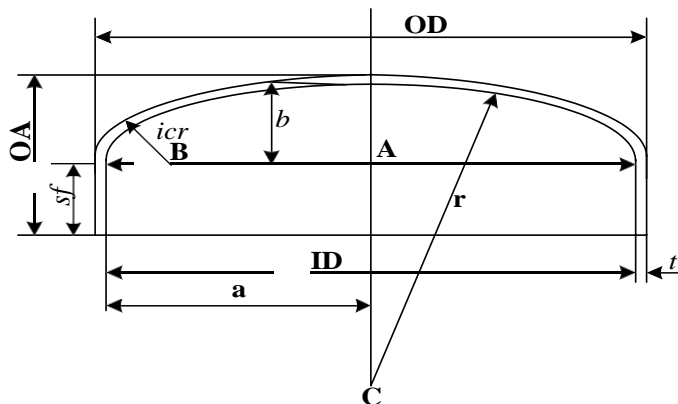
$$th = 0,1634724\ \text{in}$$

$$th = (3/16)$$

$$th = 0,1875\ \text{in}$$

7. Menghitung tinggi Head

dari tabel 5.4 Brownell diketahui nilai sf dengan th 3/16 " adalah 1 1/2 - 2" maka dipilih nilai sf = 2



$$\begin{aligned} ID &= OD - 2ts \\ &= 30 - (2 \times 0,1875) \\ &= 29,625\ \text{in} \quad 0,7524765\ \text{m} \quad 2,588519\ \text{ft} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} a &= \frac{29,625}{2} \\ &= 14,8125\ \text{in} \quad 0,37623825\ \text{m} \quad 1,29426\ \text{ft} \end{aligned}$$

AB	=	a-icr			
	=	20,8125-2,63			
	=	12,94 in	0,32861316 m		1,130429 ft
BC	=	r-icr			
	=	42-2,63			
	=	28,13 in	0,71437643 m		2,457455 ft
AC	=	$\sqrt{BC^2 - AB^2}$			
	=	$\sqrt{28,13^2 - 12,94^2}$			
	=	24,977055 in	0,63441847 m		2,1824 ft
b	=	r-AC			
b	=	30-24,977055			
	=	5,022945 in	0,12758306 m		0,438886 ft
h head	=	th + b + sf			
	=	0,1875+5,022945 + 2			
	=	7,210445 in	0,18314567 m		0,630021 ft

7. Menentukan panjang dekanter total

Panjang Dekanter	=	Panjang Shell + 2 (Panjang Head)			
	=	85,54475 + (2 x 7,210445)			
	=	99,965638 in	2,53913228 m		8,734615 ft

Jadi panjang dekanter yang direncanakan adalah 2,5391323 meter

8. merancang pipa

A. Menentukan ukuran pipa masuknya umpan (A pipa)

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
Trigliserida	4124,946112	0,69	5950,92924
FFA	156,6136182	0,88	178,202899
CH3OH	576,5914074	0,77	745,58591
H2SO4	95,78814566	1,81	52,7918354
H2O	1858,233013	1,01	1833,24587
Metil Ester	2354,448563	0,87	2716,75501
Total	9166,62086		11477,5108

Q umpan	=	11477,511 L/jam	11,4775108 m ³ /jam	0,003188 m ³ /s
A pipa	=	$\frac{Q_{umpan}}{\text{kecepatan linier umpan}}$		

Menurut Schweitzer, kecepatan linier umpan disyaratkan 0,6096 – 1 m/detik.

Diambil kecepatan linier umpan 1 m/detik.

A pipa	=	$\frac{11,477511}{1} \text{ m}^3/\text{jam}$	X	$\frac{1}{3600} \text{ jam}$
	=	$\frac{11,477511}{3600} \text{ m}^3/\text{s}$		
	=	0,0031882 m ²		

• Menghitung diameter dalam pipa (ID)

$$\begin{aligned}
 ID &= \left(\frac{4 \cdot A_{\text{pipa}}}{\pi} \right)^{0,5} \\
 &= \left(\frac{4 \cdot 0,00305}{3,14} \right)^{0,5} \\
 &= 0,0637291 \text{ m} \qquad 2,50901963 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan ID yang telah dihitung, maka dapat disesuaikan dengan ukuran pipa standar dengan melihat tabel 11 kern, :844,1965 yaitu:

• Tinggi pipa pada umpan masuk

$$\begin{aligned}
 \text{tinggi pipa umpan} &= 0,5 \times \text{diameter decanter} \\
 &= 0,5 \times 0,724244 \text{ m} \\
 &= 0,3621218 \text{ m} \qquad 14,2567338 \text{ in} \qquad 1,245699 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

844

PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
3	3.50	40*	3.068	7.38	0.917	0.804	7.58
		80†	2.900	6.61		0.760	

Nominal Pipe size, IPS	=	3 in
Schedule Number, Sch	=	40 in
Outside Diameter, OD	=	3,5 in
inside diameter, ID	=	3,068 in
Flow area per pipe	=	7,38 in ²

B. Menentukan ukuran pipa keluaran fase berat

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
CH ₃ OH	288,2957037	0,77	372,792955
H ₂ SO ₄	47,89407283	1,81	26,3959177
H ₂ O	1486,58641	1,01	1466,5967
Total	1822,776187		1865,78557

$$Q \text{ fase berat} = 1865,7856 \text{ L/jam} \qquad 1,86578557 \text{ m}^3/\text{jam} \qquad 0,000518 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ukuran pipa pengeluaran fase berat dihitung dengan persamaan:

$$D_i = 3,0 \times (Q_L)^{0,36} \times (\mu_L)^{0,18}$$

Keterangan:

D_i	=	Diameter dalam pipa (in)
QH	=	Kecepatan Volume fase berat (ft/s)
μ_H	=	Viskositas fase berat (CP)

maka dapat dihitung :

$$QH = 0,0005183 \text{ m}^3/\text{s} \qquad 0,01830268 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\mu_H = 0,578 \text{ Cp}$$

$$D_i = 3,0 \times (0,003425)^{0,36} \times (0,558)^{0,18}$$

$$= 0,6437694 \text{ in} \qquad 0,01635177 \text{ m} \qquad 0,05625 \text{ ft}$$

(Peter, M.,S.,1980)

• Tinggi pipa pada fase berat

$$\begin{aligned} \text{Posisi pipa keluar fase berat} &= 0,7 \times \text{panjang decanter} \\ &= 1,7773926 \text{ m} \quad 69,97595 \text{ in} \end{aligned}$$

844

PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
3/8	0.675	40*	0.493	0.192	0.177	0.129	0.57
		80†	0.423	0.141		0.111	

$$\begin{aligned} \text{Nominal Pipe size, IPS} &= 3/8 \text{ in} \\ \text{Schedule Number, Sch} &= 40 \text{ in} \\ \text{Outside Diameter, OD} &= 0,675 \text{ in} \\ \text{inside diameter, ID} &= 0,493 \text{ in} \\ \text{Flow area per pipe} &= 0,192 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

C. Menentukan ukuran pipa keluaran fase ringan

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
Trigliserida	4127,159208	0,69	5954,122
FFA	156,6976437	0,88	178,298508
CH3OH	288,4503787	0,77	372,992964
H2SO4	47,91976873	1,81	26,4100795
H2O	371,8459966	1,01	366,845887
Metil Ester	2355,711761	0,87	2718,21259
Total	7347,784757		9616,88203

$$Q \text{ fase berat} = 9616,882 \text{ L/jam} \quad 9,61688203 \text{ m}^3/\text{jam} \quad 0,002671 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ukuran pipa pengeluaran fase berat dihitung dengan persamaan:

$$D_i = 3,0 \times (Q_L)^{0,36} \times (\mu_L)^{0,18}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} D_i &= \text{Diameter dalam pipa (in)} \\ Q_H &= \text{Kecepatan Volume fase berat (ft/s)} \\ \mu_H &= \text{Viskositas fase berat (CP)} \end{aligned}$$

maka dapat dihitung :

(Peter, M.,S.,1980)

$$Q_H = 0,0026714 \text{ m}^3/\text{s} \quad 0,09433814 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\mu_H = 6,178 \text{ Cp}$$

$$\begin{aligned} D_i &= 3,0 \times (0,0031048)^{0,36} \times (4,931)^{0,18} \\ &= 1,7797768 \text{ in} \quad 0,04520642 \text{ m} \quad 0,15551 \text{ ft} \end{aligned}$$

• Tinggi pipa pada fase berat

$$\begin{aligned} \text{Posisi pipa keluar fase berat} &= 0,9 \times \text{panjang decanter} \\ &= 1,7773926 \text{ m} \quad 69,97595 \end{aligned}$$

844

PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
2	2.38	40*	2.067	3.35	0.622	0.542	3.66
		80†	1.939	2.95		0.508	

Nominal Pipe size, IPS	=	2 in
Schedule Number , Sch	=	40 in
Outside Diameter,OD	=	2,38 in
inside diameter, ID	=	2,069 in
Flow area per pipe	=	3,35 in ²

RESUME		
Nama Alat	=	Decanter 3
Kode	=	H-322
Fungsi	=	Memisahkan impuritas dan air dari POME
Type	=	Horizontal Decanter
Bahan	=	Stainless Steel AISI (316) (18Cr, 12Ni, 2.5Mo)
Jumlah	=	1 buah
Kriteria	Ukuran	
Diameter decanter	=	0,7242 m
panjang decanter	=	2,5391 m
Tebal dinding (ts)	=	0,1875 in
Tebal Head (th)	=	0,1875 in
waktu tinggal	=	5 menit
Volume decanter	=	0,9484 m ³
kecepatan volumetrik fase ringan (QL)	=	0,0031882 m ³ /s
kecepatan volumetrik fase berat (QH)	=	0,0005183 m ³ /s
Tekanan perancangan	=	17,126889 psi
Perancangan Pipa Umpan:		
Nominal Pipe size, IPS	=	3 in
Schedule Number , Sch	=	40 in
Outside Diameter,OD	=	3,5 in
inside diameter, ID	=	3,068 in
Flow area per pipe	=	7,38 in ²
Perancangan Pipa Fraksi Berat		
Nominal Pipe size, IPS	=	3/8 in
Schedule Number , Sch	=	40 in
Outside Diameter,OD	=	0,675 in
inside diameter, ID	=	0,493 in
Flow area per pipe	=	0,192 in ²
Perancangan Pipa Fraksi Ringan		
Nominal Pipe size, IPS	=	2 in
Schedule Number , Sch	=	40 in
Outside Diameter,OD	=	2,38 in
inside diameter, ID	=	2,069 in
Flow area per pipe	=	3,35 in ²

Decanter

Kode	=	H-320
Jenis	=	Decanter centrifugal
Fungsi	=	memisahkan komponen air dan minyak sebelum di lakukan pencucian didalam wash tank.
Bentuk	=	Silinder horizontal
Bahan	=	Stainless Steel AISI (316) (18Cr, 12Ni, 2.5Mo)
Kondisi operasi		
~ Tekanan	=	1 atm
~ Temperatur	=	40 oC 313,15 oK
	1 m ³ =	35,3147 cuft
	1 kg/m ³ =	0,06243 lb/cuft (Perry)

I. Menghitung Densitas Cairan

• Menghitung Densitas Campuran Lapisan atas

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	4127,159208	845,85	0,60742301	4,879327	0,217959	682,58
FFA	156,6976437	269,28	0,02306229	0,5819091	0,025994	866,38
H ₂ O	154,9701877	18,00	0,02280805	8,6094549	0,384583	994,81
Metil Ester	2355,711761	283,28	0,34670665	8,3157834	0,371465	845,22
Total	6794,5388			22,386474	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	μ .x	V (L)
Trigliserida	4127,159208	845,85	148,774253	24,20	5,274601	2817116
FFA	156,6976437	269,28	22,5204912	24,20	0,629049	135759,7
H ₂ O	154,9701877	18,00	382,586899	0,51	0,196137	154165,9
Metil Ester	2355,711761	283,28	313,969335	14,15	5,256967	1991095
Total	6794,5388		867,850978		11,35675	5098137

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	867,8510	kg/m ³	=	54,1799	lb/cuft
Fv campuran	=	5874,438	m ³ /jam	=	207454,0	cuft/jam
μ campuran	=	11,357	Cp	=	0,00763	lb/ft.s

• Menghitung Densitas Campuran Lapisan Bawah

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
CH ₃ OH	288,2957037	32,00	0,15816297	9,0092407	0,097835	773,34
H ₂ SO ₄	47,89407283	98,00	0,02627534	0,488715	0,005307	1814,45
H ₂ O	1486,58641	18,00	0,81556168	82,588134	0,896858	1013,63
Total	1822,776187			92,08609	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	μ .x	V (L)
CH ₃ OH	288,2957037	32,00	75,6597034	0,47	0,045982	222950,6
H ₂ SO ₄	47,89407283	98,00	9,62956498	14,00	0,0743	86901,4
H ₂ O	1486,58641	18,00	909,082039	0,51	0,457398	1506849
Total	1822,776187		994,371307		0,57768	1816701

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	994,3713	kg/m ³	=	62,0786	lb/cuft
------------	---	----------	-------------------	---	---------	---------

$$\begin{aligned} F_v \text{ campuran} &= 1826,984 \text{ m}^3/\text{jam} = 64519,4 \text{ cuft}/\text{jam} \\ \mu \text{ campuran} &= 0,578 \text{ Cp} = 0,00039 \text{ lb}/\text{ft.s} \end{aligned}$$

• Menghitung Viskositas Umpan

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	4127,159208	845,85	0,48408787	4,879327	0,044611	693,16
FFA	156,6976437	269,28	0,01837957	0,5819091	0,00532	878,85
CH ₃ OH	288,4503787	32,00	0,03383328	9,0140743	0,082415	773,34
H ₂ SO ₄	47,91976873	98,00	0,00562066	0,4889772	0,004471	1814,45
H ₂ O	1549,701877	18,00	0,18176955	86,094549	0,787153	1013,63
Metil Ester	2355,711761	283,28	0,27630906	8,3157834	0,07603	866,64
Total	8525,640637			109,37462	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	$\mu \cdot x$	V (L)
Trigliserida	4127,159208	845,85	30,922661	24,20	1,07959	2860782
FFA	156,6976437	269,28	4,67577218	24,20	0,128752	137713,7
CH ₃ OH	288,4503787	32,00	63,734569	0,47	0,038735	223070,2
H ₂ SO ₄	47,91976873	98,00	8,11179724	14,00	0,062589	86948,02
H ₂ O	1549,701877	18,00	797,88179	0,51	0,401448	1570824
Metil Ester	2355,711761	283,28	65,8908855	14,15	1,075981	2041554
Total	8525,640637		971,217475		2,787094	3308514

Menentukan ρ campuran

$$\begin{aligned} \rho \text{ campuran} &= 971,2175 \text{ kg}/\text{m}^3 = 60,6331 \text{ lb}/\text{cuft} \\ F_v \text{ campuran} &= 3406,563 \text{ m}^3/\text{jam} = 120301,8 \text{ cuft}/\text{jam} \\ \mu \text{ campuran} &= 2,787 \text{ Cp} = 0,00187 \text{ lb}/\text{ft.s} \end{aligned}$$

2. Menghitung Fase Terdispersi

• Fase ringan

$$\begin{aligned} m_1 &= 6794,5388 \text{ Kg}/\text{jam} \\ &= 1,8873719 \text{ Kg}/\text{s} \\ \rho_1 &= 971,21747 \text{ Kg}/\text{m}^3 \\ \rho_1 &= 971,21747 \text{ Kg}/\text{m}^3 \\ &= 60,633107 \text{ lb}/\text{cuft} \\ Q_1 &= m/\rho \\ &= 6,9958984 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,0019433 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 0,0686272 \text{ ft}^3/\text{s} \\ \mu_1 &= 11,357 \text{ Cp} \\ &= 0,00763 \text{ lb}/\text{ft.s} \\ &= 0,0113567 \text{ kg}/\text{m.s} \end{aligned}$$

• Fase berat

$$\begin{aligned} m_2 &= 1822,7762 \text{ Kg}/\text{jam} \\ &= 0,5063267 \text{ Kg}/\text{s} \\ \rho_2 &= 994,3713 \text{ Kg}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 994,3713 \text{ Kg/m}^3 \\
 &= 62,078601 \text{ lb/cuft} \\
 \\
 Q2 &= m/\rho \\
 &= 1,8330941 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 0,0005092 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 0,0179820 \text{ ft}^3/\text{s} \\
 \\
 \mu_2 &= 0,578 \text{ Cp} \\
 &= 0,00039 \text{ lb/ft.s} \\
 &= 0,0005777 \text{ kg/m.s}
 \end{aligned}$$

3. Menentukan Dimensi Dekanter

• Menghitung waktu tinggal dalam decanter

Dari Coulson, J. M. Hal. 444 waktu tinggal cairan yang baik dalam decanter berkisar 2-5 menit

$$\begin{aligned}
 \text{maka dirancang } t &= 5 \text{ menit} \\
 &= 0,0833333 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

• Menghitung Volume Decanter

$$V_D = \frac{M_{feed} \cdot t}{\rho_{feed}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{maka, VD} &= \frac{8744,402 \times 0,0833}{977,241} \\
 &= 0,7315252 \text{ m}^3 \\
 &= 25,833812 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{over desing} &= 20\% \\
 \text{Volume Decanter} &= 1,2 \times 24,3567 \\
 &= 31,000575 \text{ ft}^3 \\
 &= 0,8778302 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

• Menghitung Diameter dan panjang decanter

Direncanakan decanter horizontal dengan $L/D = 3$ tetap berbentuk torispherical.

Diketahui:

$$V_t = 0,000049 D_i^3$$

Keterangan:

$$V_t = \text{volume torispherical head (ft}^3) \quad (\text{Pers. 5-11, hal 88 Brownell})$$

$$D_i = \text{diameter volume tangki (in)}$$

maka;

$$\text{Volume decanter} = \text{Volume silinder} + \text{volume tutup}$$

$$\text{Volume decanter} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_i^2 \cdot L + [(2) \cdot (0,000049 \cdot D_i^3)]$$

$$31,00057473 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_i^2 \cdot 3D + [(0,000098) \cdot D^3]$$

$$31,00057473 = D_i^3 \left\{ \frac{3}{4} \pi + 0,000098 \right\}$$

$$31,00057473 = D_i^3 \left\{ \frac{3}{4} 3,14 + 0,000098 \right\}$$

$$31,00057473 = Di^3 \left\{ \frac{3}{4} 3,14 + 0,000098 \right\}$$

$$31,00057473 = 2,355098 x D^3$$

$$D^3 = 13,163178$$

$$D = 2,31524 \text{ ft} \quad 27,78288 \text{ in} \quad 0,705651 \text{ m}$$

$$L = 3 Di$$

$$= 6,94572 \text{ ft} \quad 83,34864 \text{ in} \quad 2,116952 \text{ m}$$

4. Menghitung Volume Fase ringan dan Fase berat

• Menghitung Volume Fase Ringan

$$\text{Volume cairan (V1)} = \frac{m_1 \cdot t}{\rho_1}$$

$$V1 = \frac{7270,2835 \times 0,083333}{971,217479}$$

$$V1 = 0,5829915 \text{ m}^3$$

$$V1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 1}}}$$

$$0,582991535 = \frac{3,14 \times 0,705651^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 1}}}$$

$$H_{\text{cairan 1}} = \frac{0,5829915}{0,8037465}$$

$$= 0,7253425 \text{ m}$$

• Menghitung Volume Fase Berat

$$\text{Volume cairan (V2)} = \frac{m_2 \cdot t}{\rho_2}$$

$$V2 = \frac{1216,481 \times 0,083333}{994,3713}$$

$$V2 = 0,1527578 \text{ m}^3$$

$$V2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 2}} + (0,000049 \times Di^3)}$$

$$0,152757843 = \frac{3,14 \times 0,705651^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 2}} + (0,000049 \times 1,01187^3)}$$

$$H_{\text{cairan 2}} = \frac{0,1527578}{0,3908835}$$

$$= 0,3908014 \text{ m}$$

5. Menghitung ketebalan shell (ts)

$$ts = \frac{P \times r}{f \cdot E - 0,6P} + c \quad (\text{Brownell, 1959. p. 254.,eq 13.1})$$

Keterangan

ts	=	Tebal dinding Shell (in)
P	=	Tekanan desing (psia)
r	=	Jari-jari dekanter (in)
f	=	Maksimum allowable stress (Psia)
E	=	Efisiensi Pengelasan
c	=	faktor korosi

Mencari tekanan hidrostatik:

$$\text{volume cairan} = h_{\text{cairan}} \times \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\begin{aligned} 0,731525195 &= h_{\text{cairan}} \times 0,390885 \\ h_{\text{cairan}} &= \frac{0,7315252}{0,3908852} \\ &= 1,8714579 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{hidrostatik}} &= \rho \cdot g \cdot h_{\text{cairan}} \\ &= 930,4561 \times 9,8 \times 1,7644545 \\ &= 15916,636 \text{ N/m}^2 \\ &= 2,3084317 \text{ psi} \end{aligned}$$

Diketahui bahwa:

$$\begin{aligned} P &= P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}} \\ &= 14,7 + 2,3334481 \text{ psi} \\ &= 17,008432 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r &= D_i/2 \\ &= 13,89144 \text{ in} \quad 0,35284328 \text{ m} \quad 1,213781 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$f = 13750 \text{ psi}$$

$$E = 0,85$$

$$c = 0,125$$

$$t_s = 0,1452334 \text{ in}$$

$$\text{jadi, tebal shell minimum yang dibutuhkan adalah} = 0,145233 \text{ in}$$

$$\text{maka digunakan ketebalan standar untuk shell adalah} = (3/16) \text{ in}$$

$$= 0,1875 \text{ in}$$

6. Menentukan tebal head (th)

Direncanakan berbentuk torispherical

$$\text{OD} = \text{OD shell} + 2t_s$$

$$\text{OD} = 27,78288 + (2 \times 0,1875)$$

$$= 28,15788 \text{ in}$$

$$\text{OD standart} = 30 \text{ in}$$

$$\text{ID} = \text{OD} - 2t_s$$

$$= 30 - (2 \times 0,1875)$$

$$= 29,625 \text{ in} \quad 0,7524765 \text{ m} \quad 2,588519 \text{ ft}$$

$$H = 2 \times \text{ID}$$

$$= 2 \times 29,625$$

$$= 59,25 \text{ in} \quad 1,50495301 \text{ m} \quad 5,177038 \text{ ft}$$

dari tabel 5.7 hal 91; Brownell, 1979 untuk OD = 30 in dan $t_s = 1/4$ in diperoleh harga :

$$\text{OD} = 30 \text{ in} \quad 0,76200152 \text{ m} \quad 2,621285 \text{ ft}$$

$$t_s = 0,1875 \text{ in} \quad 0,00476251 \text{ m} \quad 0,016383 \text{ ft}$$

$$\text{icr} = 1 \frac{7}{8} \text{ in}$$

$$= 1,88 \text{ in}$$

$$r = 30 \text{ in}$$

(Persamaan 7.77 Brownell and Young, 1959 hal :138)

Faktor (W) untuk tipe torispherical, dihitung dengan rumus:

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

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{30}{1,88}} \right)$$

$$W = 1,75$$

maka:

$$th = \frac{P \times r \times W}{2f \cdot E - 0,2P} + c$$

$$th = \frac{17,033448 \text{ psia} \times 42 \times 1,75}{(2 \times 13750 \text{ psia} \times 0,85) - (0,2 \times 17,033448 \text{ psia})} + 0,125$$

$$= 0,1632063 \text{ in}$$

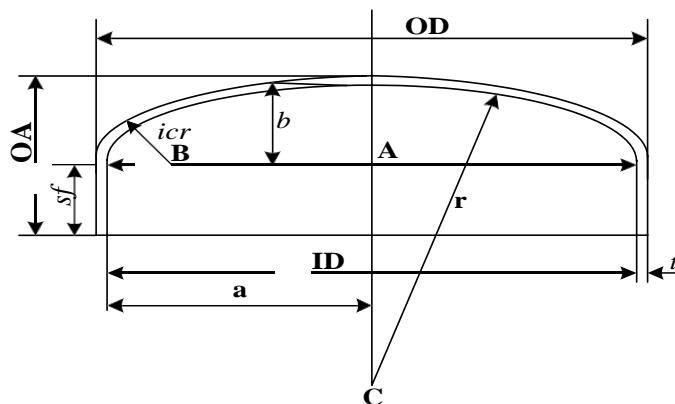
$$= (3/16)$$

$$= 0,1875 \text{ in}$$

7. Menghitung tinggi Head

dari tabel 5.4 Brownell diketahui nilai sf dengan th 3/16 " adalah 1 1/2 - 2" maka

dipilih nilai sf = 2



$$ID = OD - 2ts$$

$$= 30 - (2 \times 0,1875)$$

$$= 29,625 \text{ in} \quad 0,7524765 \text{ m} \quad 2,588519 \text{ ft}$$

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

$$a = \frac{29,625}{2}$$

$$= 14,8125 \text{ in} \quad 0,37623825 \text{ m} \quad 1,29426 \text{ ft}$$

$$AB = a - icr$$

$$= 14,8125 - 1,88$$

$$= 12,94 \text{ in} \quad 0,32861316 \text{ m} \quad 1,130429 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}
 BC &= r-icr \\
 &= 30-1,88 \\
 &= 28,13 \text{ in} \quad 0,71437643 \text{ m} \quad 2,457455 \text{ ft} \\
 AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\
 &= \sqrt{28,13^2 - 12,94^2} \\
 &= 24,977706 \text{ in} \quad 0,63443499 \text{ m} \quad 2,182456 \text{ ft} \\
 b &= r-AC \\
 b &= 30-24,977706 \\
 &= 5,0222945 \text{ in} \quad 0,12756654 \text{ m} \quad 0,438829 \text{ ft} \\
 h \text{ head} &= th + b + sf \\
 &= 0,1875+5,0222945 + 2 \\
 &= 7,2097945 \text{ in} \quad 0,18312915 \text{ m} \quad 0,629964 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

7. Menentukan panjang dekanter total

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Dekanter} &= \text{Panjang Shell} + 2 (\text{Panjang Head}) \\
 &= 83,34864 + (2 \times 9,260314) \\
 &= 97,768229 \text{ in} \quad 2,48331798 \text{ m} \quad 8,542614 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Jadi panjang dekanter yang direncanakan adalah 2,483318 meter

8. merancang pipa

A. Menentukan ukuran pipa masuknya umpan (A pipa)

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
Trigliserida	4127,159208	0,69	5954,122
FFA	156,6976437	0,88	178,298508
CH3OH	288,4503787	0,77	372,992964
H2SO4	47,91976873	1,81	26,4100795
H2O	1549,701877	1,01	1528,86347
Metil Ester	2355,711761	0,87	2718,21259
Total	8525,640637		10778,8996

$$Q \text{ umpan} = 10778,9 \text{ L/jam} \quad 10,7788996 \text{ m}^3/\text{jam} \quad 0,002994 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A \text{ pipa} = \frac{Q_{\text{umpan}}}{\text{kecepatan linier umpan}}$$

Menurut Schweitzer, kecepatan linier umpan disyaratkan 0,6096 – 1 m/detik.

Diambil kecepatan linier umpan 1 m/detik.

$$\begin{aligned}
 A \text{ pipa} &= \frac{10,7789 \text{ m}^3/\text{jam}}{1 \text{ m/s}} \quad \times \quad \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ s}} \\
 &= 0,0029941 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

• Menghitung diameter dalam pipa (ID)

$$\begin{aligned}
 ID &= \left(\frac{4 \cdot A_{\text{pipa}}}{\pi} \right)^{0,5} \\
 &= \left(\frac{4 \cdot 0,0028687}{3,14} \right)^{0,5}
 \end{aligned}$$

$$= 0,0617591 \text{ m} \quad 2,43146162 \text{ in}$$

Berdasarkan ID yang telah dihitung, maka dapat disesuaikan dengan ukuran pipa standar dengan melihat tabel 11 kern,:844,1965 yaitu:

• **Tinggi pipa pada umpan masuk**

$$\begin{aligned} \text{tinggi pipa umpan} &= 0,5 \times \text{diameter decanter} \\ &= 0,5 \times 1,01187 \quad \text{m} \\ &= 0,3528254 \text{ m} \quad 13,8907343 \text{ in} \quad 1,213719 \text{ ft} \end{aligned}$$

844

PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
2½	2.88	40* 80†	2.469	4.79	0.753	0.647	5.80
			2.323	4.23			

$$\begin{aligned} \text{Nominal Pipe size, IPS} &= 2,5 \text{ in} \\ \text{Schedule Number, Sch} &= 40 \text{ in} \\ \text{Outside Diameter, OD} &= 2,88 \text{ in} \\ \text{inside diameter, ID} &= 2,469 \text{ in} \\ \text{Flow area per pipe} &= 4,79 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

B. Menentukan ukuran pipa keluaran fase berat

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
CH3OH	288,2957037	0,77	372,792955
H2SO4	47,89407283	1,81	26,3959177
H2O	1486,58641	1,01	1466,5967
Total	1822,776187		1865,78557

$$Q \text{ fase berat} = 1865,7856 \text{ L/jam} \quad 1,86578557 \text{ m}^3/\text{jam} \quad 0,000518 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ukuran pipa pengeluaran fase berat dihitung dengan persamaan:

$$D_i = 3,0 \times (Q_L)^{0,36} \times (\mu_H)^{0,18}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} D_i &= \text{Diameter dalam pipa (in)} \\ Q_H &= \text{Kecepatan Volume fase berat (ft/s)} \\ \mu_H &= \text{Viskositas fase berat (CP)} \end{aligned}$$

maka dapat dihitung : (Peter, M.,S.,1980)

$$Q_H = 0,0005183 \text{ m}^3/\text{s} \quad 0,01830268 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\mu_H = 0,578 \text{ Cp}$$

$$\begin{aligned} D_i &= 3,0 \times (0,003425)^{0,36} \times (0,558)^{0,18} \\ &= 0,6437694 \text{ in} \quad 0,01635177 \text{ m} \quad 0,05625 \text{ ft} \end{aligned}$$

• **Tinggi pipa pada fase berat**

$$\begin{aligned} \text{Posisi pipa keluar fase berat} &= 0,7 \times \text{panjang decanter} \\ &= 1,73832259 \text{ m} \quad 68,43776 \text{ in} \end{aligned}$$

844

PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal	OD, in.	Schedule	ID, in.	Flow area	Surface per lin ft, ft. ² /ft.	Weight
2½	2.88	40* 80†	2.469	4.79	0.753	5.80
			2.323	4.23		

pipe size, IPS, in.	OD, in.	No.	ID, in.	per pipe, in. ²	Outside	Inside	per lin ft, lb steel
3/8	0.675	40* 80†	0.493 0.423	0.192 0.141	0.177	0.129 0.111	0.57 0.74

Nominal Pipe size, IPS	=	3/8 in
Schedule Number, Sch	=	40 in
Outside Diameter, OD	=	0,675 in
inside diameter, ID	=	0,493 in
Flow area per pipe	=	0,192 in ²

C. Menentukan ukuran pipa keluaran fase ringan

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
Trigliserida	4127,159208	0,69	5954,122
FFA	156,6976437	0,88	178,298508
CH ₃ OH	0	0,77	0
H ₂ SO ₄	0	1,81	0
H ₂ O	154,9701877	1,01	152,886347
Metil Ester	2355,711761	0,87	2718,21259
Total	6794,5388		9003,51945

$$Q \text{ fase berat} = 9003,5195 \text{ L/jam} = 9,00351945 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,002501 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ukuran pipa pengeluaran fase berat dihitung dengan persamaan:

$$D_i = 3,0 \times (Q_L)^{0,36} \times (\mu_L)^{0,18}$$

Keterangan:

D_i	=	Diameter dalam pipa (in)
Q_H	=	Kecepatan Volume fase berat (ft/s)
μ_H	=	Viskositas fase berat (CP)

maka dapat dihitung : (Peter, M.,S.,1980)

Q_H	=	0,002501 m ³ /s	0,08832127 ft ³ /s
μ_H	=	11,357 Cp	
D_i	=	$3,0 \times (0,109645)^{0,36} \times (2,798)^{0,18}$	
	=	1,9393247 in	0,04925895 m
			0,169451 ft

• Tinggi pipa pada fase berat

Posisi pipa keluar fase berat	=	0,9 x panjang decanter
	=	1,73832259 m
		68,43776

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
2 1/2	2.88	40*	2.469	4.79	0.753	0.647	5.80
		80†	2.323	4.23		0.609	7.67

Nominal Pipe size, IPS	=	2 1/2 in
Schedule Number, Sch	=	40 in
Outside Diameter, OD	=	2,88 in
inside diameter, ID	=	2,469 in
Flow area per pipe	=	4,79 in ²

RESUME		
Nama Alat	=	Decanter 4
Kode	=	H-320
Fungsi	=	Memisahkan impuritas dan air dari POME
Type	=	Horizontal Decanter
Bahan	=	Stainless Steel AISI (316) (18Cr, 12Ni, 2.5Mo)
Jumlah	=	1 buah
Kriteria		Ukuran
Diameter decanter	=	0,7057 m
panjang decanter	=	2,4833 m
Tebal dinding (ts)	=	0,1875 in
Tebal Head (th)	=	0,1875 in
waktu tinggal	=	5 menit
Volume decanter	=	0,8778 m ³
kecepatan volumetrik fase ringan (QL)	=	0,0029941 m ³ /s
kecepatan volumetrik fase berat (QH)	=	0,0005183 m ³ /s
Tekanan perancangan	=	17,008432 psi
Perancangan Pipa Umpan:		
Nominal Pipe size, IPS	=	2,5 in
Schedule Number , Sch	=	40 in
Outside Diameter,OD	=	2,88 in
inside diameter, ID	=	2,469 in
Flow area per pipe	=	4,79 in ²
Perancangan Pipa Fraksi Berat		
Nominal Pipe size, IPS	=	3/8 in
Schedule Number , Sch	=	40 in
Outside Diameter,OD	=	0,675 in
inside diameter, ID	=	0,493 in
Flow area per pipe	=	0,192 in ²
Perancangan Pipa Fraksi Ringan		
Nominal Pipe size, IPS	=	2,5 in
Schedule Number , Sch	=	40 in
Outside Diameter,OD	=	2,88 in
inside diameter, ID	=	2,469 in
Flow area per pipe	=	4,79 in ²

Decanter

Kode	=	H-514
Jenis	=	Decanter centrifugal
Fungsi	=	memisahkan komponen air dan minyak sebelum di lakukan pencucian didalam wash tank.
Bentuk	=	Silinder horizontal
Bahan	=	Stainless Steel AISI (316) (18Cr, 12Ni, 2.5Mo)
Kondisi operasi		
~ Tekanan	=	1 atm
~ Temperatur	=	40 oC 313,15 oK
	1 m ³ =	35,3147 cuft
	1 kg/m ³ =	0,06243 lb/cuft (Perry)

1. Menghitung Densitas Cairan

• Menghitung Densitas Campuran Lapisan atas

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	269,7714757	845,85	0,0359322	0,3189369	0,006808	693,16
FFA	156,6136182	269,28	0,02086015	0,5815971	0,012414	878,85
CH ₃ OH	449,2004411	32,00	0,05983124	14,037514	0,299626	773,34
NaOH	164,9978445	40,00	0,02197688	4,1249461	0,088046	1904,883
H ₂ O	71,62738024	18,00	0,00954041	3,9792989	0,084937	1013,63
Metil Ester	6227,854294	283,28	0,82951885	21,984645	0,469256	866,64
Gliserol	167,7260714	92,00	0,02234027	1,8231095	0,038914	1253,66
Total	7507,791126			1 46,850048	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	μ .x	V (L)
Trigliserida	269,7714757	845,85	4,71876321	24,20	0,164744	186994,8
FFA	156,6136182	269,28	10,9100545	24,20	0,300419	137639,9
CH ₃ OH	449,2004411	32,00	231,713125	0,47	0,140824	347384,7
NaOH	164,9978445	40,00	167,716793	37,00	3,257692	314301,6
H ₂ O	71,62738024	18,00	86,0946138	0,51	0,043318	72603,66
Metil Ester	6227,854294	283,28	406,675639	14,15	6,640905	5397308
Gliserol	167,7260714	92,00	48,78457	133,78	5,205877	210271,5
Total	7507,791126		956,613559		15,75378	6666504

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	956,6136	kg/m ³	=	59,7214	lb/cuft
Fv campuran	=	6968,858	m ³ /jam	=	246103,1	cuft/jam
μ campuran	=	15,754	Cp	=	0,01059	lb/ft.s

• Menghitung Densitas Campuran Lapisan Bawah

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
CH ₃ OH	673,8006617	32,00	0,52627207	21,056271	0,652193	773,34
NaOH	247,4967667	98,00	0,19330737	2,5254772	0,078224	1814,45
H ₂ O	107,4410704	18,00	0,08391686	5,9689484	0,184881	1013,63
Gliserol	251,5891072	92,00	0,1965037	2,7346642	0,084703	1253,66
Total	1280,327606			1 32,28536	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	μ .x	V (L)
----------	----------------	----	------	--------	------	-------

CH3OH	673,8006617	32,00	504,366565	0,47	0,30653	521077
NaOH	247,4967667	98,00	141,932816	37,00	2,894273	449070,5
H2O	107,4410704	18,00	187,400885	0,51	0,094289	108905,5
Gliserol	251,5891072	92,00	106,188659	133,78	11,33156	315407,2
Total	1280,327606		939,888925		14,62665	1394460

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	939,8889	kg/m ³	=	58,6773	lb/cuft
Fv campuran	=	1483,644	m ³ /jam	=	52394,4	cuft/jam
μ campuran	=	14,627	Cp	=	0,00983	lb/ft.s

• Menghitung Viskositas Umpan

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	269,7714757	845,85	0,0306973	0,3189369	0,003852	693,16
FFA	156,6136182	269,28	0,01782106	0,5815971	0,007024	878,85
CH3OH	1123,001103	32,00	0,12778629	35,093784	0,423852	773,34
NaOH	412,4946112	40,00	0,04693776	10,312365	0,124549	1904,88
H2O	179,0684506	18,00	0,0203762	9,9482473	0,120152	1013,63
Metil Ester	6227,854294	283,28	0,70866752	21,984645	0,265524	866,64
Gliserol	419,3151786	92,00	0,04771387	4,5577737	0,055047	1253,66
Total	8788,118731			1	82,79735	1

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	$\mu \cdot x$	V (L)
Trigliserida	269,7714757	845,85	2,67006469	24,20	0,093219	186994,8
FFA	156,6136182	269,28	6,17334458	24,20	0,169989	137639,9
CH3OH	1123,001103	32,00	327,781352	0,47	0,19921	868461,7
NaOH	412,4946112	40,00	237,25215	37,00	4,60833	785754
H2O	179,0684506	18,00	121,789428	0,51	0,061277	181509,2
Metil Ester	6227,854294	283,28	230,113319	14,15	3,757689	5397308
Gliserol	419,3151786	92,00	69,0106454	133,78	7,364233	525678,7
Total	8788,118731		994,790304		16,25395	1978850

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	994,7903	kg/m ³	=	62,1048	lb/cuft
Fv campuran	=	1989,214	m ³ /jam	=	70248,5	cuft/jam
μ campuran	=	16,254	Cp	=	0,01092	lb/ft.s

2. Menghitung Fase Terdispersi

• Fase ringan

m _l	=	7507,7911	Kg/jam
	=	2,0854975	Kg/s
ρ_l	=	994,7903	Kg/m ³
ρ_l	=	994,7903	Kg/m ³
	=	62,104759	lb/cuft
Q _l	=	m/ ρ	
	=	7,5471093	m ³ /jam
	=	0,0020964	m ³ /s
	=	0,0740344	ft ³ /s

$$\begin{aligned}\mu_1 &= 15,754 \text{ Cp} \\ &= 0,01059 \text{ lb/ft.s} \\ &= 0,0157537 \text{ kg/m.s}\end{aligned}$$

• **Fase berat**

$$\begin{aligned}m_2 &= 1280,3276 \text{ Kg/jam} \\ &= 0,3556466 \text{ Kg/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_2 &= 939,8889 \text{ Kg/m}^3 \\ &= 939,8889 \text{ Kg/m}^3 \\ &= 58,677266 \text{ lb/cuft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_2 &= m/\rho \\ &= 1,3622116 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,0003784 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 0,0133628 \text{ ft}^3/\text{s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_2 &= 14,627 \text{ Cp} \\ &= 0,00983 \text{ lb/ft.s} \\ &= 0,0146266 \text{ kg/m.s}\end{aligned}$$

3. Menentukan Dimensi Dekanter

• **Menghitung waktu tinggal dalam decanter**

Dari Coulson, J. M. Hal. 444 waktu tinggal cairan yang baik dalam decanter berkisar 2-5 menit

$$\begin{aligned}\text{maka dirancang } t &= 5 \text{ menit} \\ &= 0,0833333 \text{ jam}\end{aligned}$$

• **Menghitung Volume Decanter**

$$V_D = \frac{M_{feed} \cdot t}{\rho_{feed}}$$

$$\begin{aligned}\text{maka, VD} &= \frac{9498,194 \times 0,0833}{1000,198} \\ &= 0,7361785 \text{ m}^3 \\ &= 25,998144 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{over desing} &= 20\% \\ \text{Volume Decanter} &= 1,2 \times 27,9476 \\ &= 31,97772 \text{ ft}^3 \\ &= 0,8834142 \text{ m}^3\end{aligned}$$

• **Menghitung Diameter dan panjang decanter**

Direncanakan decanter horizontal dengan $L/D = 3$ tetap berbentuk torispherical.

Diketahui:

$$V_t = 0,000049 D_i^3$$

Keterangan:

$$V_t = \text{volume torispherical head (ft}^3) \quad (\text{Pers. 5-11, hal 88 Brownell})$$

$$D_i = \text{diameter volume tangki (in)}$$

maka;

$$\begin{aligned}
 \text{Volume decanter} &= \text{Volume silinder + volume tutup} \\
 \text{Volume decanter} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot Di^2 \cdot L + [(2) \cdot (0,000049 \cdot Di^3)] \\
 31,19777222 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot Di^2 \cdot 3D + [(0,000098) \cdot Di^3] \\
 31,19777222 &= Di^3 \left\{ \frac{3}{4} \pi + 0,000098 \right\} \\
 31,19777222 &= Di^3 \left\{ \frac{3}{4} 3,14 + 0,000098 \right\} \\
 31,19777222 &= Di^3 \left\{ \frac{3}{4} 3,14 + 0,000098 \right\} \\
 31,19777222 &= 2,355098 \times D^3 \\
 D^3 &= 13,24691 \\
 D &= 2,42385 \text{ ft} \qquad 29,0862 \text{ in} \qquad 0,738753 \text{ m} \\
 L &= 3 Di \\
 &= 7,27155 \text{ ft} \qquad 87,2586 \text{ in} \qquad 2,21626 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4. Menghitung Volume Fase ringan dan Fase berat

• Menghitung Volume Fase Ringan

$$\begin{aligned}
 \text{Volume cairan (V1)} &= \frac{m_1 \cdot t}{\rho_1} \\
 V1 &= \frac{7840,5101 \times 0,083333}{994,7903037} \\
 V1 &= 0,6289258 \text{ m}^3 \\
 V1 &= \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 1}}} \\
 0,628925773 &= \frac{3,14 \times 0,738753}{4 \cdot H_{\text{cairan 1}}} \\
 H_{\text{cairan 1}} &= \frac{0,6289258}{0,8037465} \\
 &= 0,7824927 \text{ m}
 \end{aligned}$$

• Menghitung Volume Fase Berat

$$\begin{aligned}
 \text{Volume cairan (V2)} &= \frac{m_2 \cdot t}{\rho_2} \\
 V2 &= \frac{1403,027 \times 0,083333}{939,8889} \\
 V2 &= 0,1135176 \text{ m}^3 \\
 V2 &= \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 2}} + (0,000049 \times Di^3)} \\
 0,113517634 &= \frac{3,14 \times 0,738753^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 2}} + (0,000049 \times 0,738753^3)} \\
 H_{\text{cairan 2}} &= \frac{0,1135176}{0,4284168} \\
 &= 0,2649701 \text{ m}
 \end{aligned}$$

5. Menghitung ketebalan shell (ts)

$$ts = \frac{P \times r}{f \cdot E - 0,6P} + c \quad (\text{Brownell, 1959. p. 254.,eq 13.1})$$

Keterangan

ts	=	Tebal dinding Shell (in)
P	=	Tekanan desing (psia)
r	=	Jari-jari dekanter (in)
f	=	Maksimum allowable stress (Psia)
E	=	Efisiensi Pengelasan
c	=	faktor korosi

Mencari tekanan hidrostatik:

$$\text{volume cairan} = h_{\text{cairan}} \times \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\begin{aligned} 0,736178494 &= h_{\text{cairan}} \times 0,428419 \\ h_{\text{cairan}} &= \frac{0,7361785}{0,428419} \\ &= 1,7183612 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{hidrostatik}} &= \rho \cdot g \cdot h_{\text{cairan}} \\ &= 969,1737 \times 9,8 \times 1,8472147 \\ &= 16109,314 \text{ N/m}^2 \\ &= 2,3363763 \text{ psi} \end{aligned}$$

Diketahui bahwa:

$$\begin{aligned} P &= P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}} \\ &= 14,7 + 2,5445489 \quad \text{psi} \\ &= 17,036376 \text{ psi} \\ r &= D_i/2 \\ &= 14,5431 \text{ in} \quad 0,36939548 \text{ m} \quad 1,27072 \text{ ft} \\ f &= 13750 \text{ psi} \\ E &= 0,85 \\ c &= 0,125 \\ ts &= 0,1462174 \text{ in} \\ \text{jadi, tebal shell minimum yang dibutuhkan adalah} &= 0,146217 \text{ in} \\ \text{maka digunakan ketebalan standar untuk shell adalah} &= (3/16) \text{ in} \\ &= 0,1875 \text{ in} \end{aligned}$$

6. Menentukan tebal head (th)

Direncanakan berbentuk torispherical

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{OD shell} + 2ts \\ \text{OD} &= 29,0862 + (2 \times 0,1875) \\ &= 29,4612 \text{ in} \quad 29,0862 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{OD standart} &= 30 \text{ in} \\ \text{ID} &= \text{OD} - 2ts \\ &= 30 - (2 \times 0,1875) \\ &= 29,625 \text{ in} \quad 0,7524765 \text{ m} \quad 2,588519 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= 2 \times \text{ID} \\
 &= 2 \times 29,625 \\
 &= 59,25 \text{ in} \quad 1,50495301 \text{ m} \quad 5,177038 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

dari tabel 5.7 hal 91; Brownell, 1979 untuk OD = 30 in dan ts = 1/4 in diperoleh harga :

$$\begin{aligned}
 \text{OD} &= 30 \text{ in} & 0,76200152 \text{ m} & 2,621285 \text{ ft} \\
 \text{ts} &= 0,1875 \text{ in} & 0,00476251 \text{ m} & 0,016383 \text{ ft} \\
 \text{icr} &= 1 \frac{7}{8} \text{ in} \\
 &= 1,88 \text{ in} \\
 r &= 30 \text{ in}
 \end{aligned}$$

(Persamaan 7.77 Brownell and Young, 1959 hal :138)

Faktor (W) untuk tipe torispherical, dihitung dengan rumus:

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

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{30}{1,88}} \right)$$

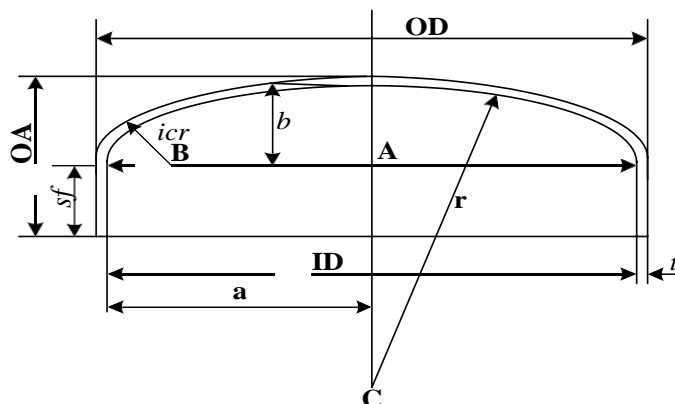
$$W = 1,75$$

maka:

$$\begin{aligned}
 th &= \frac{P \times r \times W}{2f \cdot E - 0,2P} + c \\
 \text{th} &= \frac{17,244549 \text{ psia} \times 42 \times 1,75}{(2 \times 13750 \text{ psia} \times 0,85) - (0,2 \times 17,244549 \text{ psia})} + 0,125 \\
 &= 0,1632691 \text{ in} \\
 &= (3/16) \\
 &= 0,1875 \text{ in}
 \end{aligned}$$

7. Menghitung tinggi Head

dari tabel 5.4 Brownell diketahui nilai sf dengan th 3/16 " adalah 1 1/2 - 2" maka dipilih nilai sf = 2



$$\begin{aligned}
 \text{ID} &= \text{OD} - 2ts \\
 &= 30 - (2 \times 0,1875) \\
 &= 29,625 \text{ in} \quad 0,7524765 \text{ m} \quad 2,588519 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$a = \text{ID}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{\frac{2}{29,625}}{2} \\
 &= 14,8125 \text{ in} \quad 0,37623825 \text{ m} \quad 1,29426 \text{ ft} \\
 AB &= a - icr \\
 &= 14,8125 - 1,88 \\
 &= 12,94 \text{ in} \quad 0,32861316 \text{ m} \quad 1,130429 \text{ ft} \\
 BC &= r - icr \\
 &= 30 - 1,88 \\
 &= 28,13 \text{ in} \quad 0,71437643 \text{ m} \quad 2,457455 \text{ ft} \\
 AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\
 &= \sqrt{28,13^2 - 12,94^2} \\
 &= 24,977055 \text{ in} \quad 0,63441847 \text{ m} \quad 2,1824 \text{ ft} \\
 b &= r - AC \\
 b &= 30 - 24,977055 \\
 &= 5,022945 \text{ in} \quad 0,12758306 \text{ m} \quad 0,438886 \text{ ft} \\
 h \text{ head} &= th + b + sf \\
 &= 0,1875 + 5,022945 + 2 \\
 &= 7,210445 \text{ in} \quad 0,18314567 \text{ m} \quad 0,630021 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

7. Menentukan panjang dekanter total

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Dekanter} &= \text{Panjang Shell} + 2 (\text{Panjang Head}) \\
 &= 87,2586 + (2 \times 9,260314) \\
 &= 101,67949 \text{ in} \quad 2,58266421 \text{ m} \quad 8,884365 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Jadi panjang dekanter yang direncanakan adalah 2,5826642 meter

8. merancang pipa

A. Menentukan ukuran pipa masuknya umpan (A pipa)

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q (L/jam)
Trigliserida	269,7714757	0,69	389,190772
FFA	156,6136182	0,88	178,202899
CH ₃ OH	1123,001103	0,77	1452,14408
NaOH	412,4946112	1,90	216,545904
H ₂ O	179,0684506	1,01	176,660567
Metil Ester	6227,854294	0,87	7186,20684
Gliserol	419,3151786	1,25	334,472806
Total	8788,118731		9933,42387

$$\begin{aligned}
 Q \text{ umpan} &= 9933,4239 \text{ L/jam} \quad 9,93342387 \text{ m}^3/\text{jam} \quad 0,002759 \text{ m}^3/\text{s} \\
 A \text{ pipa} &= \frac{Q_{\text{umpan}}}{\text{kecepatan linier umpan}}
 \end{aligned}$$

Menurut Schweitzer, kecepatan linier umpan disyaratkan 0,6096 – 1 m/detik.
Diambil kecepatan linier umpan 1 m/detik.

$$\begin{aligned}
 A_{\text{pipa}} &= \frac{9,9334239 \text{ m}^3/\text{jam}}{1 \text{ m/s}} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ s}} \\
 &= 0,0027593 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

• Menghitung diameter dalam pipa (ID)

$$\begin{aligned}
 ID &= \left(\frac{4 \cdot A_{\text{pipa}}}{\pi} \right)^{0,5} \\
 &= \left(\frac{4 \cdot 0,0029282}{3,14} \right)^{0,5} \\
 &= 0,0592875 \text{ m} \quad 2,33415498 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan ID yang telah dihitung, maka dapat disesuaikan dengan ukuran pipa standar dengan melihat tabel 11 kern, :844,1965 yaitu:

• Tinggi pipa pada umpan masuk

$$\begin{aligned}
 \text{tinggi pipa umpan} &= 0,5 \times \text{diameter decanter} \\
 &= 0,5 \times 0,0613869 \text{ m} \\
 &= 0,3693767 \text{ m} \quad 14,5423612 \text{ in} \quad 1,270656 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

844

PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
2½	2.88	40*	2.469	4.79	0.753	0.647	5.80
			2.323	4.23			

$$\begin{aligned}
 \text{Nominal Pipe size, IPS} &= 2,5 \text{ in} \\
 \text{Schedule Number, Sch} &= 40 \text{ in} \\
 \text{Outside Diameter, OD} &= 2,88 \text{ in} \\
 \text{inside diameter, ID} &= 2,469 \text{ in} \\
 \text{Flow area per pipe} &= 4,79 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

B. Menentukan ukuran pipa keluaran fase berat

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
CH ₃ OH	673,8006617	0,77	871,286448
NaOH	247,4967667	1,90	129,927542
H ₂ O	107,4410704	1,25	85,7019211
Gliserol	251,5891072	1,01	248,206059
Total	1280,327606		1335,12197

$$Q_{\text{fase berat}} = 1335,122 \text{ L/jam} \quad 1,33512197 \text{ m}^3/\text{jam} \quad 0,000371 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ukuran pipa pengeluaran fase berat dihitung dengan persamaan:

$$D_i = 3,0 \times (Q_L)^{0,3} \times (\mu_L)^{0,18}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned}
 D_i &= \text{Diameter dalam pipa (in)} \\
 Q_H &= \text{Kecepatan Volume fase berat (ft/s)} \\
 \mu_H &= \text{Viskositas fase berat (CP)}
 \end{aligned}$$

maka dapat dihitung :

$$Q_H = 0,0003709 \text{ m}^3/\text{s} \quad 0,01309706 \text{ ft}^3/\text{s}$$

(Peter, M.,S.,1980)

$$\begin{aligned}\mu H &= 14,627 \text{ Cp} \\ Di &= 3,0 \times (0,0004555)^{0,36} \times (1,183)^{0,18} \\ &= 1,0210099 \text{ in} \quad 0,0259337 \text{ m} \quad 0,089212 \text{ ft}\end{aligned}$$

• **Tinggi pipa pada fase berat**

$$\begin{aligned}\text{Posisi pipa keluar fase berat} &= 0,7 \times \text{panjang decanter} \\ &= 1,80786495 \text{ m} \quad 71,17564 \text{ in}\end{aligned}$$

844

PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
¾	1.05	40*	0.824	0.534	0.275	0.216	1.13
		80†	0.742	0.432		0.194	1.48

$$\begin{aligned}\text{Nominal Pipe size, IPS} &= 3/4 \text{ in} \\ \text{Schedule Number, Sch} &= 40 \text{ in} \\ \text{Outside Diameter, OD} &= 1,05 \text{ in} \\ \text{inside diameter, ID} &= 0,824 \text{ in} \\ \text{Flow area per pipe} &= 0,534 \text{ in}^2\end{aligned}$$

C. Menentukan ukuran pipa keluaran fase ringan

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
Trigliserida	269,7714757	0,69	389,190772
FFA	156,6136182	0,88	178,202899
CH ₃ OH	449,2004411	0,77	580,857632
H ₂ SO ₄	164,9978445	1,90	86,6183616
H ₂ O	71,62738024	1,01	70,6642268
Metil Ester	6227,854294	0,87	7186,20684
Gliserol	167,7260714	1,25	133,789123
Total	7507,791126		8625,52985

$$Q \text{ fase berat} = 8625,5299 \text{ L/jam} \quad 8,62552985 \text{ m}^3/\text{jam} \quad 0,002396 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ukuran pipa pengeluaran fase berat dihitung dengan persamaan:

$$Di = 3,0 \times (Q_L)^{0,36} \times (\mu_L)^{0,18}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned}Di &= \text{Diameter dalam pipa (in)} \\ QH &= \text{Kecepatan Volume fase berat (ft/s)} \\ \mu H &= \text{Viskositas fase berat (CP)}\end{aligned}$$

maka dapat dihitung : (Peter, M.,S.,1980)

$$\begin{aligned}QH &= 0,002396 \text{ m}^3/\text{s} \quad 0,08461333 \text{ ft}^3/\text{s} \\ \mu H &= 15,754 \text{ Cp} \\ Di &= 3,0 \times (0,0024913)^{0,36} \times (12,396)^{0,18} \\ &= 2,0254824 \text{ in} \quad 0,05144736 \text{ m} \quad 0,176979 \text{ ft}\end{aligned}$$

• **Tinggi pipa pada fase berat**

$$\begin{aligned}\text{Posisi pipa keluar fase berat} &= 0,9 \times \text{panjang decanter} \\ &= 1,80786495 \text{ m} \quad 71,17564 \text{ in}\end{aligned}$$

844

PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
2	2.38	40*	2.067	3.35	0.622	0.542	3.66
		80†	1.939	2.95		0.508	5.03

Nominal Pipe size, IPS	=	2	in
Schedule Number , Sch	=	40	in
Outside Diameter,OD	=	2,38	in
inside diameter, ID	=	2,067	in
Flow area per pipe	=	3,35	in ²

RESUME

Nama Alat	=	Decanter 5	
Kode	=	H-514	
Fungsi	=	Memisahkan Fase air dan fase minyak	
Type	=	Horizontal Decanter	
Bahan	=	Stainless Steel AISI (316) (18Cr, 12Ni, 2.5Mo)	
Jumlah	=	1 buah	
Kriteria		Ukuran	
Diameter decanter	=	0,7388 m	
panjang decanter	=	2,5827 m	
Tebal dinding (ts)	=	0,1875 in	
Tebal Head (th)	=	0,1875 in	
waktu tinggal	=	5 menit	
Volume decanter	=	0,8834 m ³	
kecepatan volumetrik fase ringan (QL)	=	0,0027593 m ³ /s	
kecepatan volumetrik fase berat (QH)	=	0,0003709 m ³ /s	
Tekanan perancangan	=	17,036376 psi	
Perancangan Pipa Umpan:			
Nominal Pipe size, IPS	=	2,5 in	
Schedule Number , Sch	=	40 in	
Outside Diameter,OD	=	2,88 in	
inside diameter, ID	=	2,469 in	
Flow area per pipe	=	4,79 in ²	
Perancangan Pipa Fraksi Berat			
Nominal Pipe size, IPS	=	3/4 in	
Schedule Number , Sch	=	40 in	
Outside Diameter,OD	=	1,05 in	
inside diameter, ID	=	0,824 in	
Flow area per pipe	=	0,534 in ²	
Perancangan Pipa Fraksi Ringan			
Nominal Pipe size, IPS	=	2 in	
Schedule Number , Sch	=	40 in	
Outside Diameter,OD	=	2,38 in	
inside diameter, ID	=	2,067 in	
Flow area per pipe	=	3,35 in ²	

Decanter

Kode	=	H-522
Jenis	=	Decanter centrifugal
Fungsi	=	memisahkan komponen air dan minyak sebelum di lakukan pencucian didalam wash tank.
Bentuk	=	Silinder horizontal
Bahan	=	Stainless Steel AISI (316) (18Cr, 12Ni, 2.5Mo)
Kondisi operasi		
~ Tekanan	=	1 atm
~ Temperatur	=	40 oC 313,15 oK
	1 m ³ =	35,3147 cuft
	1 kg/m ³ =	0,06243 lb/cuft (Perry)

I. Menghitung Densitas Cairan

• Menghitung Densitas Campuran Lapisan atas

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	86,37318791	845,85	0,01163838	0,1021146	0,001506	693,16
FFA	75,214869	269,28	0,01013485	0,2793164	0,00412	878,85
CH ₃ OH	224,720722	32,00	0,03028006	7,0225226	0,103592	773,34
NaOH	82,54318417	40,00	0,01112231	2,0635796	0,030441	1904,883
H ₂ O	637,4527251	18,00	0,08589377	35,41404	0,522408	1013,63
Metil Ester	6231,195633	283,28	0,83962441	21,99644	0,324479	866,64
Gliserol	83,90802951	92,00	0,01130621	0,9120438	0,013454	1253,66
Total	7421,40835			1 67,790058	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	μ .x	V (L)
Trigliserida	86,37318791	845,85	1,04413136	24,20	0,036453	59870,44
FFA	75,214869	269,28	3,62113848	24,20	0,099712	66102,59
CH ₃ OH	224,720722	32,00	80,1120075	0,47	0,048688	173785,5
NaOH	82,54318417	40,00	57,9860506	37,00	1,126307	157235,1
H ₂ O	637,4527251	18,00	529,528001	0,51	0,266428	646141,2
Metil Ester	6231,195633	283,28	281,206357	14,15	4,592025	5400203
Gliserol	83,90802951	92,00	16,8666744	133,78	1,799869	105192,1
Total	7421,40835		970,36436		7,969482	6608530

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	970,3644	kg/m ³	=	60,5798	lb/cuft
Fv campuran	=	6810,360	m ³ /jam	=	240505,8	cuft/jam
μ campuran	=	7,969	Cp	=	0,00536	lb/ft.s

• Menghitung Densitas Campuran Lapisan Bawah

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	129,5597819	845,85	0,04151644	24,20	0,12171	693,16
FFA	50,143246	269,28	0,01606802	24,20	0,12171	878,85
CH ₃ OH	224,720722	32,00	0,07201004	7,0225226	0,035319	773,34
NaOH	82,54318417	98,00	0,02645033	0,8422774	0,004236	1814,45
H ₂ O	2549,810901	18,00	0,81706747	141,65616	0,712438	1013,63
Gliserol	83,90802951	92,00	0,02688769	0,9120438	0,004587	1253,66
Total	3120,685864			1 198,83	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	$\mu \cdot x$	V (L)
Trigliserida	129,5597819	845,85	84,3646255	24,20	0,12171	59870,44
FFA	50,143246	269,28	106,964988	24,20	0,12171	66102,59
CH3OH	224,720722	32,00	27,3133608	0,47	0,0166	173785,5
NaOH	82,54318417	98,00	7,68619983	37,00	0,156736	149770,5
H2O	2549,810901	18,00	722,148391	0,51	0,363343	2584565
Gliserol	83,90802951	92,00	5,75051828	133,78	0,613647	105192,1
Total	3120,685864		762,89847		1,150326	3013313

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	762,8985	kg/m ³	=	47,6278	lb/cuft
Fv campuran	=	3949,822	m ³ /jam	=	139486,8	cuft/jam
μ campuran	=	1,150	Cp	=	0,00077	lb/ft.s

• Menghitung Viskositas Umpan

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	269,7714757	845,85	0,0253981	0,3189369	0,001451	693,16
FFA	156,6136182	269,28	0,01474466	0,5815971	0,002645	878,85
CH3OH	449,2004411	32,00	0,04229075	14,037514	0,063852	773,34
NaOH	164,9978445	40,00	0,01553401	4,1249461	0,018763	1904,88
H2O	3185,554527	18,00	0,29990953	176,97525	0,804996	1013,63
Metil Ester	6227,854294	283,28	0,58633209	21,984645	0,1	866,64
Gliserol	167,7260714	92,00	0,01579086	1,8231095	0,008293	1253,66
Total	10621,71827		1	219,846	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	$\mu \cdot x$	V (L)
Trigliserida	269,7714757	845,85	1,005587	24,20	0,035108	186994,8
FFA	156,6136182	269,28	2,32497553	24,20	0,06402	137639,9
CH3OH	449,2004411	32,00	49,3789785	0,47	0,03001	347384,7
NaOH	164,9978445	40,00	35,7411084	37,00	0,694227	314301,6
H2O	3185,554527	18,00	815,96856	0,51	0,410548	3228974
Metil Ester	6227,854294	283,28	86,6641786	14,15	1,415203	5397308
Gliserol	167,7260714	92,00	10,3961838	133,78	1,109393	210271,5
Total	10621,71827		1001,47957		3,758509	986320,9

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	1001,4796	kg/m ³	=	62,5224	lb/cuft
Fv campuran	=	984,864	m ³ /jam	=	34780,2	cuft/jam
μ campuran	=	3,759	Cp	=	0,00253	lb/ft.s

2. Menghitung Fase Terdispersi

• Fase ringan

m _l	=	7421,4084	Kg/jam
	=	2,0615023	Kg/s
ρ _l	=	1001,4796	Kg/m ³
ρ _l	=	1001,4796	Kg/m ³
	=	62,52237	lb/cuft

$$\begin{aligned}
 Q1 &= m/\rho \\
 &= 7,4104441 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 0,0020585 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 0,0726938 \text{ ft}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mu 1 &= 7,969 \text{ Cp} \\
 &= 0,00536 \text{ lb}/\text{ft}\cdot\text{s} \\
 &= 0,0079695 \text{ kg}/\text{m}\cdot\text{s}
 \end{aligned}$$

• **Fase berat**

$$\begin{aligned}
 m2 &= 3120,6859 \text{ Kg}/\text{jam} \\
 &= 0,8668572 \text{ Kg}/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho 2 &= 762,8985 \text{ Kg}/\text{m}^3 \\
 &= 762,8985 \text{ Kg}/\text{m}^3 \\
 &= 47,627751 \text{ lb}/\text{cuft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q2 &= m/\rho \\
 &= 4,0905651 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 0,0011363 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 0,0401270 \text{ ft}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mu 2 &= 1,150 \text{ Cp} \\
 &= 0,00077 \text{ lb}/\text{ft}\cdot\text{s} \\
 &= 0,0011503 \text{ kg}/\text{m}\cdot\text{s}
 \end{aligned}$$

3. Menentukan Dimensi Dekanter

• **Menghitung waktu tinggal dalam decanter**

Dari Coulson, J. M. Hal. 444 waktu tinggal cairan yang baik dalam decanter berkisar 2-5 menit

$$\begin{aligned}
 \text{maka dirancang } t &= 5 \text{ menit} \\
 &= 0,0833333 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

• **Menghitung Volume Decanter**

$$V_D = \frac{M_{feed} \cdot t}{\rho_{feed}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{maka, VD} &= \frac{8322,1468 \times 0,0833}{982,665} \\
 &= 0,8838355 \text{ m}^3 \\
 &= 31,21265 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{over desing} &= 20\% \\
 \text{Volume Decanter} &= 1,2 \times 24,9236 \\
 &= 37,45518 \text{ ft}^3 \\
 &= 1,0606026 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

• **Menghitung Diameter dan panjang decanter**

Direncanakan decanter horizontal dengan $L/D = 3$ tetap berbentuk torispherical.

Diketahui:

$$V_t = 0,000049 D_i^3$$

Keterangan:

$$V_t = \text{volume torispherical head (ft}^3) \quad (\text{Pers. 5-11, hal 88 Brownell})$$

$$D_i = \text{diameter volume tangki (in)}$$

maka;

$$\text{Volume decanter} = \text{Volume silinder} + \text{volume tutup}$$

$$\text{Volume decanter} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_i^2 \cdot L + [(2) \cdot (0,000049 \cdot D_i^3)]$$

$$37,45518044 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_i^2 \cdot 3D + [(0,000098) \cdot D_i^3]$$

$$37,45518044 = D_i^3 \left\{ \frac{3}{4} \pi + 0,000098 \right\}$$

$$37,45518044 = D_i^3 \left\{ \frac{3}{4} 3,14 + 0,000098 \right\}$$

$$37,45518044 = D_i^3 \left\{ \frac{3}{4} 3,14 + 0,000098 \right\}$$

$$37,45518044 = 2,355098 x D^3$$

$$D^3 = 15,903873$$

$$D = 2,33307 \text{ ft} \quad 27,99684 \text{ in} \quad 0,711085 \text{ m}$$

$$L = 3 D_i$$

$$L = 6,99921 \text{ ft} \quad 83,99052 \text{ in} \quad 2,133255 \text{ m}$$

4. Menghitung Volume Fase ringan dan Fase berat

• Menghitung Volume Fase Ringan

$$\text{Volume cairan (V1)} = \frac{m_1 \cdot t}{\rho_1}$$

$$V1 = \frac{7370,0912 \times 0,083333}{1001,479572}$$

$$V1 = 0,617537 \text{ m}^3$$

$$V1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 1}}}$$

$$0,617537005 = \frac{3,14 \times 0,711085}{4 \cdot H_{\text{cairan 1}}}$$

$$H_{\text{cairan 1}} = \frac{0,617537}{0,8037465}$$

$$H_{\text{cairan 1}} = 0,7683231 \text{ m}$$

• Menghitung Volume Fase Berat

$$\text{Volume cairan (V2)} = \frac{m_2 \cdot t}{\rho_2}$$

$$V2 = \frac{952,0556 \times 0,083333}{762,8985}$$

$$V2 = 0,3408804 \text{ m}^3$$

$$V2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 2}} + (0,000049 \times D_i^3)}$$

$$0,340880426 = \frac{3,14 \times 0,711085^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 2}} + (0,000049 \times 0,711085^3)}$$

$$H_{\text{cairan 2}} = 0,3408804$$

$$\frac{0,3969272}{0,8587984} = 0,462272 \text{ m}$$

5. Menghitung ketebalan shell (ts)

$$ts = \frac{P \times r}{f \cdot E - 0,6P} + c \quad (\text{Brownell, 1959. p. 254.,eq 13.1})$$

Keterangan

ts	=	Tebal dinding Shell (in)
P	=	Tekanan desing (psia)
r	=	Jari-jari dekanter (in)
f	=	Maksimum allowable stress (Psia)
E	=	Efisiensi Pengelasan
c	=	faktor korosi

Mencari tekanan hidrostatik:

$$\text{volume cairan} = h_{\text{cairan}} \times \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\begin{aligned} 0,883835491 &= h_{\text{cairan}} \times 0,396929 \\ h_{\text{cairan}} &= \frac{0,8838355}{0,3969289} \\ &= 2,2266846 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{hidrostatik}} &= \rho \cdot g \cdot h_{\text{cairan}} \\ &= 952,6027 \times 9,8 \times 1,7780323 \\ &= 21174,815 \text{ N/m}^2 \\ &= 3,0710391 \text{ psi} \end{aligned}$$

Diketahui bahwa:

$$\begin{aligned} P &= P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}} \\ &= 14,7 + 2,4073723 \quad \text{psi} \\ &= 17,771039 \text{ psi} \\ r &= D_i/2 \\ &= 13,99842 \text{ in} \quad 0,35556058 \text{ m} \quad 1,223128 \text{ ft} \\ f &= 13750 \text{ psi} \\ E &= 0,85 \\ c &= 0,125 \\ ts &= 0,1463043 \text{ in} \\ \text{jadi, tebal shell minimum yang dibutuhkan adalah} &= 0,146304 \text{ in} \\ \text{maka digunakan ketebalan standar untuk shell adalah} &= (3/16) \text{ in} \\ &= 0,1875 \text{ in} \end{aligned}$$

6. Menentukan tebal head (th)

Direncanakan berbentuk torispherical

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{OD shell} + 2ts \\ \text{OD} &= 27,99684 + (2 \times 0,1875) \\ &= 28,37184 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{OD standart} = 30 \text{ in}$$

ID	=	OD-2ts		
	=	30- (2x 0,1875)		
	=	29,625 in	0,7524765 m	2,588519 ft
H	=	2x ID		
	=	2 x 29,625		
	=	59,25 in	1,50495301 m	5,177038 ft

dari tabel 5.7 hal 91;Brownell, 1979 untuk OD = 30 in dan ts =1/4 in diperoleh harga :

OD	=	30 in	0,76200152 m	2,621285 ft
ts	=	0,1875 in	0,00476251 m	0,016383 ft
icr	=	1 7/8 in		
	=	1,88 in		
r	=	30 in		

(Persamaan 7.77 Brownell and Young, 1959 hal :138)

Faktor (W) untuk tipe torispherical, dihitung dengan rumus:

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

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{30}{1,88}} \right)$$

W = 1,75

maka:

$$th = \frac{P \times r \times W}{2f \cdot E - 0,2P} + c$$

17,7710391

th = $\frac{17,107372 \text{ psia} \times 42 \times 1,75}{(2 \times 13750 \text{ psia} \times 0,85) - (0,2 \times 17,107372 \text{ psia})} + 0,125$

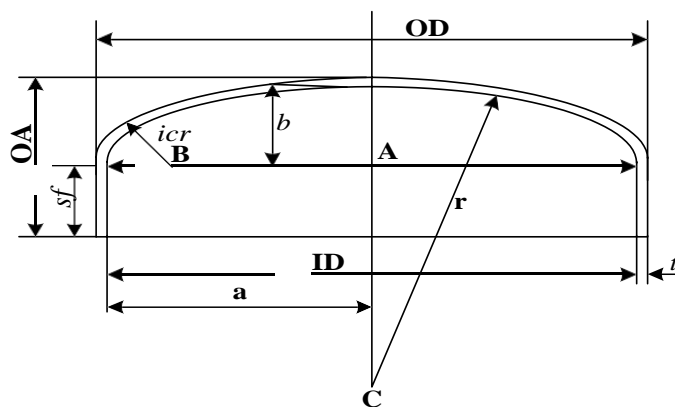
= 0,1649196 in

= (3/16)

= 0,1875 in

7. Menghitung tinggi Head

dari tabel 5.4 Brownell diketahui nilai sf dengan th 3/16 " adalah 1 1/2 - 2" maka dipilih nilai sf = 2



ID = OD-2ts

$$\begin{aligned}
 &= 30 - (2 \times 0,1875) \\
 &= 29,625 \text{ in} \quad 0,7524765 \text{ m} \quad 2,588519 \text{ ft} \\
 a &= \frac{ID}{2} \\
 a &= \frac{29,625}{2} \\
 &= 14,8125 \text{ in} \quad 0,37623825 \text{ m} \quad 1,29426 \text{ ft} \\
 AB &= a - icr \\
 &= 14,8125 - 1,88 \\
 &= 12,94 \text{ in} \quad 0,32861316 \text{ m} \quad 1,130429 \text{ ft} \\
 BC &= r - icr \\
 &= 30 - 1,88 \\
 &= 28,13 \text{ in} \quad 0,71437643 \text{ m} \quad 2,457455 \text{ ft} \\
 AC &= \sqrt{BC^2 - A^2} \\
 &= \sqrt{28,13^2 - 12,94^2} \\
 &= 24,977055 \text{ in} \quad 0,63441847 \text{ m} \quad 2,1824 \text{ ft} \\
 b &= r - AC \\
 b &= 30 - 24,977055 \\
 &= 5,022945 \text{ in} \quad 0,12758306 \text{ m} \quad 0,438886 \text{ ft} \\
 h \text{ head} &= th + b + sf \\
 &= 0,1875 + 5,022945 + 2 \\
 &= 7,210445 \text{ in} \quad 0,18314567 \text{ m} \quad 0,630021 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

7. Menentukan panjang dekanter total

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Dekanter} &= \text{Panjang Shell} + 2 (\text{Panjang Head}) \\
 &= 83,99052 + (2 \times 7,210445) \\
 &= 98,41141 \text{ in} \quad 2,49965481 \text{ m} \quad 8,598813 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Jadi panjang dekanter yang direncanakan adalah 2,4996548 meter

8. merancang pipa

A. Menentukan ukuran pipa masuknya umpan (A pipa)

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
Trigliserida	269,7714757	0,69	389,190772
FFA	156,6136182	0,88	178,202899
CH3OH	449,2004411	0,77	580,857632
NaOH	164,9978445	1,90	86,6183616
H2O	3185,554527	1,01	3142,71926
Metil Ester	6227,854294	0,87	7186,20684
Gliserol	167,7260714	1,25	133,789123
Total	10621,71827		11697,5849

$$\begin{aligned}
 Q \text{ umpan} &= 11697,585 \text{ L/jam} \quad 11,6975849 \text{ m}^3/\text{jam} \quad 0,003249 \text{ m}^3/\text{s} \\
 A \text{ pipa} &= \frac{Q_{\text{umpan}}}{\dots}
 \end{aligned}$$

kecepatan linier umpan

Menurut Schweitzer, kecepatan linier umpan disyaratkan 0,6096 – 1 m/detik.

Diambil kecepatan linier umpan 1 m/detik.

$$A_{\text{pipa}} = \frac{11,697585 \text{ m}^3/\text{jam}}{1 \text{ m/s}} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ s}} = 0,0032493 \text{ m}^2$$

• Menghitung diameter dalam pipa (ID)

$$\begin{aligned} \text{ID} &= \left(\frac{4 \cdot A_{\text{pipa}}}{\pi} \right)^{0,5} \\ &= \left(\frac{4 \cdot 0,0026182}{3,14} \right)^{0,5} \\ &= 0,0643372 \text{ m} \quad 2,53295986 \text{ in} \end{aligned}$$

Berdasarkan ID yang telah dihitung, maka dapat disesuaikan dengan ukuran pipa standar dengan melihat tabel 11 kern,:844,1965 yaitu:

• Tinggi pipa pada umpan masuk

$$\begin{aligned} \text{tinggi pipa umpan} &= 0,5 \times \text{diameter decanter} \\ &= 0,5 \times 0,0577524 \text{ m} \\ &= 0,3555425 \text{ m} \quad 13,9977089 \text{ in} \quad 1,223066 \text{ ft} \end{aligned}$$

844

PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
2½	2.88	40*	2.469	4.79	0.753	0.647	5.80
		80†	2.323	4.23			

Nominal Pipe size, IPS	=	2,5 in
Schedule Number, Sch	=	40 in
Outside Diameter, OD	=	2,88 in
inside diameter, ID	=	2,469 in
Flow area per pipe	=	4,79 in ²

B. Menentukan ukuran pipa keluaran fase berat

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
CH ₃ OH	224,6002206	0,77	290,428816
NaOH	82,49892224	1,90	43,3091808
H ₂ O	2548,443622	1,25	2032,80285
Gliserol	83,86303572	1,01	82,7353529
Total	2939,4058		2449,2762

$$Q \text{ fase berat} = 2449,2762 \text{ L/jam} \quad 2,4492762 \text{ m}^3/\text{jam} \quad 0,00068 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ukuran pipa pengeluaran fase berat dihitung dengan persamaan:

$$D_i = 3,0 \times (Q_L)^{0,36} \times (\mu_L)^{0,18}$$

Keterangan:

$$D_i = \text{Diameter dalam pipa (in)}$$

QH = Kecepatan Volume fase berat (ft/s)
 μH = Viskositas fase berat (CP)
 maka dapat dihitung : (Peter, M.,S.,1980)
 QH = 0,0006804 m³/s 0,02402652 ft³/s
 μH = 1,150 Cp
 Di = $3,0 \times (0,0002252)^{0,36} \times (2,094)^{0,18}$
 = 0,8037439 in 0,02041514 m 0,070228 ft

• **Tinggi pipa pada fase berat**

Posisi pipa keluar fase berat = 0,7 x panjang decanter
 = 1,74975837 m 68,88799 in

844

PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
½	0.840	40* 80†	0.622 0.546	0.304 0.235	0.220	0.163	0.85 1.09
						0.143	

Nominal Pipe size, IPS = 1/2 in
 Schedule Number, Sch = 40 in
 Outside Diameter, OD = 0,84 in
 inside diameter, ID = 0,622 in
 Flow area per pipe = 0,304 in²

C. Menentukan ukuran pipa keluaran fase ringan

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
Trigliserida	86,37318791	0,69	124,607865
FFA	75,214869	0,88	85,5832838
CH3OH	224,720722	0,77	290,584635
H2SO4	82,54318417	1,90	43,3324168
H2O	637,4527251	1,01	628,881076
Metil Ester	6231,195633	0,87	7190,06235
Gliserol	83,90802951	1,25	66,9304512
Total	7421,40835		8429,98208

Q fase berat = 8429,9821 L/jam 8,42998208 m³/jam 0,002342 m³/s

Ukuran pipa pengeluaran fase berat dihitung dengan persamaan:

$$Di = 3,0 \times (Q_L)^{0,36} \times (\mu_L)^{0,18}$$

Keterangan:

Di = Diameter dalam pipa (in)
 QH = Kecepatan Volume fase berat (ft/s)
 μH = Viskositas fase berat (CP)

maka dapat dihitung : (Peter, M.,S.,1980)

QH = 0,0023417 m³/s 0,08269508 ft³/s
 μH = 7,969 Cp
 Di = $3,0 \times (0,0023553)^{0,36} \times (7,627)^{0,18}$
 = 1,7769342 in 0,04513422 m 0,155262 ft

• **Tinggi pipa pada fase berat**

Posisi pipa keluar fase berat = 0,9 x panjang decanter
 = 1,74975837 m 68,88799

844

PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
2	2.38	40*	2.067	3.35	0.622	0.542	3.66
		80†	1.939	2.95		0.508	

Nominal Pipe size, IPS = 2 in
 Schedule Number , Sch = 40 in
 Outside Diameter,OD = 2,38 in
 inside diameter, ID = 2,067 in
 Flow area per pipe = 3,35 in²

RESUME	
Nama Alat	= Decanter 6
Kode	= H-522
Fungsi	= Memisahkan impuritas dan air dari POME
Type	= Horizontal Decanter
Bahan	= Stainless Steel AISI (316) (18Cr, 12Ni, 2.5Mo)
Jumlah	= 1 buah
Kriteria	Ukuran
Diameter decanter	= 0,7111 m
panjang decanter	= 2,4997 m
Tebal dinding (ts)	= 0,1875 in
Tebal Head (th)	= 0,1875 in
waktu tinggal	= 5 menit
Volume decanter	= 1,0606 m ³
kecepatan volumetrik fase ringan (QL)	= 0,0032493 m ³ /s
kecepatan volumetrik fase berat (QH)	= 0,0006804 m ³ /s
Tekanan perancangan	= 17,771039 psi
Perancangan Pipa Umpan:	
Nominal Pipe size, IPS	= 2,5 in
Schedule Number , Sch	= 40 in
Outside Diameter,OD	= 2,88 in
inside diameter, ID	= 2,469 in
Flow area per pipe	= 4,79 in ²
Perancangan Pipa Fraksi Berat	
Nominal Pipe size, IPS	= 1/2 in
Schedule Number , Sch	= 40 in
Outside Diameter,OD	= 0,84 in
inside diameter, ID	= 0,622 in
Flow area per pipe	= 0,304 in ²
Perancangan Pipa Fraksi Ringan	
Nominal Pipe size, IPS	= 2 in

Schedule Number , Sch	=	40 in
Outside Diameter,OD	=	2,38 in
inside diameter, ID	=	2,067 in
Flow area per pipe	=	3,35 in ²

Decanter						
Kode	=	H-531				
Jenis	=	Decanter centrifugal				
Fungsi	=	memisahkan komponen air dan minyak sebelum di lakukan pencucian didalam wash tank.				
Bentuk	=	Silinder horizontal				
Bahan	=	Stainless Steel AISI (316) (18Cr, 12Ni, 2.5Mo)				
Kondisi operasi						
~ Tekanan	=	1 atm				
~ Temperatur	=	40 oC		313,15 oK		
	1 m ³	=	35,3147 cuft			
	1 kg/m ³	=	0,06243 lb/cuft	(Perry)		

I. Menghitung Densitas Cairan

• Menghitung Densitas Campuran Lapisan atas

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	269,7714757	845,85	0,03942995	0,3189369	0,009576	693,16
FFA	156,6136182	269,28	0,02289073	0,5815971	0,017463	878,85
H ₂ O	187,5519026	18,00	0,02741269	10,41955	0,312855	1013,63
Metil Ester	6227,854294	283,28	0,91026663	21,984645	0,660106	1253,66
Total	6841,791291		1	33,304729	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	μ .x	V (L)
Trigliserida	269,7714757	845,85	6,63792455	24,20	0,231747	186994,8
FFA	156,6136182	269,28	15,3472669	24,20	0,422602	137639,9
H ₂ O	187,5519026	18,00	317,119184	0,51	0,159556	190108,2
Metil ester	6227,854294	283,28	827,548248	133,78	88,30896	7807612
Total	6841,791291		1166,65262		89,12286	8322355

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	1166,6526	kg/m ³	=	72,8341	lb/cuft
Fv campuran	=	7133,533	m ³ /jam	=	251918,6	cuft/jam
μ campuran	=	89,123	Cp	=	0,05989	lb/ft.s

• Menghitung Densitas Campuran Lapisan Bawah

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	38,86793456	845,85	0,0096644	24,20	0,094807	693,16
FFA	26,32520415	269,28	0,00654569	24,20	0,094807	878,85
CH ₃ OH	224,720722	32,00	0,05587617	7,0225226	0,027512	773,34
NaOH	82,54318417	98,00	0,02052413	0,8422774	0,0033	1814,45
H ₂ O	3565,398014	18,00	0,88652612	198,07767	0,776001	1013,63
Gliserol	83,90802951	92,00	0,02086349	0,9120438	0,003573	1253,66
Total	4021,763089		1	255,25	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	μ .x	V (L)
Trigliserida	38,86793456	845,85	65,7166525	24,20	2,294338	26941,7
FFA	26,32520415	269,28	83,3214265	24,20	2,294338	23135,91
CH ₃ OH	224,720722	32,00	21,2760103	0,47	0,012931	173785,5
NaOH	82,54318417	98,00	5,98724074	37,00	0,122091	149770,5

H ₂ O	3565,398014	18,00	786,577542	0,51	0,39576	3613994
Gliserol	83,90802951	92,00	4,47942261	133,78	0,478006	105192,1
Total	4021,763089		967,358295		5,597463	4092820

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	967,3583	kg/m ³	=	60,3922	lb/cuft
Fv campuran	=	4230,925	m ³ /jam	=	149413,8	cuft/jam
μ campuran	=	5,597	Cp	=	0,00376	lb/ft.s

• Menghitung Viskositas Umpan

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	86,37318791	845,85	0,00819713	0,1021146	0,000424	693,16
FFA	75,214869	269,28	0,00713816	0,2793164	0,00116	878,85
CH ₃ OH	224,720722	32,00	0,02132681	7,0225226	0,029154	773,34
NaOH	82,54318417	40,00	0,00783365	2,0635796	0,008567	1904,88
H ₂ O	3753,050541	18,00	0,35617807	208,50281	0,865592	1013,63
Metil Ester	6231,195633	283,28	0,59136301	21,99644	0,091317	866,64
Gliserol	83,90802951	92,00	0,00796318	0,9120438	0,003786	1253,66
Total	10537,00617		1	240,87883	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	$\mu \cdot x$	V (L)
Trigliserida	86,37318791	845,85	0,29384785	24,20	0,010259	59870,44
FFA	75,214869	269,28	1,01908993	24,20	0,028062	66102,59
CH ₃ OH	224,720722	32,00	22,5457659	0,47	0,013702	173785,5
NaOH	82,54318417	40,00	16,318901	37,00	0,316975	157235,1
H ₂ O	3753,050541	18,00	877,390119	0,51	0,441452	3804205
Metil Ester	6231,195633	283,28	79,1393561	14,15	1,292325	5400203
Gliserol	83,90802951	92,00	4,74675525	133,78	0,506534	105192,1
Total	10537,00617		1001,45384		2,609308	456993,7

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	1001,4538	kg/m ³	=	62,5208	lb/cuft
Fv campuran	=	456,330	m ³ /jam	=	16115,2	cuft/jam
μ campuran	=	2,609	Cp	=	0,00175	lb/ft.s

2. Menghitung Fase Terdispersi

• Fase ringan

m _l	=	6841,7913	Kg/jam
	=	1,9004976	Kg/s
ρ_l	=	1001,4538	Kg/m ³
ρ_l	=	1001,4538	Kg/m ³
	=	62,520763	lb/cuft
Q ₁	=	m/ ρ	
	=	6,8318589	m ³ /jam
	=	0,0018977	m ³ /s
	=	0,0670181	ft ³ /s
μ_l	=	89,123	Cp

$$= 0,05989 \text{ lb/ft.s}$$

$$= 0,0891226 \text{ kg/m.s}$$

• **Fase berat**

$$m_2 = 4021,7631 \text{ Kg/jam}$$

$$= 1,1171564 \text{ Kg/s}$$

$$\rho_2 = 967,3583 \text{ Kg/m}^3$$

$$= 967,3583 \text{ Kg/m}^3$$

$$= 60,392178 \text{ lb/cuft}$$

$$Q_2 = m/\rho$$

$$= 4,15747 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0011549 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 0,0407833 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\mu_2 = 5,597 \text{ Cp}$$

$$= 0,00376 \text{ lb/ft.s}$$

$$= 0,0055974 \text{ kg/m.s}$$

3. Menentukan Dimensi Dekanter

• **Menghitung waktu tinggal dalam decanter**

Dari Coulson, J. M. Hal. 444 waktu tinggal cairan yang baik dalam decanter berkisar 2-5 menit

$$\text{maka dirancang } t = 5 \text{ menit}$$

$$= 0,0833333 \text{ jam}$$

• **Menghitung Volume Decanter**

$$V_D = \frac{M_{feed} \cdot t}{\rho_{feed}}$$

$$\text{maka, VD} = \frac{8043,976 \times 0,0833}{977,5 \cdot 10}$$

$$= 0,8768091 \text{ m}^3$$

$$= 30,964514 \text{ ft}^3$$

$$\text{over desing} = 20\%$$

$$\text{Volume Decanter} = 1,2 \times 24,2169$$

$$= 37,157417 \text{ ft}^3$$

$$= 1,0521709 \text{ m}^3$$

• **Menghitung Diameter dan panjang decanter**

Direncanakan decanter horizontal dengan $L/D = 3$ tetap berbentuk torispherical.

Diketahui:

$$V_t = 0,000049 \text{ Di}^3$$

Keterangan:

$$V_t = \text{volume torispherical head (ft}^3) \quad (\text{Pers. 5-11, hal 88 Brownell})$$

$$D_i = \text{diameter volume tangki (in)}$$

maka;

$$\begin{aligned}
 \text{Volume decanter} &= \text{Volume silinder} + \text{volume tutup} \\
 \text{Volume decanter} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot Di^2 \cdot L + [(2) \cdot (0,000049 \cdot Di^3)] \\
 37,15741651 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot Di^2 \cdot 3D + [(0,000098) \cdot Di^3] \\
 37,15741651 &= Di^3 \left\{ \frac{3}{4} \pi + 0,000098 \right\} \\
 37,15741651 &= Di^3 \left\{ \frac{3}{4} 3,14 + 0,000098 \right\} \\
 37,15741651 &= Di^3 \left\{ \frac{3}{4} 3,14 + 0,000098 \right\} \\
 37,15741651 &= 2,355098 \times D^3 \\
 D^3 &= 15,77744 \\
 D &= 2,3108 \text{ ft} \qquad 27,7296 \text{ in} \qquad 0,704297 \text{ m} \\
 L &= 3 Di \\
 &= 6,9324 \text{ ft} \qquad 83,1888 \text{ in} \qquad 2,112892 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4. Menghitung Volume Fase ringan dan Fase berat

• Menghitung Volume Fase Ringan

$$\begin{aligned}
 \text{Volume cairan (V1)} &= \frac{m_1 \cdot t}{\rho_1} \qquad 6841,79129 \\
 V1 &= \frac{6798,2842 \times 0,083333}{1001,453835} \\
 V1 &= 0,5693216 \text{ m}^3 \\
 V1 &= \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 1}}} \\
 0,569321574 &= \frac{3,14 \times 0,704297}{4 \cdot H_{\text{cairan 1}}} \\
 H_{\text{cairan 1}} &= \frac{0,5693216}{0,3893874} \\
 &= 1,4620955 \text{ m}
 \end{aligned}$$

• Menghitung Volume Fase Berat

$$\begin{aligned}
 \text{Volume cairan (V2)} &= \frac{m_2 \cdot t}{\rho_2} \\
 V2 &= \frac{952,0556 \times 0,083333}{967,3583} \\
 V2 &= 0,3464558 \text{ m}^3 \\
 V2 &= \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 2}} + (0,000049 \times Di^3)} \\
 0,346455833 &= \frac{3,14 \times 0,704297^2}{4 \cdot H_{\text{cairan 2}} + (0,000049 \times 0,704297^3)} \\
 H_{\text{cairan 2}} &= \frac{0,3464558}{0,3893858} \\
 &= 0,8897496 \text{ m}
 \end{aligned}$$

5. Menghitung ketebalan shell (ts)

$$ts = \frac{P \times r}{f \cdot E - 0,6P} + c \quad (\text{Brownell, 1959. p. 254.,eq 13.1})$$

Keterangan

ts	=	Tebal dinding Shell (in)
P	=	Tekanan desing (psia)
r	=	Jari-jari dekanter (in)
f	=	Maksimum allowable stress (Psia)
E	=	Efisiensi Pengelasan
c	=	faktor korosi

Mencari tekanan hidrostatik:

$$\text{volume cairan} = h_{\text{cairan}} \times \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\begin{aligned} 0,876809111 &= h_{\text{cairan}} \times 0,389387 \\ h_{\text{cairan}} &= \frac{0,8768091}{0,3893874} \\ &= 2,2517654 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{hidrostatik}} &= \rho \cdot g \cdot h_{\text{cairan}} \\ &= 1207,1338 \times 9,8 \times 1,7610718 \\ &= 25744,874 \text{ N/m}^2 \\ &= 3,7338469 \text{ psi} \end{aligned}$$

Diketahui bahwa:

$$\begin{aligned} P &= P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}} \\ &= 14,7 + 3,0215118 \quad \text{psi} \\ &= 18,433847 \text{ psi} \\ r &= D_i/2 \\ &= 13,8648 \text{ in} \quad 0,35216662 \text{ m} \quad 1,211453 \text{ ft} \\ f &= 13750 \text{ psi} \\ E &= 0,85 \\ c &= 0,125 \\ ts &= 0,1468887 \text{ in} \\ \text{jadi, tebal shell minimum yang dibutuhkan adalah} &= 0,146889 \text{ in} \\ \text{maka digunakan ketebalan standar untuk shell adalah} &= (3/16) \text{ in} \\ &= 0,1875 \text{ in} \end{aligned}$$

6. Menentukan tebal head (th)

Direncanakan berbentuk torispherical

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{OD shell} + 2ts \\ \text{OD} &= 27,7296 + (2 \times 0,1875) \\ &= 28,1046 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{OD standart} &= 30 \text{ in} \\ \text{ID} &= \text{OD} - 2ts \\ &= 30 - (2 \times 0,1875) \\ &= 29,625 \text{ in} \quad 0,7524765 \text{ m} \quad 2,588519 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$H = 2 \times \text{ID}$$

$$= 2 \times 29,625$$

$$= 59,25 \text{ in} \quad 1,50495301 \text{ m} \quad 5,177038 \text{ ft}$$

dari tabel 5.7 hal 91; Brownell, 1979 untuk OD = 30 in dan ts = 1/4 in diperoleh harga :

OD	=	30 in	0,76200152 m	2,621285 ft
ts	=	0,1875 in	0,00476251 m	0,016383 ft
icr	=	1 7/8 in		
	=	1,88 in		
r	=	30 in		

(Persamaan 7.77 Brownell and Young, 1959 hal :138)

Faktor (W) untuk tipe torispherical, dihitung dengan rumus:

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

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{30}{1,88}} \right)$$

W = 1,75

maka:

$$th = \frac{P \times r \times x \times w}{2f \cdot E - 0,2P} + c \quad 18,4338469$$

th = $\frac{17,721512 \text{ psia} \times 42 \times 1,75}{(2 \times 13750 \text{ psia} \times 0,85) - (0,2 \times 17,721512 \text{ psia})} + 0,125$

= 0,1664088 in

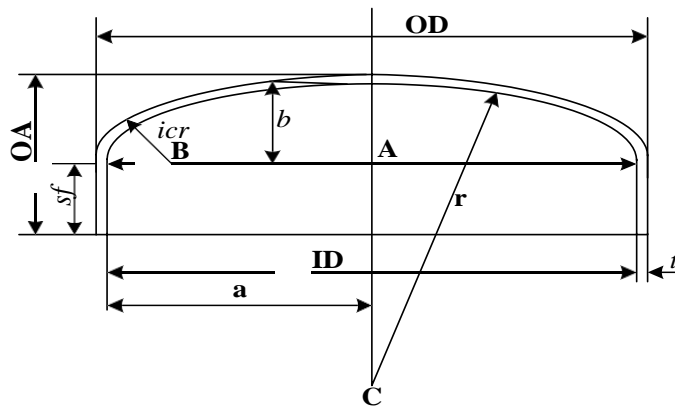
= (3/16)

= 0,1875 in

7. Menghitung tinggi Head

dari tabel 5.4 Brownell diketahui nilai sf dengan th 3/16 " adalah 1 1/2 - 2" maka

dipilih nilai sf = 2



ID = OD - 2ts

= 30 - (2 x 0,1875)

= 29,625 in 0,7524765 m 2,588519 ft

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

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{29,625}{2} \\
 &= 14,8125 \text{ in} \quad 0,37623825 \text{ m} \quad 1,29426 \text{ ft} \\
 AB &= a - icr \\
 &= 14,8125 - 1,88 \\
 &= 12,94 \text{ in} \quad 0,32861316 \text{ m} \quad 1,130429 \text{ ft} \\
 BC &= r - icr \\
 &= 30 - 1,88 \\
 &= 28,13 \text{ in} \quad 0,71437643 \text{ m} \quad 2,457455 \text{ ft} \\
 AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\
 &= \sqrt{28,13^2 - 12,94^2} \\
 &= 24,977055 \text{ in} \quad 0,63441847 \text{ m} \quad 2,1824 \text{ ft} \\
 b &= r - AC \\
 b &= 30 - 24,977055 \\
 &= 5,022945 \text{ in} \quad 0,12758306 \text{ m} \quad 0,438886 \text{ ft} \\
 h \text{ head} &= th + b + sf \\
 &= 0,1875 + 5,022945 + 2 \\
 &= 7,210445 \text{ in} \quad 0,18314567 \text{ m} \quad 0,630021 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

7. Menentukan panjang dekanter total

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Dekanter} &= \text{Panjang Shell} + 2 (\text{Panjang Head}) \\
 &= 83,1888 + (2 \times 7,210445) \\
 &= 97,60969 \text{ in} \quad 2,47929108 \text{ m} \quad 8,528761 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Jadi panjang dekanter yang direncanakan adalah 2,4792911 meter

8. merancang pipa

A. Menentukan ukuran pipa masuknya umpan (A pipa)

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
Trigliserida	86,37318791	0,69	124,607865
FFA	75,214869	0,88	85,5832838
CH3OH	224,720722	0,77	290,584635
NaOH	82,54318417	1,90	43,3324168
H2O	3753,050541	1,01	3702,58432
Metil Ester	6231,195633	0,87	7190,06235
Gliserol	83,90802951	1,25	66,9304512
Total	10537,00617		11503,6853

$$Q \text{ umpan} = 11503,685 \text{ L/jam} \quad 11,5036853 \text{ m}^3/\text{jam} \quad 0,003195 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A \text{ pipa} = \frac{Q_{\text{umpan}}}{\text{kecepatan linier umpan}}$$

Menurut Schweitzer, kecepatan linier umpan disyaratkan 0,6096 – 1 m/detik.

Diambil kecepatan linier umpan 1 m/detik.

$$A \text{ pipa} = 11,503685 \text{ m}^3/\text{jam} \quad X \quad 1 \quad \text{jam}$$

$$= \frac{1}{3600} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,0031955 \text{ m}^2$$

• Menghitung diameter dalam pipa (ID)

$$\begin{aligned} \text{ID} &= \left(\frac{4 \cdot A_{\text{pipa}}}{\pi} \right)^{0,5} \\ &= \left(\frac{4 \cdot 0,0075392}{3,14} \right)^{0,5} \\ &= 0,0638017 \text{ m} \quad 2,51187892 \text{ in} \end{aligned}$$

Berdasarkan ID yang telah dihitung, maka dapat disesuaikan dengan ukuran pipa standar dengan melihat tabel 11 kern,:844,1965 yaitu:

• Tinggi pipa pada umpan masuk

$$\begin{aligned} \text{tinggi pipa umpan} &= 0,5 \times \text{diameter decanter} \\ &= 0,5 \times 0,0568739 \text{ m} \\ &= 0,3521487 \text{ m} \quad 13,8640957 \text{ in} \quad 1,211392 \text{ ft} \end{aligned}$$

844 PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
2	2.38	40* 80†	2.067	3.35	0.622	0.542	3.66
			1.939	2.95			

$$\begin{aligned} \text{Nominal Pipe size, IPS} &= 2 \text{ in} \\ \text{Schedule Number, Sch} &= 40 \text{ in} \\ \text{Outside Diameter, OD} &= 2,38 \text{ in} \\ \text{inside diameter, ID} &= 2,067 \text{ in} \\ \text{Flow area per pipe} &= 3,35 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

B. Menentukan ukuran pipa keluaran fase berat

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
Trigliserida	38,86793456		
FFA	26,32520415		
CH3OH	224,720722	0,77	290,584635
NaOH	82,54318417	1,90	43,3324168
H2O	3565,398014	1,25	2843,99121
Gliserol	83,90802951	1,01	82,7797416
Total	3956,56995		3260,688

$$Q \text{ fase berat} = 3260,688 \text{ L/jam} \quad 3,260688 \text{ m}^3/\text{jam} \quad 0,000906 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ukuran pipa pengeluaran fase berat dihitung dengan persamaan:

$$D_i = 3,0 \times (Q_L)^{0,36} \times (\mu_L)^{0,18}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} D_i &= \text{Diameter dalam pipa (in)} \\ Q_H &= \text{Kecepatan Volume fase berat (ft/s)} \\ \mu_H &= \text{Viskositas fase berat (CP)} \end{aligned}$$

maka dapat dihitung :

(Peter, M.,S.,1980)

$$\begin{aligned}
 QH &= 0,0009057 \text{ m}^3/\text{s} & 0,03198617 \text{ ft}^3/\text{s} \\
 \mu H &= 5,597 \text{ Cp} \\
 Di &= 3,0 \times (0,0002798)^{0,36} \times (2,094)^{0,18} \\
 &= 1,1845301 \text{ in} & 0,03008712 \text{ m} & 0,1035 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

• **Tinggi pipa pada fase berat**

$$\begin{aligned}
 \text{Posisi pipa keluar fase berat} &= 0,7 \times \text{panjang decanter} \\
 &= 1,73550376 \text{ m} & 68,32678 \text{ in}
 \end{aligned}$$

844

PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
½	0.840	40*	0.622	0.304	0.220	0.163	0.85
		80†	0.546	0.235		0.143	

$$\begin{aligned}
 \text{Nominal Pipe size, IPS} &= 1/2 \text{ in} \\
 \text{Schedule Number, Sch} &= 40 \text{ in} \\
 \text{Outside Diameter, OD} &= 0,84 \text{ in} \\
 \text{inside diameter, ID} &= 0,622 \text{ in} \\
 \text{Flow area per pipe} &= 0,304 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

C. Menentukan ukuran pipa keluaran fase ringan

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (Kg/L)	Q(L/jam)
Trigliserida	47,50525335	0,69	68,5343259
FFA	48,88966485	0,88	55,6291345
H ₂ O	187,6525271	1,01	185,129216
Metil Ester	6231,195633	0,87	7190,06235
Total	6515,243078		7499,35502

$$Q \text{ fase berat} = 7499,355 \text{ L/jam} \quad 7,49935502 \text{ m}^3/\text{jam} \quad 0,002083 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ukuran pipa pengeluaran fase berat dihitung dengan persamaan:

$$Di = 3,0 \times (Q_L)^{0,36} \times (\mu_L)^{0,18}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned}
 Di &= \text{Diameter dalam pipa (in)} \\
 QH &= \text{Kecepatan Volume fase berat (ft/s)} \\
 \mu H &= \text{Viskositas fase berat (CP)}
 \end{aligned}$$

maka dapat dihitung : (Peter, M.,S.,1980)

$$\begin{aligned}
 QH &= 0,0020832 \text{ m}^3/\text{s} & 0,07356596 \text{ ft}^3/\text{s} \\
 \mu H &= 89,123 \text{ Cp} \\
 Di &= 3,0 \times (0,0021973)^{0,36} \times (112,565)^{0,1} \\
 &= 2,631013 \text{ in} & 0,06682786 \text{ m} & 0,229888 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

• **Tinggi pipa pada fase berat**

$$\begin{aligned}
 \text{Posisi pipa keluar fase berat} &= 0,9 \times \text{panjang decanter} \\
 &= 1,73550376 \text{ m} & 68,32678
 \end{aligned}$$

844

PROCESS HEAT TRANSFER

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area	Surface per lin ft,	Weight
---------	---------	--------------	---------	-----------	---------------------	--------

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
2½	2.88	40*	2.469	4.79	0.753	0.647	5.80
		80†	2.323	4.23			

Nominal Pipe size, IPS	=	2 1/2 in
Schedule Number , Sch	=	40 in
Outside Diameter,OD	=	2,88 in
inside diameter, ID	=	2,469 in
Flow area per pipe	=	4,79 in ²

RESUME	
Nama Alat	= Decanter 7
Kode	= H-531
Fungsi	= Memisahkan impuritas dan air dari POME
Type	= Horizontal Decanter
Bahan	= Stainless Steel AISI (316) (18Cr, 12Ni, 2.5Mo)
Jumlah	= 1 buah
Kriteria	Ukuran
Diameter decanter	= 0,7043 m
panjang decanter	= 2,4793 m
Tebal dinding (ts)	= 0,1875 in
Tebal Head (th)	= 0,1875 in
waktu tinggal	= 5 menit
Volume decanter	= 1,0522 m ³
kecepatan volumetrik fase ringan (QL)	= 0,0031955 m ³ /s
kecepatan volumetrik fase berat (QH)	= 0,0009057 m ³ /s
Tekanan perancangan	= 18,433847 psi
Perancangan Pipa Umpan:	
Nominal Pipe size, IPS	= 2 in
Schedule Number , Sch	= 40 in
Outside Diameter,OD	= 2,38 in
inside diameter, ID	= 2,067 in
Flow area per pipe	= 3,35 in ²
Perancangan Pipa Fraksi Berat	
Nominal Pipe size, IPS	= 1/2 in
Schedule Number , Sch	= 40 in
Outside Diameter,OD	= 0,84 in
inside diameter, ID	= 0,622 in
Flow area per pipe	= 0,304 in ²
Perancangan Pipa Fraksi Ringan	
Nominal Pipe size, IPS	= 2,5 in
Schedule Number , Sch	= 40 in
Outside Diameter,OD	= 2,88 in
inside diameter, ID	= 2,469 in
Flow area per pipe	= 4,79 in ²

Wash Tank-1

Kode	=	WT-310		
Jenis	=	Tangki Berpengaduk		
Fungsi	=	Tempat pencucian hasil reaksi untuk mengikat katalis dan reaktan sisa		
Bahan	=	bahan stainless stell plate SA-167 type 304		
Kondisi operasi				
~ Tekanan	=	1 atm		
~ Temperatur	=	30 oC	303,15 oK	

1. Menentukan Volume Wash Tank

• Menghitung Laju Alir Volumetrik

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2$$

Menghitung Viskositas

Komponen	A	B	C	D	Viskositas (cp)
Trigliserida	-9,0562	1,25E+03	2,24E-02	-2,26E-05	6,05E-01
FFA	-18,7045	3,50E+03	3,31E-02	-1,70E-05	20,66
CH3OH	-9,0562	1,25E+03	2,24E-02	-2,26E-05	0,60
H2SO4	-18,7045	3,50E+03	3,31E-02	-1,70E-05	20,66
H2O	-10,2158	1,79E+03	1,77E-02	-1,26E-05	0,79
Metil Ester	-11,3485	2,33E+03	1,82E-02	-1,19E-05	5,80

Kondisi feed :

ARUS 9

Komponen	Massa (kg/jam)	p (kg/L)	cp(J/mol K) x	cp x	rho x
Trigliserida	4124,95	0,69	32566,43	0,52	16814,13
FFA	156,61	0,88	10314,09	0,02	202,18
CH3OH	576,59	0,77	649,48	0,07	46,87
H2SO4	95,79	1,81	2106,27	0,01	25,25
H2O	681,01	1,01	1131,66	0,09	96,46
Metil Ester	2354,45	0,87	9724,57	0,29	2865,80
Total	7989,40		56492,50	1,00	20050,70

BM campuran	=	21,8262228	
p campuran	=	0,794470727 kg/L	
Cp campuran	=	20050,70093 J/molK	918,651895 J/kgK
Fv campuran	=	10056,25041 L/jam	

ARUS 10

Komponen	Massa (kg/jam)	p (kg/L)	cp(J/mol K) x	cp x	rho x
H2O	1177,22	1,02	377,71	1,00	377,71
Total	1177,22	1,02	377,71	1,00	377,71

BM campuran	=	18	
p campuran	=	1,02287 kg/L	
Cp campuran	=	377,7064132 J/molK	20,9836896 J/kgK
Fv campuran	=	1150,903127 L/jam	

Arus keluar Mixer

ARUS 11

Kondisi Operasi	T	=	30 C				
	P	=	1 atm				
komponen	Massa (kg/jam)		p (kg/L)	cp (J/mol K x	cp x	rho x	
Trigliserida	4124,95		0,69	32566,43	0,45	14654,78	0,31
FFA	156,61		0,88	10314,09	0,02	176,22	0,02
CH3OH	576,59		0,77	649,48	0,06	40,85	0,05
H2SO4	95,79		1,81	2106,27	0,01	22,01	0,02
H2O	1858,23		1,01	1131,66	0,20	229,41	0,21
Metil Ester	2354,45		0,87	9724,57	0,26	2497,76	0,22
Total	9166,62			56492,50	1,00	17621,02	0,82

komponen	Massa (kg/jam)	x	μ (Cp)	μ .x	
Trigliserida	4124,95		0,45	0,60	0,27
FFA	156,61		0,02	20,66	0,35
CH3OH	576,59		0,06	0,60	0,04
H2SO4	95,79		0,01	20,66	0,22
H2O	1858,23		0,20	0,79	0,16
Metil Ester	2354,45		0,26	5,80	1,49
Total	9166,62		1,00	49,13	2,53

BM campuran	=	20,69753808	
p campuran	=	0,822616281 kg/L	
Cp campuran	=	17621,02071 J/molK	851,358294 J/kgK
Fv campuran	=	11143,25242 L/jam	

Total rate volumetrik :	11143,25242 L/jam	
Total rate volumetrik	=	11143,252 L/jam
p campuran	=	0,8226163 kg/L
waktu tinggal	=	1 jam (ditentukan)
Direncanakan digunakan 1 tangki, sehingga volume tangki	=	11143,25 L
	=	11,14325 m ³

Menurut Peters dan Timmerhaus (1991) page 37 tabel 6, overdesign yang direkomendasikan adalah 20%. Sehingga mixer dirancang dengan over design 20% , maka volume mixer menjadi 120% dari volume cairan dalam mixer.

Volume tangki	=	Volume cairan x (1 + Overdesign)
	=	11143,25242 x (1 + 0,20)
	=	13371,9029 L/jam
		13,3719029 m ³ /jam

2. Menentukan Dimensi

Bentuk tangki yang dipilih Silinder vertikal dengan alas dan head berbentuk torispherical dished head

- dengan pertimbangan :
1. Tekana operasi 1 atm
 2. Tekanan hidrostatik tidak terlalu besar
 3. Perlu adanya baffle, untuk mengurangi arus putar dan mencegah vortex
 4. lebih ekonomis

Perbandingan diameter dan tinggi adalah 1:1 (D:H = 1:1) (Brownell, 1959 hal 43) karena jika digunakan tinggi yang berlebih akan menyebabkan tekanan hidrostatiknya

semakin tinggi.

$$\text{Volume tangki} = \frac{1}{4} \times D^2 \times H = \frac{\pi}{4} \times D^3$$

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

$$H = D = 2,421293506 \text{ m} \quad 95,326516 \text{ in}$$

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

dimana:

$$V_{\text{sf}} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \frac{\text{sf}}{144}$$

Dimana D_s = diameter shell (in)

V_{dish} = 0.000049. D_s^3 (volume, ft3) (Brownell hal 88)

sf = 2 (straight flangel)

$$V_{\text{head}} = 101,4046121 \text{ ft}^3 \quad 2,87177861 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V_{\text{mixer}} &= V_{\text{shell}} + V_{\text{head}} \\ &= 11,14325242 + 2,87177861 \\ &= 14,01503103 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dengan spesifikasi mixer sebagai berikut :

Diameter shell	=	2,421293506 m
Tinggi shell	=	2,421293506 m
Volume shell	=	11,14325242 m³
Volume head	=	2,871778614 m³
Volume WT	=	14,01503103 m³

$$\begin{aligned} \text{Volume bottom} &= 0.5 \times \text{volume head} \\ \text{Volume bottom} &= 1,4358893 \text{ m}^3 \\ \text{V cairan dalam shell} &= \text{volume shell} - \text{volume bottom} \\ &= 9,7073631 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi cairan dlm shell} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} = 2,1092922 \text{ m} \quad 6,92024996 \text{ ft}$$

3. Menentukan Tebal Dinding (ts)

Dirancang menggunakan stainless steel SA-240 (tipe 405)

$$ts = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C \quad \text{Pers 13.1 Brownell and young 1959 hal 254}$$

Dalam hubungan ini :

ts	=	tebal shell, in	bahan stainless stell plate SA-167 type 304
r	=	Jari-jari	
	=	½ .Diameter Mixer	
	=	0,5 x 95,3265	in
	=	47,6633	in

E	=	effisiensi pengelasan	=	
	=	0,8500		
C	=	faktor korosi		
	=	0,1250		
f	=	tegangan yang diizinkan	=	15.000 psi
		Poperasi = atmosferis	=	14,7 psi
		Pdesain = 1.1* P operasi	=	16,1700 psi
		P = tekanan dalam mixer	=	16,1700 psi

(Brownell, hal 342)

Sehingga ts	=	0,1855 in	
tebal standar brownell	=	3/16 in	0,1875 in
	=	0,0048 m	(Brownell, Halaman 350)

4. Menentukan Tebal Head (th) dan Tebal Bottom

Jenis head yang dipilih adalah : Torispherical d 1. Tekanan operasi 15-200 psig
 2. Cocok untuk tangki silinder vertikal / horisontal

Pdesain-P udara luar (P)	=	1,47 psi	
OD	=	ID + 2ts	
	=	95,701516 in	dari brownell tabel 5-7 hal 90
Dipakai OD =		54 in	icr = 3,25 in

$$w = \frac{t}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right) \text{ pers 7.76 Brownell n young hal 138}$$

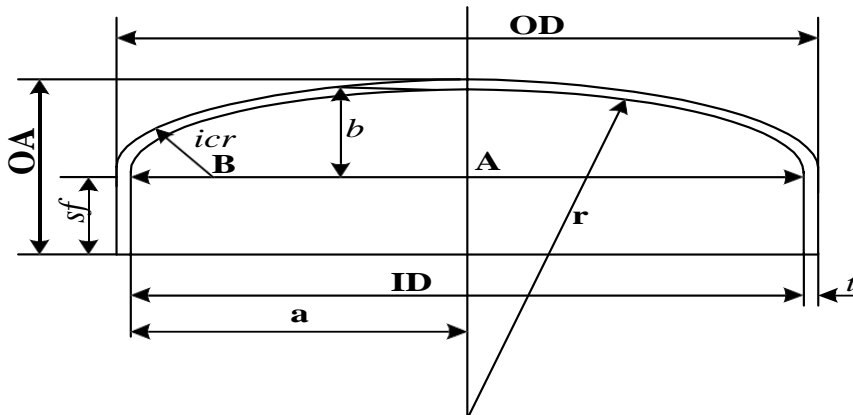
w = 1,470576692 in

sehingga
 th = $\frac{P.r.w}{(2.f.E - 0,2.P)} \cdot C$ pers 7.77 Brownell n young 1959 hal 138

th = 0,13 in 0,0032 m
 maka digunakan tebal standar 3/16 in atau 0,0032 m

5. Menentukan Tinggi Total

untuk th = 3/16 in
 pada tabel 5.6 Brownell & Young, hal 88 diperoleh sf = 1 1/2 - 2 maka diambil sf = 2
 sf = 2



C

KETERANGAN :	
ID	diameter dalam head
OD	diameter luar head
th	tebal head
r	jari-jari dish
icr	jari-jari dalam sudut dish
b	tinggi head
sf	straight flange

Brownell & young 1959 hal 87

$$\begin{aligned}
 ID &= OD \text{ standart} - 2 \cdot ts \\
 ID &= 53,625 \text{ in} \\
 a = \frac{ID}{2} &= 26,8125 \text{ in} \quad \text{jari jari dalam shell} \\
 AB &= a - icr = 23,5625 \text{ in} \\
 BC &= OD - icr = 50,75 \text{ in} \\
 AC &= (BC^2 - AB^2)^{1/2} = 44,9485383 \text{ in} \\
 b &= r - AC = 9,05146172 \text{ in} \\
 \text{Tinggi head total} &= sf + b + th \\
 (OA) &= 11,18 \text{ in} = 0,28394027 \text{ m} \\
 \text{tinggi total} &= 2 \times \text{tinggi head total} + \text{tinggi shell} \\
 &= 0,567880533 + 2,42129351 \\
 &= 2,989174039 \text{ m} = 117,684017 \text{ in}
 \end{aligned}$$

6. Menentukan Jumlah dan Jenis Pengaduk

Dipilih : Turbin, karena :

1. Memiliki jangkauan viskositas yang sangat luas
2. Pencampuran sangat baik
3. Menimbulkan arus yang sangat deras di keseluruhan tangki
(Ludwig, 1991 Volume I halaman 183)

Dipilih jenis pengaduk turbin dengan 6 blade disk standar, dengan alasan:

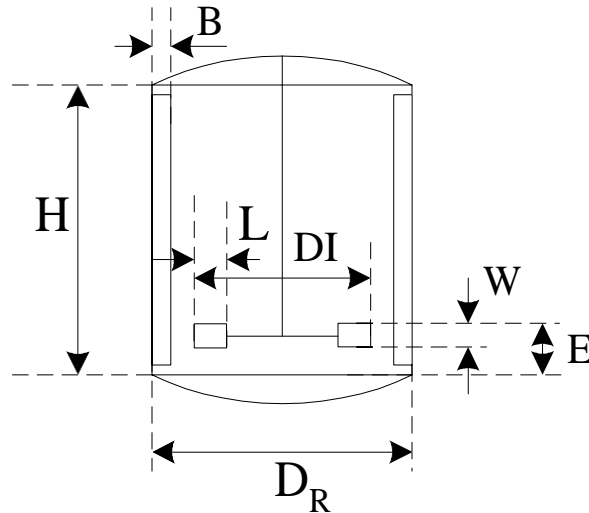
1. Mempunyai efisiensi yang besar untuk campuran.
2. Mempunyai kapasitas pemompaan yang besar.
3. Pencampuran sangat baik.
4. Memiliki jangkauan viskositas yang luas.

(Ludwig, 1991, Volume I, Halaman 185)

Perbandingan ukuran, umumnya:

$$\begin{aligned}
 Di/DR &= 1/3 \\
 E/Di &= 1 \\
 W &= Di/5 \\
 L &= Di/4 \\
 B &= DR/10
 \end{aligned}$$

(Rase, hal 356)



Diameter mixer (DR)	=	2,4213	m
Diameter pengaduk (Di)	=	0,8071	m
Pengaduk dari dasar (E)	=	0,8071	m
Tinggi Pengaduk (W)	=	0,1614	m
Lebar pengaduk (L)	=	0,2018	m
Lebar baffle (B)	=	0,2421	m

Menghitung jumlah impeler (pengaduk)
 Dimana WELH adalah Water Equivalen Liquid High

$$WELH = \text{Tinggi Bahan} \sqrt{\frac{\rho \text{ cairan}}{\rho \text{ air}}}$$

$$WELH = 2,421293506 \text{ m} \times \frac{822,616281 \text{ kg/m}^3}{995,68 \text{ kg/m}^3}$$

$$WELH = 2,000437347 \text{ m}$$

Jumlah impeler = WELH / D = 0,83 ≈ 1

Putaran pengaduk = $\frac{WELH}{2 \cdot DI} = \left(\frac{\pi \cdot D \cdot N}{60 \cdot 0} \right)^2$ (Rase, 1977 hal 345)

$$N = \frac{600}{\pi \cdot DI / 0,3048} \sqrt{\frac{WELH}{2 \cdot DI}}$$

$$= 80,33314514 \text{ rpm}$$

$$= 1,338885752 \text{ rps}$$

Dengan:

N	=	80,33314514 rpm	1,33888575 rps
p	=	822,6162806 kg/m ³	51,3525364 lbm/ft ³
gc	=	32,2 ft/s ²	
μ	=	2,53 Cp	0,00169932 lb/ft s
Di	=	0,8071 m	2,65 ft 31,78 in

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot N \cdot Di^2}{\mu}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = 283.696 \quad (\text{turbulen})$$

dari gambar 8.8 Rase, $N_{re} = 10^2 - 10^7$ diperoleh harga power Number (NP) = 5,5

$$N_p = 5,5$$

$$P = \frac{N^3 \cdot D_i^5 \cdot \rho \cdot \mu \cdot N_p}{550 \cdot g_c}$$

$$P = 4,983020647 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 0,83 \text{ (fig 14.38 Peters, halaman 521)}$$

$$\text{Daya Motor} = \frac{p}{\eta}$$

$$= \frac{4,983020647}{0,83} = 6,003639334 \text{ Hp} \quad \text{overdesign} = 6,60400327 \text{ Hp}$$

$$\text{Standart NEMA (HP)} = \begin{matrix} 1 \\ 1,5 \\ 2 \\ 3 \\ 5 \\ 7,5 \\ 10 \\ 15 \end{matrix}$$

$$\text{Jika over design} = 6,604003268 \text{ HP}$$

maka

$$\text{Dipilih power standart P adalah} = 10 \text{ HP}$$

RESUME		
Nama Alat	=	Was tank
Kode	=	WT-310
Fungsi	=	Mencuci dan mengikat sisa dari reaktan dan katalis
Type	=	Silinder vertical dengan head dan bottom berbentuk torispherical
Bahan	=	Bahan stainless steell plate SA-167 type 304
Kriteria		Ukuran
Diameter shell	=	2,4213 m
Tinggi shell	=	2,4213 m
Volume shell	=	11,1433 m ³
Volume head	=	2,8718 m ³
Volume mixer	=	14,0150 m ³
Tinggi mixer total	=	2,9892 m
Jenis pengaduk	=	turbin dengan 6 blade disk standar
Jumlah pengaduk	=	2
Putaran pengaduk	=	80,3331 rpm
Power (P)	=	10 HP

Wash Tank-2

Kode	=	WT-324	
Jenis	=	Tangki Berpengaduk	
Fungsi	=	Tempat pencucian hasil reaksi untuk mengikat katalis dan reaktan sisa	
Bahan	=	bahan stainless stell plate SA-167 type 304	
Kondisi operasi			
~ Tekanan	=	1 atm	
~ Temperatur	=	30 oC	303,15 oK

1. Menentukan Volume Wash Tank

● Menghitung Laju Alir Volumetrik

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2$$

Menghitung Viskositas

Komponen	A	B	C	D	Viskositas (cp)
Trigliserida	-9,0562	1,25E+03	2,24E-02	-2,26E-05	6,05E-01
FFA	-18,7045	3,50E+03	3,31E-02	-1,70E-05	20,66
CH3OH	-9,0562	1,25E+03	2,24E-02	-2,26E-05	0,60
H2SO4	-18,7045	3,50E+03	3,31E-02	-1,70E-05	20,66
H2O	-10,2158	1,79E+03	1,77E-02	-1,26E-05	0,79
Metil Ester	-11,3485	2,33E+03	1,82E-02	-1,19E-05	5,80

Kondisi feed :

ARUS 9

Komponen	Massa (kg/jam)	p (kg/L)	cp(J/mol K) x	cp x	rho x
Trigliserida	4127,16	0,69	32566,43	0,56	18292,16
FFA	156,70	0,88	10314,09	0,02	219,96
CH3OH	288,45	0,77	649,48	0,04	25,50
H2SO4	47,92	1,81	2106,27	0,01	13,74
H2O	371,85	1,01	1131,66	0,05	57,27
Metil Ester	2355,71	0,87	9724,57	0,32	3117,71
Total	7347,78		56492,50	1,00	21726,33

BM campuran	=	23,74483088	
p campuran	=	0,779416127 kg/L	
Cp campuran	=	21726,32932 J/molK	914,99196 J/kgK
Fv campuran	=	9427,293713 L/jam	

ARUS 10

Komponen	Massa (kg/jam)	p (kg/L)	cp(J/mol K) x	cp x	rho x
H2O	1177,22	1,02	377,71	1,00	377,71
Total	1177,22	1,02	377,71	1,00	377,71

BM campuran	=	18	
p campuran	=	1,02287 kg/L	
Cp campuran	=	377,7064132 J/molK	20,98369 J/kgK
Fv campuran	=	1150,903127 L/jam	

Arus keluar Mixer

ARUS 11

Kondisi Operasi	T	=	30 C				
	P	=	1 atm				
komponen	Massa (kg/jam)	p (kg/L)	cp (J/mol K) x	cp x	rho x		
Trigliserida	4124,95	0,69	32566,43	0,48	15765,01	0,34	
FFA	156,61	0,88	10314,09	0,02	189,57	0,02	
CH3OH	288,30	0,77	649,48	0,03	21,97	0,03	
H2SO4	47,89	1,81	2106,27	0,01	11,84	0,01	
H2O	1548,87	1,01	1131,66	0,18	205,70	0,18	
Metil Ester	2354,45	0,87	9724,57	0,28	2686,99	0,24	
Total	8521,07		56492,50	1,00	18881,08	0,81	

komponen	Massa (kg/jam)	x	μ (Cp)	μ .x	
Trigliserida	4124,95	0,48	0,60	0,29	
FFA	156,61	0,02	20,66	0,38	
CH3OH	288,30	0,03	0,60	0,02	
H2SO4	47,89	0,01	20,66	0,12	
H2O	1548,87	0,18	0,79	0,14	
Metil Ester	2354,45	0,28	5,80	1,60	
Total	8521,07	1,00	49,13	2,56	

BM campuran	=	22,26557317	
p campuran	=	0,811773835 kg/L	
Cp campuran	=	18881,08208 J/molK	847,99443 J/kgK
Fv campuran	=	10496,85096 L/jam	

Total rate volumetrik :	10496,85096 L/jam	
Total rate volumetrik	=	10496,851 L/jam
p campuran	=	0,8117738 kg/L
waktu tinggal	=	1 jam
		811,773835 kg/m3
		(ditentukan)
Direncanakan digunakan 1 tangki, sehingga volume tangki	=	10496,85 L
	=	10,49685 m3

Menurut Peters dan Timmerhaus (1991) page 37 tabel 6, overdesign yang direkomendasikan adalah 20%. Sehingga mixer dirancang dengan over design 20% , maka volume mixer menjadi 120% dari volume cairan dalam mixer.

Volume tangki	=	Volume cairan x (1 + Overdesign)
	=	10496,85096 x (1 + 0,20)
	=	12596,22115 L/jam
		12,596221 m3/jam

2. Menentukan Dimensi

Bentuk tangki yang dipilih Silinder vertikal dengan alas dan head berbentuk torispherical dished head

- dengan pertimbangan :
1. Tekana operasi 1 atm
 2. Tekanan hidrostatik tidak terlalu besar
 3. Perlu adanya baffle, untuk mengurangi arus putar dan mencegah vortex
 4. lebih ekonomis

Perbandingan diameter dan tinggi mixer adalah 1:1 (D:H = 1:1) (Brownell, 1959 hal 43) karena jika digunakan tinggi yang berlebih akan menyebabkan tekanan hidrostatiknya

semakin tinggi.

$$\text{Volume tangki} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H = \frac{\pi}{4} \times D^3$$

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

$$H = D = 2,37353947 \text{ m} \quad 93,446436 \text{ in}$$

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

dimana:

$$V_{\text{sf}} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \frac{144}{144}$$

Dimana D_s = diameter shell (in)

V_{dish} = 0.000049. D_s^3 (volume, ft³) (Brownell hal 88)

sf = 2 (straight flangel)

$$V_{\text{head}} = 95,8352492 \text{ ft}^3 \quad 2,7140543 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V_{\text{mixer}} &= V_{\text{shell}} + V_{\text{head}} \\ &= 10,49685096 + 2,7140543 \\ &= 13,21090521 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dengan spesifikasi mixer sebagai berikut :

Diameter shell	=	2,37353947 m
Tinggi shell	=	2,37353947 m
Volume shell	=	10,49685096 m³
Volume head	=	2,714054257 m³
Volume	=	13,21090521 m³

$$\begin{aligned} \text{Volume bottom} &= 0.5 \times \text{volume head} \\ \text{Volume bottom} &= 1,3570271 \text{ m}^3 \\ \text{V cairan dalam shell} &= \text{volume shell} - \text{volume bottom} \\ &= 9,1398238 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi cairan dlm shell} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} = 2,0666896 \text{ m} \quad 6,78047766 \text{ ft}$$

3. Menentukan Tebal Dinding (ts)

Dirancang menggunakan stainless steel SA-240 (tipe 405)

$$ts = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C \quad \text{Pers 13.1 Brownell and young 1959 hal 254}$$

Dalam hubungan ini :

$$\begin{aligned} ts &= \text{tebal shell, in} && \text{bahan stainless stell plate SA-167 type 304} \\ r &= \text{Jari-jari} \\ &= \frac{1}{2} \cdot \text{Diameter Mixer} \\ &= 0,5 \times 93,4464 \text{ in} \\ &= 46,7232 \text{ in} \end{aligned}$$

E = efisiensi pengelasan
 = 0,8500
 C = faktor korosi
 = 0,1250
 f = tegangan yang diizinkan = 15.000 psi
 Poperasi = atmosferis = 14,7 psi
 Pdesain = 1.1* P operasi = 16,1700 psi
 P = tekanan dalam mixer = 16,1700 psi
 (Brownell, hal 342)

Sehingga ts = 0,1843 in
 tebal standar brownell = 3/16 in = 0,1875 in
 = 0,0048 m (Brownell, Halaman 350)

4. Menentukan Tebal Head (th) dan Tebal Bottom

Jenis head yang dipilih adalah : Torispherical d 1. Tekanan operasi 15-200 psig
 2. Cocok untuk tangki silinder vertikal / horisontal

Pdesain-P udara luar (P) = 1,47 psi
 OD = ID + 2ts = 93,821436 in dari brownell tabel 5-7 hal 90
 Dipakai OD = 54 in icr = 3,25 in

w = $\frac{1}{4} \left[3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right]$ pers 7.76 Brownell n young hal 138

w = 1,470576692 in

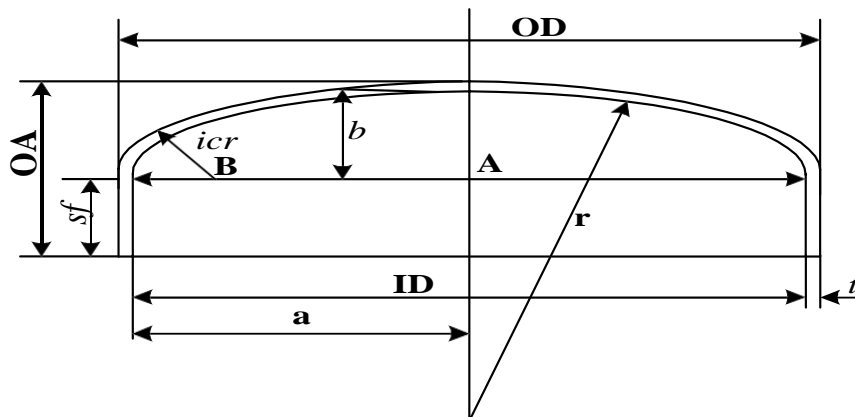
sehingga th = $\frac{P.r.w}{(2.f.E - 0,2.P)} + C$ pers 7.77 Brownell n young 1959 hal 138

th = 0,13 in = 0,0032 m

maka digunakan tebal standar 3/16 in atau 0,0032 m

5. Menentukan Tinggi Total

untuk th = 3/16 in
 pada tabel 5.6 Brownell & Young, hal 88 diperoleh sf = 1 1/2 - 2 maka diambil sf = 2
 sf = 2



KETERANGAN :	
ID	diameter dalam head
OD	diameter luar head
th	tebal head
r	jari-jari dish
icr	jari-jari dalam sudut dish
b	tinggi head
sf	straight flange

Brownell & young 1959 hal 87

$$\begin{aligned}
 ID &= OD \text{ standart} - 2 \cdot ts \\
 ID &= 53,625 \text{ in} \\
 a = \frac{ID}{2} &= 26,8125 \text{ in} \quad \text{jari jari dalam shell} \\
 AB &= a - icr = 23,5625 \text{ in} \\
 BC &= OD - icr = 50,75 \text{ in} \\
 AC &= (BC^2 - AB^2)^{1/2} = 44,948538 \text{ in} \\
 b &= r - AC = 9,0514617 \text{ in} \\
 \text{Tinggi head total} &= sf + b + th \\
 \text{(OA)} &= 11,18 \text{ in} \quad 0,2839403 \text{ m} \\
 \text{tinggi total} &= 2 \times \text{tinggi head total} + \text{tinggi shell} \\
 &= 0,567880533 + 2,3735395 \\
 &= 2,941420003 \text{ m} \quad 115,80394 \text{ in}
 \end{aligned}$$

6. Menentukan Jumlah dan Jenis Pengaduk

Dipilih : Turbin, karena :

1. Memiliki jangkauan viskositas yang sangat luas
2. Pencampuran sangat baik
3. Menimbulkan arus yang sangat deras di keseluruhan tangki
(Ludwig, 1991 Volume I halaman 183)

Dipilih jenis pengaduk turbin dengan 6 blade disk standar, dengan alasan:

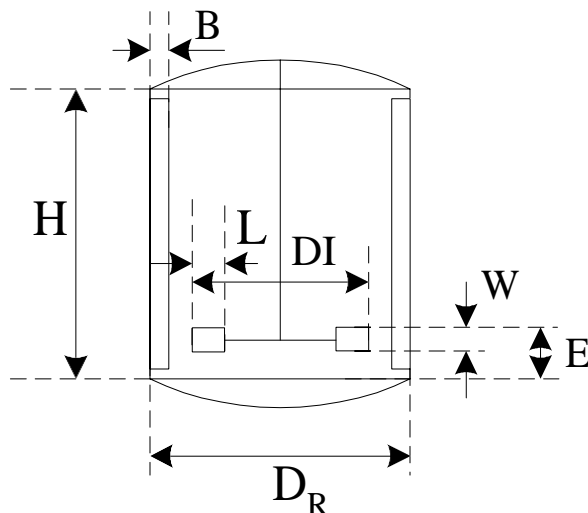
1. Mempunyai efisiensi yang besar untuk campuran.
2. Mempunyai kapasitas pemompaan yang besar.
3. Pencampuran sangat baik.
4. Memiliki jangkauan viskositas yang luas.

(Ludwig, 1991, Volume I, Halaman 185)

Perbandingan ukuran, umumnya:

$$\begin{aligned}
 Di/DR &= 1/3 \\
 E/Di &= 1 \\
 W &= Di/5 \\
 L &= Di/4 \\
 B &= DR/10
 \end{aligned}$$

(Rase, hal 356)



Diameter mixer (DR)	=	2,3735	m
Diameter pengaduk (Di)	=	0,7912	m
Pengaduk dari dasar (E)	=	0,7912	m
Tinggi Pengaduk (W)	=	0,1582	m
Lebar pengaduk (L)	=	0,1978	m
Lebar baffle (B)	=	0,2374	m

Menghitung jumlah impeler (pengaduk)

Dimana WELH adalah Water Equivalen Liquid High

$$\text{WELH} = \text{Tinggi Bahan} \sqrt{\frac{\rho \text{ cairan}}{\rho \text{ air}}}$$

$$\text{WELH} = 2,37353947 \text{ m} \times \frac{811,773835 \text{ kg/m}^3}{995,68 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{WELH} = 1,935137029 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah impeler} = \text{WELH} / D = 0,82 \approx 1$$

$$\text{Putaran pengaduk} = \frac{\text{WELH}}{2 \cdot \text{DI}} = \left(\frac{\pi \cdot D \cdot N}{60 \cdot g} \right)^2 \quad (\text{Rase, 1977 hal 345})$$

$$N = \frac{600}{\pi \cdot \text{DI} / 0,3048} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 \cdot \text{DI}}}$$

$$= 81,4075386 \text{ rpm}$$

$$= 1,35679231 \text{ rps}$$

Dengan:

N	=	81,40753862 rpm	1,3567923 rps
ρ	=	811,7738349 kg/m ³	50,675687 lbm/ft ³
gc	=	32,2 ft/s ²	
μ	=	2,56 Cp	0,001717 lb/ft s
Di	=	0,7912 m	2,60 ft 31,15 in

$$N_{\text{Re}} = \frac{\rho \cdot N \cdot \text{Di}^2}{\mu}$$

$$N_{Re} = \frac{\mu m}{269.818} \quad (\text{turbulen})$$

dari gambar 8.8 Rase, $N_{re} = 10^2-10^7$ diperoleh harga power Number (NP) = 5,5

$$N_p = 5,5$$

$$P = \frac{N^3 \cdot D_i^5 \cdot \rho \cdot \eta_p}{550 \cdot g_c}$$

$$P = 4,632176507 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 0,83 \quad (\text{fig 14.38 Peters, halaman 521})$$

$$\text{Daya Motor} = \frac{p}{\eta}$$

$$= \frac{5,58093555 \text{ Hp}}{\eta} \quad \text{overdesign} = 6,13902911 \text{ Hp}$$

$$\text{Standart NEMA (HP)} = \begin{matrix} 1 \\ 1,5 \\ 2 \\ 3 \\ 5 \\ 7,5 \\ 10 \\ 15 \end{matrix}$$

$$\text{Jika over design} = \text{dst} = 6,139029105 \text{ HP}$$

maka

$$\text{Dipilih power standart P adalah} = 10 \text{ HP}$$

RESUME		
Nama Alat	=	Wash Tank
Kode	=	WT-324
Fungsi	=	Mencuci dan mengikat sisa dari reaktan dan katalis
Type	=	Silinder vertical dengan head dan bottom berbentuk torispherical
Bahan	=	Bahan stainless steell plate SA-167 type 304
Kriteria		Ukuran
Diameter shell	=	2,3735 m
Tinggi shell	=	2,3735 m
Volume shell	=	10,4969 m ³
Volume head	=	2,7141 m ³
Volume mixer	=	13,2109 m ³
Tinggi mixer total	=	2,9414 m
Jenis pengaduk	=	turbin dengan 6 blade disk standar
Jumlah pengaduk	=	2
Putaran pengaduk	=	81,4075 rpm
Power (P)	=	10 HP

Wash Tank					
Kode	=	WT-510			
Jenis	=	Tangki Berpengaduk			
Fungsi	=	Tempat pencucian hasil reaksi untuk mengikat katalis dan reaktan sisa			
Bahan	=	bahan stainless stell plate SA-167 type 304			
Kondisi operasi					
~ Tekanan	=	1 atm			
~ Temperatur	=	30 oC	303,15	oK	

1. Menentukan Volume Wash Tank

• Menghitung Laju Alir Volumetrik

$$\log \mu = A + B/T + CT + DT^2$$

Menghitung Viskositas

Komponen	A	B	C	D	Viskositas (cp)
Trigliserida	-9,0562	1,25E+03	2,24E-02	-2,26E-05	6,05E-01
FFA	-18,7045	3,50E+03	3,31E-02	-1,70E-05	20,66
CH3OH	-9,0562	1,25E+03	2,24E-02	-2,26E-05	0,60
NaOH	-4,1939	2051,5	0,0028	-6,16E-07	2336,54
H2O	-10,2158	1,79E+03	1,77E-02	-1,26E-05	0,79
Metil Ester	-11,3485	2,33E+03	1,82E-02	-1,19E-05	5,80
Gliserol	-18,215	4,23E+03	2,88E-02	-1,86E-05	580,96

Kondisi feed :

ARUS 27

Komponen	Massa (kg/jam)	p (kg/L)	cp(J/mol K) x	cp x	rho x
Trigliserida	269,77	0,69	32566,43	0,04	1170,18
FFA	156,61	0,88	10314,09	0,02	215,15
CH3OH	449,20	0,77	649,48	0,06	38,86
NaOH	165,00	1,90	1305,93	0,02	28,70
H2O	71,63	1,01	1131,66	0,01	10,80
Metil Ester	6227,85	0,87	9724,57	0,83	8066,71
Gliserol	167,73	1,25	5377,19	0,02	120,13
Total	7507,79		61069,35	1,00	9650,53

BM campuran	=	276,0188392			
p campuran	=	0,887944749 kg/L			
Cp campuran	=	9650,533474 J/molK	34,9633145 J/kgK		
Fv campuran	=	8455,245818 L/jam			

ARUS 10

Komponen	Massa (kg/jam)	p (kg/L)	cp(J/mol K) x	cp x	rho x
H2O	3113,93	1,00	1884,14	1,00	1884,14
Total	3113,93	1,00	1884,14	1,00	1884,14

BM campuran	=	18			
p campuran	=	1,00428 kg/L			
Cp campuran	=	1884,135209 J/molK	104,674178 J/kgK		
Fv campuran	=	3100,656338 L/jam			

Perbandingan diameter dan tinggi mixer adalah 1:1 (D:H = 1:1) (Brownell, 1959 hal 43) karena jika digunakan tinggi yang berlebih akan menyebabkan tekanan hidrostatiknya semakin tinggi.

$$\text{Volume tangki} = \frac{1}{4} \times D^2 \times H = \frac{\pi}{4} \times D^3$$

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

$$H = D = 2,445834763 \text{ m} \quad 96,2927072 \text{ in}$$

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

dimana:

$$V_{\text{sf}} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \text{sf}$$

Dimana Ds = diameter shell (in)

V dish = 0.000049. Ds³ (volume, ft³)

(Brownell hal 88)

sf = 2 (straight flangel)

$$V_{\text{head}} = 104,3485846 \text{ ft}^3 \quad 2,95515192 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V_{\text{mixer}} &= V_{\text{shell}} + V_{\text{head}} \\ &= 11,48552885 + 2,95515192 \\ &= 14,44068077 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dengan spesifikasi mixer sebagai berikut :

Diameter shell	=	2,445834763 m
Tinggi shell	=	2,445834763 m
Volume shell	=	11,48552885 m³
Volume head	=	2,955151917 m³
Volume mixer	=	14,44068077 m³

$$\text{Volume bottom} = 0.5 \times \text{volume head}$$

$$\text{Volume bottom} = 1,477576 \text{ m}^3$$

$$\text{V cairan dalam shell} = \text{volume shell} - \text{volume bottom}$$

$$= 10,007953 \text{ m}^3$$

$$\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2}$$

$$\text{Tinggi cairan dlm shell} = 2,1311861 \text{ m} \quad 6,99208028 \text{ ft}$$

3. Menentukan Tebal Dinding Tangki (ts)

Dirancang menggunakan stainless steel SA-240 (tipe 405)

Pers 13.1 Brownell and young 1959 hal 254

$$ts = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)}$$

Dalam hubungan ini :

ts = tebal shell, in

bahan stainless stell plate SA-167 type 304

r = Jari-jari

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} \cdot \text{Diameter Mixer} \\
 &= 0,5 \times 96,2927 \text{ in} \\
 &= 48,1464 \text{ in}
 \end{aligned}$$

E = efisiensi pengelasan
= 0,8500

C = faktor korosi
= 0,1250

f = tegangan yang diizinkan = 15.000 psi
 Poperasi = atmosferis = 14,7 psi
 Pdesain = 1.1 * P operasi = 16,1700 psi
 P = tekanan dalam mixer = 16,1700 psi
 (Brownell, hal 342)

Sehingga ts = 0,1861 in
 tebal standar brownell = 3/16 in = 0,1875 in
 = 0,0048 m (Brownell, Halaman 350)

4. Menentukan Tebal Head (th) dan Tebal Bottom

Jenis head yang dipilih adalah : Torispherical d 1. Tekanan operasi 15-200 psig
 2. Cocok untuk tangki silinder vertikal / horisontal

Pdesain-P udara luar (P) = 1,47 psi
 OD = ID + 2ts = 96,667707 in dari brownell tabel 5-7 hal 90
 Dipakai OD = 54 in icr = 3,25 in

$$w = \frac{r}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right) \text{ pers 7.76 Brownell n young hal 138}$$

w = 1,470576692 in

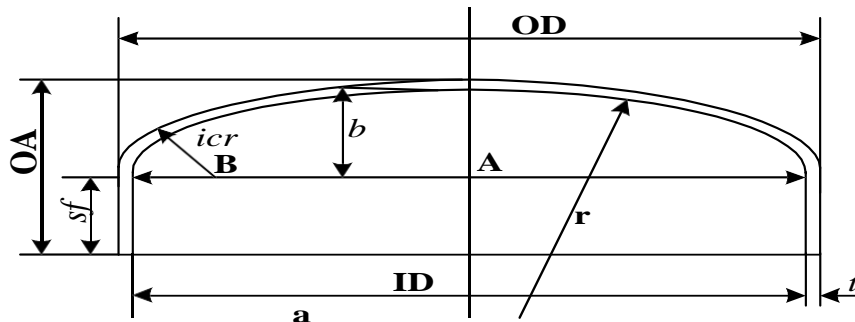
sehingga th = $\frac{P \cdot r \cdot w}{(2 \cdot f \cdot E - 0,2 \cdot P) \cdot C}$ pers 7.77 Brownell n young 1959 hal 138

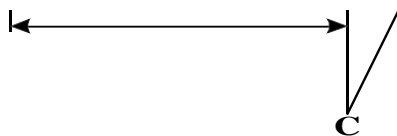
th = 0,13 in = 0,0032 m

maka digunakan tebal standar 3/16 in atau 0,0032 m

5. Menentukan Tinggi total

untuk th = 3/16 in
 pada tabel 5.6 Brownell & Young, hal 88 diperoleh sf = 1 1/2 - 2 maka diambil sf = 2
 sf = 2





KETERANGAN :

ID	diameter dalam head
OD	diameter luar head
th	tebal head
r	jari-jari dish
icr	jari-jari dalam sudut dish
b	tinggi head
sf	straight flange

Brownell & young 1959 hal 87

ID	=	OD standart - 2*ts	
ID	=	53,625 in	
$a = \frac{ID}{2}$	=	26,8125 in	jari jari dalam shell
AB	=	a - icr	= 23,5625 in
BC	=	OD - icr	= 50,75 in
AC	=	$(BC^2 - AB^2)^{1/2}$	= 44,9485383 in
b	=	r - AC	= 9,05146172 in
Tinggi head total	=	sf + b + th	
(OA)	=	11,18 in	0,28394027 m
tinggi total	=	2 x tinggi head total + tinggi shell	
	=	0,567880533 +	2,44583476
	=	3,013715296 m	118,650209 in

6. Menentukan Jumlah dan Jenis Pengaduk

Dipilih : Turbin, karena :

1. Memiliki jangkauan viskositas yang sangat luas
2. Pencampuran sangat baik
3. Menimbulkan arus yang sangat deras di keseluruhan tangki
(Ludwig, 1991 Volume I halaman 183)

Dipilih jenis pengaduk turbin dengan 6 blade disk standar, dengan alasan:

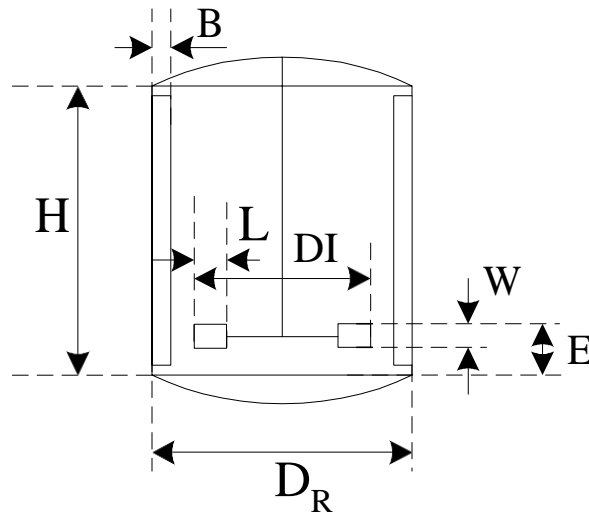
1. Mempunyai efisiensi yang besar untuk campuran.
2. Mempunyai kapasitas pemompaan yang besar.
3. Pencampuran sangat baik.
4. Memiliki jangkauan viskositas yang luas.

(Ludwig, 1991, Volume I, Halaman 185)

Perbandingan ukuran, umumnya:

Di/DR	=	1/3
E/Di	=	1
W	=	Di /5
L	=	Di/4
B	=	DR/10

(Rase, hal 356)



Diameter mixer (DR)	=	2,4458	m
Diameter pengaduk (Di)	=	0,8153	m
Pengaduk dari dasar (E)	=	0,8153	m
Tinggi Pengaduk (W)	=	0,1631	m
Lebar pengaduk (L)	=	0,2038	m
Lebar baffle (B)	=	0,2446	m

Menghitung jumlah impeler (pengaduk)

Dimana WELH adalah Water Equivalen Liquid High

$$WELH = \text{Tinggi Bahan} \sqrt{\frac{\rho \text{ cairan}}{\rho \text{ air}}}$$

$$WELH = 2,445834763 \text{ m} \times \frac{924,791397 \text{ kg/m}^3}{995,68 \text{ kg/m}^3}$$

$$WELH = 2,271700695 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah impeler} = WELH / D = 0,93 \approx 1$$

$$\text{Putaran pengaduk} = \frac{WELH}{2 \cdot D_I} = \left(\frac{\pi \cdot D \cdot N}{60 \cdot 0} \right)^2 \quad (\text{Rase, 1977 hal 345})$$

$$N = \frac{600}{\pi \cdot D_I / 0,3048} \sqrt{\frac{WELH}{2 \cdot D_I}}$$

$$= 84,32150211 \text{ rpm}$$

$$= 1,405358368 \text{ rps}$$

Dengan:

N	=	84,32150211 rpm	1,40535837 rps
p	=	924,7913971 kg/m ³	57,7309069 lbm/ft ³
gc	=	32,2 ft/s ²	
μ	=	89,37 Cp	0,06005492 lb/ft s

$$D_i = 0,8153 \text{ m} \quad 2,67 \text{ ft} \quad 32,10 \text{ in}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot N \cdot D_i^2}{\mu_m}$$

$$N_{Re} = 9.666 \quad (\text{turbulen})$$

dari gambar 8.8 Rase, $N_{re} = 10^2-10^7$ diperoleh harga power Number (NP) = 5,5

$$N_p = 5,5$$

$$P = \frac{N^3 \cdot D_i^5 \cdot \rho \cdot N_p}{550 \cdot g_c}$$

$$P = 6,813468314 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 0,83 \text{ (fig 14.38 Peters, halaman 521)}$$

$$\text{Daya Motor} = \frac{p}{\eta}$$

$$= 8,208997968 \text{ Hp} \quad \text{overdesign} = 9,02989776 \text{ Hp}$$

$$\text{Standart NEMA (HP)} = 1$$

1,5

2

3

5

7,5

10

15

dst

$$\text{Jika over design} = 9,029897765 \text{ HP}$$

maka

$$\text{Dipilih power standart P adalah} = 10 \text{ HP}$$

RESUME

Nama Alat	=	Wash Tank
Kode	=	WT-510
Fungsi	=	Mencampurkan CH ₃ OH dengan Katalis H ₂ SO ₄
Type	=	Silinder vertical dengan head dan bottom berbentuk torispherical
Bahan	=	Bahan stainless steell plate SA-167 type 304
Kriteria		Ukuran
Diameter shell	=	2,4458 m
Tinggi shell	=	2,4458 m
Volume shell	=	11,4855 m ³
Volume head	=	2,9552 m ³
Volume mixer	=	14,4407 m ³
Tinggi mixer total	=	3,0137 m
Jenis pengaduk	=	turbin dengan 6 blade disk standar
Jumlah pengaduk	=	2
Putaran pengaduk	=	84,3215 rpm
Power (P)	=	10 HP

Wash Tank			
Kode	=	WT-520	
Jenis	=	Tangki Berpengaduk	
Fungsi	=	Tempat pencucian hasil reaksi untuk mengikat katalis dan reaktan sisa	
Bahan	=	bahan stainless stell plate SA-167 type 304	
Kondisi operasi			
~ Tekanan	=	1 atm	
~ Temperatur	=	30 oC	303,15 oK

1. Menentukan Volume Wash Tank

• Menghitung Laju Alir Volumetrik

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT^2$$

Menghitung Viskositas

Komponen	A	B	C	D	Viskositas (cp)
Trigliserida	-9,0562	1,25E+03	2,24E-02	-2,26E-05	6,05E-01
FFA	-18,7045	3,50E+03	3,31E-02	-1,70E-05	20,66
CH3OH	-9,0562	1,25E+03	2,24E-02	-2,26E-05	0,60
NaOH	-4,1939	2051,5	0,0028	-6,16E-07	2336,54
H2O	-10,2158	1,79E+03	1,77E-02	-1,26E-05	0,79
Metil Ester	-11,3485	2,33E+03	1,82E-02	-1,19E-05	5,80
Gliserol	-18,215	4,23E+03	2,88E-02	-1,86E-05	580,96

Kondisi feed :

ARUS 27

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (kg/L)	$cp(J/mol K)$ x	cp x	ρ x
Trigliserida	269,77	0,69	32566,43	0,04	1143,60
FFA	156,61	0,88	10314,09	0,02	210,27
CH3OH	224,60	0,77	649,48	0,03	18,99
NaOH	82,50	1,90	1305,93	0,01	14,02
H2O	637,11	1,01	1131,66	0,08	93,85
Metil Ester	6227,85	0,87	9724,57	0,81	7883,46
Gliserol	83,86	1,25	5377,19	0,01	58,70
Total	7682,31		61069,35	1,00	9422,89

BM campuran	=	268,7039793	
ρ campuran	=	0,885633842 kg/L	
C_p campuran	=	9422,887185 J/molK	35,067911 J/kgK
F_v campuran	=	8674,366435 L/jam	

ARUS 10

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (kg/L)	$cp(J/mol K)$ x	cp x	ρ x
H2O	3113,93	1,00	1884,14	1,00	1884,14
Total	3113,93	1,00	1884,14	1,00	1884,14

BM campuran	=	18	
ρ campuran	=	1,00428 kg/L	
C_p campuran	=	1884,135209 J/molK	104,67418 J/kgK
F_v campuran	=	3100,656338 L/jam	

Arus keluar Mixer**ARUS 11**

Kondisi Operasi T = 30 C
P = 1 atm

komponen	Massa (kg/jam)	p (kg/L)	cp (J/mol K) x	cp x	rho x
Trigliserida	269,77	0,69	32566,43	0,02	813,75
FFA	156,61	0,88	10314,09	0,01	149,62
CH3OH	224,60	0,77	649,48	0,02	13,51
NaOH	82,50	1,90	1305,93	0,01	9,98
H2O	3751,04	1,01	1131,66	0,35	393,18
Metil Ester	6227,85	0,87	9724,57	0,58	5609,66
Gliserol	83,86	1,25	5377,19	0,01	41,77
Total	10796,24		61069,35	1,00	7031,47

komponen	Massa (kg/jam)	x	μ (Cp)	μ .x
Trigliserida	269,77	0,06	0,60	0,04
FFA	156,61	0,03	20,66	0,71
CH3OH	224,60	0,05	0,60	0,03
H2SO4	82,50	0,02	2336,54	42,19
H2O	3751,04	0,82	0,79	0,65
Metil Ester	83,86	0,02	5,80	0,11
Total	4568,39	1,00	2365,00	43,72

BM campuran = 2,361040264
p campuran = 0,922551391 kg/L
Cp campuran = 7031,472539 J/molK 2978,1248 J/kgK
Fv campuran = 11702,58884 L/jam

Total rate volumetrik : 11702,58884 L/jam
Total rate volumetrik = 11702,589 L/jam
p campuran = 0,9225514 kg/L 922,551391 kg/m³
waktu tinggal = 1 jam (ditentukan)
Direncanakan digunakan 1 tangki, sehingga volume tangki = 11702,59 L
= 11,70259 m³

Menurut Peters dan Timmerhaus (1991) page 37 tabel 6, overdesign yang direkomendasikan adalah 20%. Sehingga mixer dirancang dengan over design 20% , maka volume mixer menjadi 120% dari volume cairan dalam mixer.

Volume tangki = Volume cairan x (1 + Overdesign)
= 11702,58884 x (1 + 0,20)
= 14043,10661 L/jam 14,043107 m³/jam

2. Menentukan Dimensi Wash tank

Bentuk tangki yang dipilih Silinder vertikal dengan alas dan head berbentuk torispherical dished head

dengan pertimbangan :

1. Tekana operasi 1 atm
2. Tekanan hidrostatis tidak terlalu besar
3. Perlu adanya baffle, untuk mengurangi arus putar dan mencegah vortex
4. lebih ekonomis

Perbandingan diameter dan tinggi mixer adalah 1:1 (D:H = 1:1) (Brownell, 1959 hal 43) karena jika digunakan tinggi yang berlebih akan menyebabkan tekanan hidrostatiknya semakin tinggi.

$$\text{Volume tangki} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H = \frac{\pi}{4} \times D^3$$

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

$$H = D = 2,461146297 \text{ m} \quad 96,895523 \text{ in}$$

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

dimana:

$$V_{\text{sf}} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \frac{\text{sf}}{144}$$

Dimana D_s = diameter shell (in)

V_{dish} = 0.000049. D_s^3 (volume, ft³)

(Brownell hal 88)

sf = 2 (straight flangel)

$$V_{\text{head}} = 106,2138196 \text{ ft}^3 \quad 3,0079754 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V_{\text{mixer}} &= V_{\text{shell}} + V_{\text{head}} \\ &= 11,70258884 + 3,0079754 \\ &= 14,71056421 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dengan spesifikasi mixer sebagai berikut :

Diameter shell	=	2,461146297 m
Tinggi shell	=	2,461146297 m
Volume shell	=	11,70258884 m³
Volume head	=	3,00797537 m³
Volume mixer	=	14,71056421 m³

Volume bottom = 0.5 x volume head

Volume bottom = 1,5039877 m³

V cairan dalam shell = volume shell - volume bottom

= 10,198601 m³

$$\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2}$$

Tinggi cairan dlm shell = 2,1448459 m 7,03689593 ft

3. Menentukan Tebal Dinding Tangki (ts)

Dirancang menggunakan stainless steel SA-240 (tipe 405)

$$t_s = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C \quad \text{Pers 13.1 Brownell and young 1959 hal 254}$$

t_s = tebal shell, in bahan stainless stell plate SA-167 type 304

r = Jari-jari



KETERANGAN :

ID	diameter dalam head
OD	diameter luar head
th	tebal head
r	jari-jari dish
icr	jari-jari dalam sudut dish
b	tinggi head
sf	straight flange

Brownell & young 1959 hal 87

ID	=	OD standart - 2*ts	
ID	=	53,625 in	
$a = \frac{ID}{2}$	=	26,8125 in	jari jari dalam shell
AB	=	a - icr	= 23,5625 in
BC	=	OD - icr	= 50,75 in
AC	=	$(BC^2 - AB^2)^{1/2}$	= 44,948538 in
b	=	r - AC	= 9,0514617 in
Tinggi head total (OA)	=	sf + b + th	= 11,18 in = 0,2839403 m
tinggi total	=	2 x tinggi head total + tinggi shell	= 0,567880533 + 2,4611463 = 3,02902683 m = 119,25302 in

6. Menentukan Jumlah dan Jenis Pengaduk

Dipilih : Turbin, karena :

1. Memiliki jangkauan viskositas yang sangat luas
 2. Pencampuran sangat baik
 3. Menimbulkan arus yang sangat deras di keseluruhan tangki
- (Ludwig, 1991 Volume I halaman 183)

Dipilih jenis pengaduk turbin dengan 6 blade disk standar, dengan alasan:

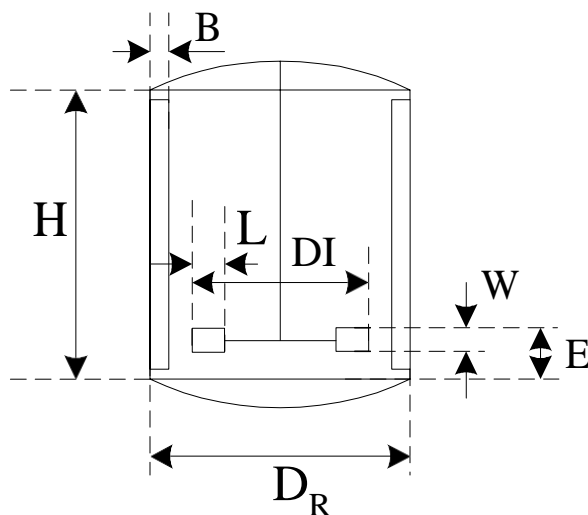
1. Mempunyai efisiensi yang besar untuk campuran.
2. Mempunyai kapasitas pemompaan yang besar.
3. Pencampuran sangat baik.
4. Memiliki jangkauan viskositas yang luas.

(Ludwig, 1991, Volume I, Halaman 185)

Perbandingan ukuran, umumnya:

Di/DR	=	1/3
E/Di	=	1
W	=	Di /5
L	=	Di/4
B	=	DR/10

(Rase, hal 356)



Diameter mixer (D_R)	=	2,4611	m
Diameter pengaduk (D_I)	=	0,8204	m
Pengaduk dari dasar (E)	=	0,8204	m
Tinggi Pengaduk (W)	=	0,1641	m
Lebar pengaduk (L)	=	0,2051	m
Lebar baffle (B)	=	0,2461	m

Menghitung jumlah impeler (pengaduk)

Dimana WELH adalah Water Equivalen Liquid High

$$\text{WELH} = \text{Tinggi Bahan} \sqrt{\frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}}}$$

$$\text{WELH} = 2,461146297 \text{ m} \times \frac{922,551391 \text{ kg/m}^3}{995,68 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{WELH} = 2,280385205 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah impeler} = \text{WELH} / D = 0,93 \approx 1$$

$$\text{Putaran pengaduk} = \frac{\text{WELH}}{2 \cdot D_I} = \left(\frac{\pi \cdot D \cdot N}{60 \cdot 0} \right)^{-2} \quad (\text{Rase, 1977 hal 345})$$

$$N = \frac{600}{\pi \cdot D_I / 0,3048} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 \cdot D_I}}$$

$$= 83,6953657 \text{ rpm}$$

$$= 1,394922762 \text{ rps}$$

Dengan:

N	=	83,69536574 rpm	1,3949228 rps
ρ	=	922,5513915 kg/m ³	57,591073 lbm/ft ³
g_c	=	32,2 ft/s ²	
μ	=	43,72 Cp	0,0293814 lb/ft s

$$Di = 0,8204 \text{ m} \quad 2,69 \text{ ft} \quad 32,30 \text{ in}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot N \cdot Di^2}{\mu_m}$$

N Re = 19.808 (turbulen)

dari gambar 8.8 Rase, Nre = 10²-10⁷ diperoleh harga power Number (NP) = 5,5

Np = 5,5

$$P = \frac{N^3 \cdot Di^5 \cdot \rho \cdot Np}{550 \cdot g_c}$$

P = 6,857342503 Hp

Efisiensi motor = 0,83 (fig 14.38 Peters, halaman 521)

Daya Motor = $\frac{p}{\eta}$

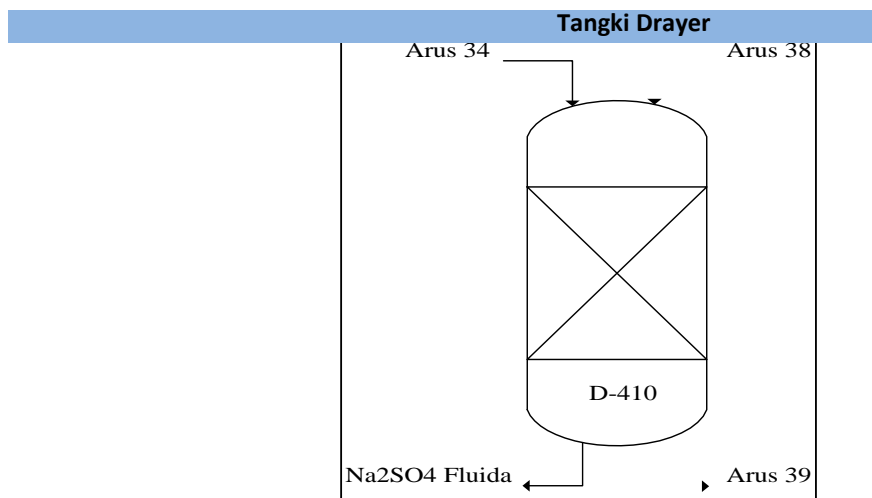
= 8,261858438 Hp overdesign = 9,08804428 Hp

- Standart NEMA (HP) =
- 1
 - 1,5
 - 2
 - 3
 - 5
 - 7,5
 - 10
 - 15

Jika over design = dst 9,088044281 HP

maka
Dipilih power standart P adalah = 10 HP

RESUME		
Nama Alat	=	Wash Tank
Kode	=	WT-520
Fungsi	=	Mencampurkan CH3OH dengan Katalis H2SO4
Type	=	Silinder vertical dengan head dan bottom berbentuk torispherical
Bahan	=	Bahan stainless steell plate SA-167 type 304
Kriteria		Ukuran
Diameter shell	=	2,4611 m
Tinggi shell	=	2,4611 m
Volume shell	=	11,7026 m ³
Volume head	=	3,0080 m ³
Volume mixer	=	14,7106 m ³
Tinggi mixer total	=	3,0290 m
Jenis pengaduk	=	turbin dengan 6 blade disk standar
Jumlah pengaduk	=	2
Putaran pengaduk	=	83,6954 rpm
Power (P)	=	10 HP



Fungsi	=	Mengeringakan biodiesel dari H ₂ O
Bentuk	=	Tangki silinder vertikal
Bahan	=	<i>Stainless Steel type 304</i>
Jumlah	=	4 buah
Kondisi Operasi:		
Temperatur (T)	=	30 °C
Tekanan (P)	=	1 atm

1. Data Diketahui

Laju alir Fluida masuk	=	6515,243078 Kg/jam	
	=	14366,11099 lb/jam	
Laju alir Peoduk	=	6313,131313 Kg/jam	105,2189
	=	13920,45455 lb/jam	232,0076
Data fisis adsorben			
Jenis adsorben	=	Na ₂ SO ₄	
Mesh zize	=	4x6	
Bulk density (pb)	=	1400 Kg/m ³	
	=	87,40167312 lb/ft ³	
Diameter rata-rata	=	1000 A	
Void fraction	=	0,34	
diameter partikel (Dp)	=	0,0039 m	
	=	0,0127959 ft	
Sortive capacity	=	0,42 kg/liter	

2. Menentukan diameter dan tinggi adsorber

a. Menentukan velocity fluida

$$\begin{aligned}
 W &= 3600(C. \rho. DP)^{0,5} \\
 &= 3600 \times (0,42 \times 0,622 \times 1400 \times 0,0039)^{0,5} \\
 &= 4299,506993 \text{ kg/jamr} \\
 &= 179,1461247 \text{ kg/ hari m}^2
 \end{aligned}$$

b. Menghitung diameter adsorber

$$W = B \times \text{flowrate.MW fluida} / D^2$$

D	=	$(B \times \text{flowrate.MW fluida} / W)^{0,5}$
dimana:		
W	=	massa velocity fluida (kg/h.m ²)
B	=	Konstanta
Flowrate	=	Laju alir (std m ³ /day)
MW fluida	=	Berat molekul fluida (kg/kmol)
D	=	Diameter adsorber (m)
Flow rate	=	0,0002 std m ³ /day
D	=	1,802899005 m
D	=	71,57509051

c. Menghitung tinggi packing adsorber

menggunakan 3 adsorber dengan waktu beroperasi 12 jam.

mads = laju alir produk x berat adsorben/ laju alir x waktu

Dimana

adsorben = 442,3238138 kg

mads = 5307,885766 kg adsorben

Vads = 11,05809535 m³

Vads = $\frac{\pi D^2 H}{4}$

$$H = \frac{3 \sqrt[4]{4 \cdot V_{ads}}}{\pi}$$

H = 2,211277271 m

3. Menghitung tebal adsorber

a. Menghitung tebal dinding shell

Dirancang menggunakan Carbon steel

$$t_s = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C$$

Pers 13.1 Brownell and young 1959 hal 254

Dalam hubungan ini :

ts	=	tebal shell, in	bahan stainless stell plate SA-167 type 304
r	=	Jari-jari	
	=	½ .Diameter Mixer	
	=	0,5 x 2,2113 in	
	=	1,1056 in	

E = efisiensi pengelasan

= 0,8000

C = faktor korosi

= 0,1250

f = tegangan yang diizinkan = 15.000 psi

Poperasi = atmosferis = 14,7 psi

Pdesain = 1.1* P operasi = 16,1700 psi

P = tekanan dalam mixer = 16,1700 psi

(Brownell, hal 342)

Sehingga ts = 0,1265 in

tebal standar brownell = 3/16 in = 0,1875 in

= 0,0048 m (Brownell, Halaman 350)

c. Menghitung diameter luar adsorber

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{IDs} + 2 \text{ ts} \\ &= 71,8281 \quad \text{in} \end{aligned}$$

d. Menghitung tebal head adsorber

$$th = \frac{px \text{ IDs}}{(2xfxE) - (0,2 xp0)} + c$$

Dimana:

th	=	tebal hed (in)
P	=	Tekanan
ID	=	diameter (in)
f	=	Maximum allowacer stress
E	=	Efisiensi sambungan
c	=	faktor korosi
th	=	1,6 in

e. Menghitung Tinggi adsorber

Menurut Brownell & Young (1979: 80), hrad untuk bentuk ellips memiliki perbandingan sebagai berikut :

a	=	2 b
a	=	1/2 ID
b	=	1/4 ID
	=	0,450724751 in

Sehingga head dapat dihitung dengan persamaan

OA	=	b + sf + th
OA	=	1/4 ID + sf +th

Tinggi head :

OA	=	b + sf + th
	=	2,2039 in
	=	0,0560

tinggi adsorber	=	H (2(AO))
	=	2,3232 m

RESUME	
Nama Alat	: Drayer
Kode	: B-545
Fungsi	: mengeringkan biodiesel dengan menggunakan Na2SO4
Tipe	: Tangki silinder dengan head eliptical
	:
Bahan Konstruksi	: <i>Carbonsteel</i>
Spesifikasi	
Suhu Penyimpanan	: 30 °C
P penyimpanan	: 1 atm
Jumlah Tangki	: 4 buah
Tinggi Tadsorber	: 2,2113 m
OD	: 71,8281 in = 1,8244 m
ID	: 1,8029 m
Tebal shell	: 0,19 in
Tebal Head	: 1,6 in

POMPA

Kode	=			
Fungsi	=	Mengalirkan bahan baku dari truk ke dalam tangki bahan baku POME.		
Tipe	=	Cetrifugal pump		
Bahan	=	Stainless Steel		
Kondisi operasi				
~ Tekanan	=	1 atm		
~ Temperatur	=	60 oC	333,15 oK	
		1 m ³	=	35,3147 cuft
		1 kg/m ³	=	0,06243 lb/cuft (Perry)

Langkah perencanaan:

a. Menentukan Jenis POMPA

Dalam Perencanaan ini dipilih jenis pompa centrifugal dengan pertimbangan:

- Konstruksi sederhana dan Harganya relatif murah
- Suku cadang banyak di pasaran
- Tidak memerlukan area yang luas dan mudah perawatannya
- Dapat digunakan untuk kapasitas bear

b. Menentukan Bahan Konstruksi POMPA

Bahan kostruksi yang dipilih adalah Stainless stell 304 *(Brownell, hal. 251)*

•Tahan terhadap Korosi

1. Tahan korosi
2. Memiliki batas tekanan yang diijinkan besar (s.d 18750 psi)
3. Memiliki batas suhu yang diijinkan besar (-20 °F) - (650 °F)

c.Menghitung Tenaga

• Arus 1

• Menghitung Viskositas Umpan

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	4135,574622	845,846	0,172	4,88927609	0,0050926	682,58
FFA	2404,40385	269,282	0,1	8,92894382	0,0093003	866,38
H ₂ O	16830,82695	18,000	0,7	935,045942	0,9739373	994,81
Impuritas	673,233078	60,090	0,028	11,2037457	0,0116697	1400
Total	24044,0385		1	960,067907	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p . x	μ (cP)	μ .x	V (L)
Trigliserida	4135,574622	845,846	3,4761313	24,20	0,1232418	2822861
FFA	2404,40385	269,282	8,0576158	24,20	0,2250679	2083127
H ₂ O	16830,82695	18,000	968,88256	0,51	0,4947601	16743475
Impuritas	673,233078	60,090	16,33764			942526,3
Total	24044,0385		996,75395		0,8430698	22591989

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	996,7539	kg/m ³	=	62,2273	lb/cuft
Fv campuran	=	22665,563	m ³ /jam	=	800427,5	cuft/jam
μ campuran	=	0,843	Cp	=	0,00057	lb/ft.s
m	=	24044,04	Kg/jam	=	14,7244	lb/s

• Menentukan kapasitas pompa

$$\begin{aligned}
 \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{m}{\rho} \text{ lb/s} \\
 &= \frac{14,7244}{62,2273} \text{ lb/s} \\
 &= 0,2366 \text{ ft}^3/\text{s} \\
 &= 106,20360 \text{ gpm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diambil} \quad \text{overdesign} &= 20\% \\
 \text{faktor keamanan} &= 20\%
 \end{aligned}$$

• Menghitung Diameter Optimum Pipa

Diperkirakan aliran fluida turbulen ($N_{Re} > 2100$), sehingga digunakan persamaan untuk $D_i > 1$ in, yaitu :

$$D_{i \text{ opt}} = 3,9 (Q)^{0,145} (\rho)^{0,113} \quad (\text{Pers. 45, Peters, hal 365})$$

Dimana :

$D_{i \text{ opt}}$ = diameter dalam optimum, in

Q = kecepatan volumetric, ft^3/s

ρ = density fluida, lb/ft^3

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 D_{i \text{ opt}} &= 3,9 \times 0,5228 \times 1,4186 \\
 &= 2,8922 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari Appendix A.5-1 Geankoplis hal892, dipilih NPS 3 in sch 40 diperoleh

$$\begin{aligned}
 \text{OD} &= 3,5 \text{ in} & 0,2917 \text{ ft} & 0,0889 \text{ m} \\
 \text{ID} &= 3,068 \text{ in} & 0,2557 \text{ ft} & 0,0779 \text{ m} \\
 \text{A} &= 0,0513 \text{ ft}^2 & 7,3872 \text{ in}^2 &
 \end{aligned}$$

• Menghitung Kecepatan Linier

Kecepatan linier fluida dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

v = kecepatan linier aliran fluida, ft/s

Q = laju alir volumetric, ft^3/s

A = inside sectional area, ft^2

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{0,2366}{0,0513} \text{ ft}^3/\text{s} \\
 &= 4,6125 \text{ ft/s} \\
 &= 1,4059 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Menghitung Reynold Number (N_{re})

$$N_{re} = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Dimana :

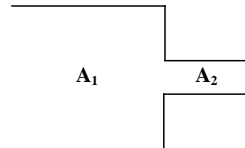
- ρ = densitas cairan (lb/ft³)
- ID = diameter dalam pipa (ft)
- μ = viskositas (lb/ft s)
- v = kecepatan linier (ft/s)

$$Nre = \frac{62,2273 \times 4,6125 \times 0,2557}{129533,663 \times 0,0006} \quad (\text{asumsi aliran turbulen benar})$$

• **Head Losses (H_f)**

a). *Sudden Contraction Losses*

$$h_c = k_c \frac{V^2}{2 \times gc \times \alpha} \quad (\text{Pers. 2.10-16, Geankoplis, hal 98})$$



(Asumsi diameter lubang tangki truk 20 cm)

	20 cm	0,6562 ft	
(A ₁ >> A ₂), dimana:	A ₁	=	0,3380 ft ²
	A ₂	=	0,0513 ft ²

Karena :

$$\frac{A_2}{A_1} = 0,15177 \leq 0,715$$

Maka,

$$k_c = 0,4 \left(1,25 - \frac{A_2}{A_1} \right)$$

$$= 0,4 \left(1,25 - \frac{0,0513}{0,3380} \right)$$

$$= 0,4393$$

$$\alpha = 1 \quad (\text{untuk aliran turbulen})$$

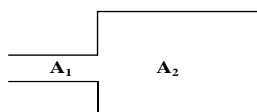
sehingga :

$$h_c = k_c \frac{V^2}{2 \times gc \times \alpha}$$

$$= 0,4393 \frac{21,2755}{64,348}$$

$$= 0,1452 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}$$

b). *Sudden Enlargement Losses*



(A ₂ >> A ₁), dimana:	A ₁	=	0,0513 ft ²
	A ₂	=	1256,0000 ft ²

dimana :

$$k_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$$

$$= 0,9999$$

sehingga :

$$h_{ex} = k_{ex} \frac{V^2}{2 \times g_c \times \alpha} \quad (\text{Pers. 2.10-15, Geankoplis, hal 98})$$

$$= 0,9999 \frac{21,2755}{64,348}$$

$$= 0,3306 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}$$

c). *Losses in fitting and valve*

$$h_f = k_f \frac{V^2}{2 \times g_c} \quad (\text{Pers. 2.10-17, Geankoplis, hal 99})$$

Dari Tabel 2.10-1 Geankoplis, hal 99 didapat :

<i>Elbow, 90°</i>	→	$k_f =$	0,75
<i>Gate valve (wide open)</i>	→	$k_f =$	0,17
<i>Coupling</i>	→	$k_f =$	0,04

Asumsi :

panjang pipa	=	18	m
	=	59,0544	ft

maka :

3 elbow 90°	=	3	. k_f	=	2,25
1 gate valve	=	1	. k_f	=	0,17
3 coupling	=	3	. k_f	=	<u>0,12</u>
			Total k_f	=	2,54

sehingga :

$$h_f = k_f \frac{V^2}{2 \times g_c}$$

$$= 2,54 \frac{21,2755}{64,348}$$

$$= 0,8398 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}$$

d). *Losses in pipe straight*

$$h_F = \frac{4f \cdot V^2 \cdot \sum L_e}{2 \cdot \text{ID} \cdot G_c} \quad (\text{Pers. 2.10-6, Geankoplis, hal 92})$$

dimana :

h_F	=	Friction loss (ft.lbf/lbm)
f	=	Faktor friksi

- v = Kecepatan Linier Fluida (ft/s)
- ΣLe = Panjang Equivalen Pipa (ft)
- ID = Diameter dalam tangki (ft)
- gc = 32,174 lbf.ft/lbf.s²

Dari tabel 2.10-1 Geankoplis hal 99, didapat :

- Elbow , 90° → L/D = 35
- Gate valve (wide ope → L/D = 9
- Coupling → L/D = 2

maka :

- 3 elbow 90° = 3 . ID . L/D = 26,845
- 1 gate valve = 1 . ID . L/D = 2,301
- 3 coupling = 3 . ID . L/D = 1,534
- Total Le = 30,68

- ΣL = L + Le
- = 59,0544 + 30,68
- = 89,7344 ft
- = 27,3510 m

* Menghitung Fanning Friction Factor (f)

Dari Fig. 2.10-3 Geankoplis, hal 94 didapat :

- Untuk commercial st → ϵ = 0,000046 m
- = 0,0001509 ft

Sehingga :

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0,0001509}{0,2557} = 0,0006$$

Dari Figure 2.10-3 Geankoplis, dengan nilai Nre = 129533,663
 didapatkan nilai f = 0,009

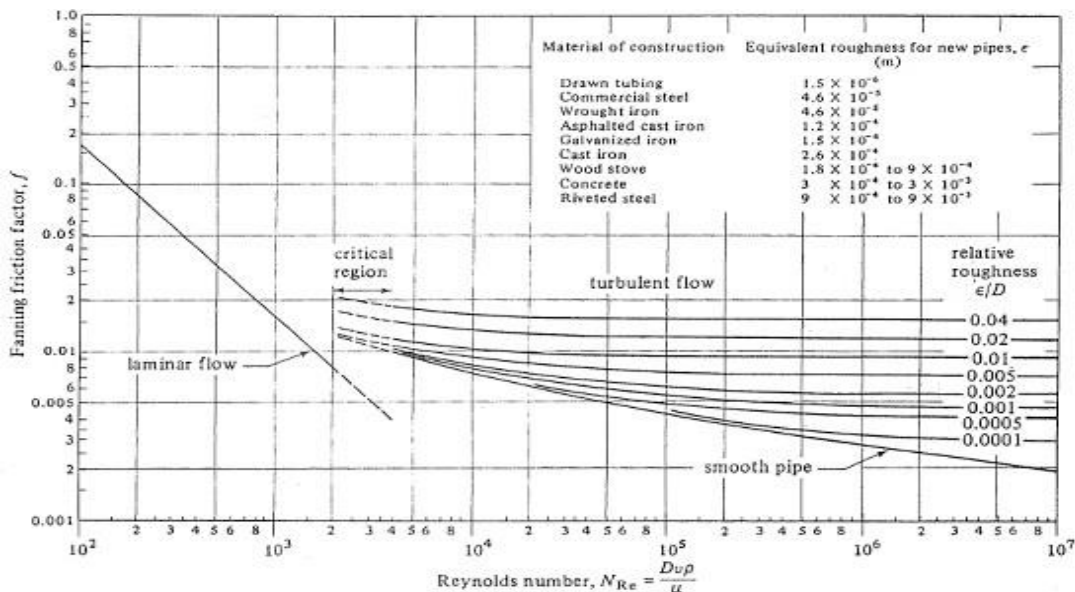


FIGURE 2.10-3. Friction factors for fluids inside pipes. [Based on L. F. Moody, Trans. A.S.M.E. 66: 671 (1944); Mech. Eng. 69: 1005 (1947). With cor-

sehingga :

$$h_f = 1,2733 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}$$

* Menghitung energi yang hilang karena gesekan (ΣF)

$$\begin{aligned} \Sigma F &= HF = hc + hex + hf + hF \\ &= 2,5890 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

* Menghitung *Static Head*

$$\begin{aligned} Z_1 &= 0 \quad \text{ft} \\ Z_2 &= 11,6034 \quad \text{ft} \\ \Delta Z &= Z_2 - Z_1 \\ &= 11,6034 \quad - \quad 0 \\ &= 11,6034 \quad \text{ft} \\ \frac{g}{gc} &= 1 \quad \text{lb}_f/\text{lb}_m \\ \Delta Z \text{ (g/gc)} &= 11,6034 \quad \text{ft} \quad \times \quad 1 \quad \text{lb}_f/\text{lb}_m \\ &= 11,6034 \quad \text{ft lb}_f/\text{lb}_m \end{aligned}$$

* Menghitung *Velocity Head*

$$\begin{aligned} V_1 &= \text{kecepatan linier fluida dari tangki ke pipa} \\ V_2 &= \text{kecepatan linier fluida ke tangki} \end{aligned}$$

Karena pada 2 titik reference dianggap sama, maka $V_1 = V_2$

$$\text{Sehingga velocity head } (V^2 / 2g_c) = 0,3306$$

* Menghitung *Pressure Head*

$$\begin{aligned} P_1 &= 1 \quad \text{atm} = 2116 \quad \text{lb/ft}^2 \\ \Delta P &= P_1 \quad \times \quad \text{velocity} \\ &= 2116 \quad \times \quad 0,3306 \\ &= 699,6174 \quad \text{lb/ft}^2 \\ \text{Sehingga, } \Delta P/\rho &= 11,2429 \quad \text{ft} \end{aligned}$$

* Menghitung Energi Mekanik Pompa

$$W_f = \frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} + \Delta z \cdot \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F$$

Dimana :

W_f = tenaga yang ditambahkan ke dalam sistem per satuan massa

Sehingga :

$$W_f = 25,7659 \quad \text{ft. lb}_f/\text{lb}_m$$

* Menghitung *Broke Horse Power* (BHP)

$$\text{BHP} = \frac{Q_f \cdot \rho \cdot (W_f)}{550 \cdot \eta}$$

$$\text{dari Figure 10.62 coulson, untuk } Q_f = 106,2036 \quad \text{gpm} = 24,1214 \quad \text{m}^3/\text{jam}$$

$$\text{diperoleh } \eta \text{ pompa} = 70\%$$

sehingga :

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \frac{0,2366}{550} \times \frac{62,2273}{x} \times \frac{25,7659}{70\%} \\ &= 0,9854 \end{aligned}$$

d. Menghitung Tenaga Motor

$$\begin{aligned} \text{Dari figure 14-38, Peters hal 521, untuk BHP} &= 0,9854 \\ \text{Hp} &= 0,7348 \end{aligned}$$

diperoleh η motor = 0,8

Sehingga power motor yang diperlukan :

$$\begin{aligned} \text{P motor} &= \frac{\text{BHP}}{\eta} \\ &= \frac{0,9854}{0,8} \quad \text{Hp} \\ &= 1,2318 \quad \text{Hp} \end{aligned}$$

Dipilih motor standar dengan power = 1,50 Hp

RESUME	
Nama Alat	= Pompa bahan baku POME
Kode	= L-111
Fungsi	= Mengalirkan bahan baku POME dari truk ke Decanter
Tipe	= <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Konstruksi	= <i>Stainless Steel</i>
Rate Volumetrik	= 0,2366 ft ³ /s
Kecepatan Aliran	= 4,6125 ft/s
Ukuran Pipa	= NPS = 3 in
	Sch. Number = 40
	OD = 3,5000 in
	ID = 3,068 in
	Flow Area = 7,3872 in ²
Power Pompa	= 0,9854 Hp
Power Motor	= 1 1/2 Hp
Jumlah	= 1 buah

POMPA			
Kode	=		
Fungsi	=	Mengalirkan bahan baku dari truk ke dalam tangki bahan baku katalis H ₂ SO ₄	
Tipe	=	Cetrifugal pump	
Bahan	=	Stainless Steel	
Kondisi operasi			
~ Tekanan	=	1 atm	
~ Temperatur	=	30 oC	303,15 oK
		1 m ³	= 35,3147 cuft
		1 kg/m ³	= 0,06243 lb/cuft (Perry)

Langkah perencanaan:

a. Menentukan Jenis POMPA

Dalam Perencanaan ini dipilih jenis pompa centrifugal dengan pertimbangan:

- Konstruksi sederhana dan Harganya relatif murah
- Suku cadang banyak di pasaran
- Tidak memerlukan area yang luas dan mudah perawatannya
- Dapat digunakan untuk kapasitas bear

b. Menentukan Bahan Konstruksi POMPA

Bahan kostruksi yang dipilih adalah Stainless stell 304 *(Brownell, hal. 251)*

- Tahan terhadap Korosi
1. Tahan korosi
 2. Memiliki batas tekanan yang diijinkan besar (s.d 18750 psi)
 3. Memiliki batas suhu yang diijinkan besar (-20 °F) - (650 °F)

c. Menghitung Tenaga

• Arus 1

- Menghitung Viskositas Umpam

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
H ₂ SO ₄	239,60	98	0,98	2,44488616	0,9	1826,78
H ₂ O	4,89	18	0,02	0,27165402	0,1	1022,87
Total	244,49		1	2,71654018	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p . x	μ (cP)	μ .x	V (L)
H ₂ SO ₄	239,60	98	1644,102	20,66	18,594	437694,4
H ₂ O	4,89	18	102,287	0,79	0,079	5001,601
Total	244,488616		1746,389		18,673	442696

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	1746,3890	kg/m ³	=	109,0271	lb/cuft
Fv campuran	=	253,492	m ³ /jam	=	8952,0	cuft/jam
μ campuran	=	18,673	Cp	=	0,01255	lb/ft.s
m	=	244,49	Kg/jam	=	0,1497	lb/s

• Menentukan kapasitas pompa

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{m}{\rho} \frac{\text{lb/s}}{\text{lb/ft}^3}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,1497}{109,0271} \text{ lb/s} \\
 &= 0,0014 \text{ ft}^3/\text{s} \\
 &= 0,61636 \text{ gpm}
 \end{aligned}$$

Diambil oversized = 20%
 faktor keamanan = 20%

● Menghitung Diameter Optimum Pipa

Diperkirakan aliran fluida laminar ($N_{Re} < 2100$), sehingga digunakan persamaan untuk $D_i < 1$ in, yaitu :

$$D_i \text{ opt} = 3 \quad (Q)^{0,36} (\rho)^{0,18} \quad (\text{Pers. 45, Peters, hal 365})$$

Dimana :

$D_i \text{ opt}$ = diameter dalam optimum, in

Q = kecepatan volumetric, ft^3/s

ρ = density fluida, lb/ft^3

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 D_i \text{ opt} &= 3 \quad \times \quad 0,0515 \quad \times \quad 0,7812 \\
 &= 0,1208 \quad \text{in}
 \end{aligned}$$

Dari Appendix A.5-1 Geankoplis hal892, dipilih NPS 1/8 in sch 40 diperoleh

OD	=	0,405	in	0,0338	ft	0,0103	m
ID	=	0,269	in	0,0224	ft	0,0068	m
A	=	0,0004	ft^2	0,0576	in^2		

● Menghitung Kecepatan Linier

Kecepatan linier fluida dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

v = kecepatan linier aliran fluida, ft/s

Q = laju alir volumetric, ft^3/s

A = inside sectional area, ft^2

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{0,0014}{0,0004} \text{ ft}^3/\text{s} \\
 &= 3,4332 \text{ ft/s} \\
 &= 1,0464 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Menghitung Reynold Number (N_{Re})

$$N_{Re} = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Dimana :

ρ = densitas cairan (lb/ft^3)

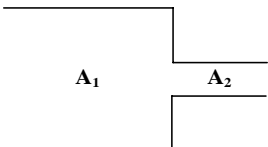
ID = diameter dalam pipa (ft)

μ = viskositas (lb/ft s)
 v = kecepatan linier (ft/s)

$$\text{Nre} = \frac{109,0271 \times 3,4332 \times 0,0224}{0,0125} = 668,710 \quad (\text{asumsi aliran laminar benar})$$

• **Head Losses (H_f)**

a). *Sudden Contraction Losses*

$$h_c = k_c \frac{V^2}{2 \times g_c \times \alpha} \quad (\text{Pers. 2.10-16, Geankoplis, hal 98})$$


(Asumsi diameter lubang tangki truk 20 cm)

$$\begin{aligned} 20 \text{ cm} &= 0,6562 \text{ ft} \\ (A_1 \gg A_2), \text{dimana: } A_1 &= 0,3380 \text{ ft}^2 \\ A_2 &= 0,0004 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Karena :

$$\frac{A_2}{A_1} = 0,00118 \leq 0,715$$

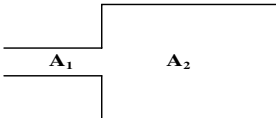
Maka,

$$\begin{aligned} k_c &= 0,4 \left(1,25 - \frac{A_2}{A_1} \right) \\ &= 0,4 \left(1,25 - \frac{0,0004}{0,3380} \right) \\ &= 0,4995 \\ \alpha &= 1 \quad (\text{untuk aliran laminar}) \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned} h_c &= k_c \frac{V^2}{2 \times g_c \times \alpha} \\ &= 0,4995 \frac{11,7867}{64,348} \\ &= 0,0915 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

b). *Sudden Enlargement Losses*



$$\begin{aligned} (A_2 \gg A_1), \text{dimana: } A_1 &= 0,0004 \text{ ft}^2 \\ A_2 &= 1256,0000 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

dimana :

$$k_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2$$

$$= 1,0000$$

sehingga :

$$\begin{aligned}
 h_{ex} &= k_{ex} \frac{V^2}{2 \times gc \times \alpha} && \text{(Pers. 2.10-15 , Geankoplis, hal 98)} \\
 &= 1,0000 \frac{11,7867}{64,348} \\
 &= 0,1832 \frac{lb_f \cdot ft}{lb_m}
 \end{aligned}$$

c). *Losses in fitting and valve*

$$h_f = k_f \frac{V^2}{2 \times gc} \quad \text{(Pers. 2.10-17 , Geankoplis, hal 99)}$$

Dari Tabel 2.10-1 Geankoplis, hal 99 didapat :

<i>Elbow , 90°</i>	→	$k_f =$	0,75
<i>Gate valve (wide open)</i>	→	$k_f =$	0,17
<i>Coupling</i>	→	$k_f =$	0,04

Asumsi :

panjang pipa	=	18	m
	=	59,0544	ft

maka :

3 elbow 90°	=	3	.kf	=	2,25
1 gate valve	=	1	.kf	=	0,17
3 coupling	=	3	.kf	=	<u>0,12</u>
			Total kf	=	2,54

sehingga :

$$\begin{aligned}
 h_f &= k_f \frac{V^2}{2 \times gc} \\
 &= 2,54 \frac{11,7867}{64,348} \\
 &= 0,4653 \frac{lb_f \cdot ft}{lb_m}
 \end{aligned}$$

d). *Losses in pipe straight*

$$h_F = \frac{4f \cdot v^2 \cdot \Sigma Le}{2 \cdot ID \cdot Gc} \quad \text{(Pers. 2.10-6, Geankoplis, hal 92)}$$

dimana :

h_F	=	<i>Friction loss</i> (ft.lbf/lbm)
f	=	Faktor friksi
v	=	Kecepatan Linier Fluida (ft/s)
ΣLe	=	Panjang Equivalen Pipa (ft)
ID	=	Diameter dalam tangki (ft)
gc	=	32,174 lbm.ft/lbf.s ²

Dari tabel 2.10-1 Geankoplis hal 99, didapat :

<i>Elbow , 90°</i>	→	L/D	=	35
<i>Gate valve (wide open)</i>	→	L/D	=	9
<i>Coupling</i>	→	L/D	=	2

maka :

3 elbow 90°	=	3	. ID . L/D	=	2,35375
1 gate valve	=	1	. ID . L/D	=	0,20175
3 coupling	=	3	. ID . L/D	=	<u>0,1345</u>
			Total Le	=	2,69

ΣL	=	L + Le	
	=	59,0544	+ 2,69
	=	61,7444	ft
	=	18,8197	m

* Menghitung *Fanning Friction Factor* (f)

Dari Fig. 2.10-3 Geankoplis, hal 94 didapat :

Untuk commercial stee	→	ϵ	=	0,000046	m
			=	0,0001509	ft

Sehingga :

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0,0001509}{0,0224} = 0,0067$$

Dari Figure 2.10-3 Geankoplis, dengan nilai $N_{Re} = 668,709676$ didapatkan nilai $f = 0,009$

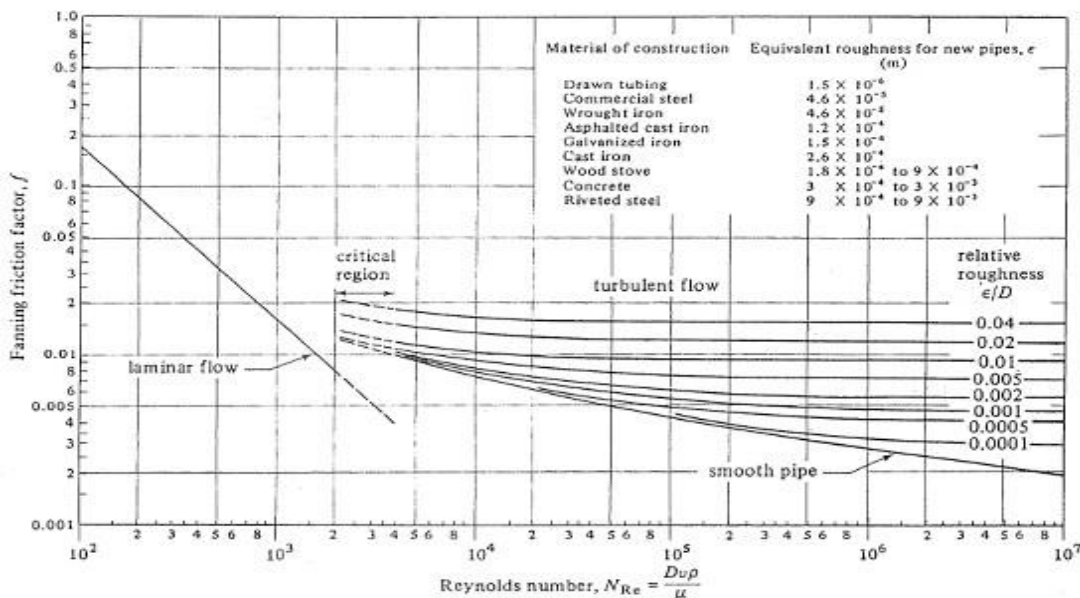


FIGURE 2.10-3. Friction factors for fluids inside pipes. [Based on L. F. Moody, Trans. A.S.M.E., 66, 671, (1944); Mech. Eng. 69, 1005 (1947). With permission.]

sehingga :

$$h_F = 5,5361 \frac{lb_f \cdot ft}{lb_m}$$

* Menghitung energi yang hilang karena gesekan (ΣF)

$$\begin{aligned}\Sigma F &= HF = hc + hex + hf + hF \\ &= 6,2760 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}\end{aligned}$$

* Menghitung *Static Head*

$$\begin{aligned}Z_1 &= 0 \quad \text{ft} \\ Z_2 &= 11,6034 \quad \text{ft} \\ \Delta Z &= Z_2 - Z_1 \\ &= 11,6034 \quad - \quad 0 \\ &= 11,6034 \quad \text{ft} \\ \frac{g}{gc} &= 1 \quad \text{lb}_f/\text{lb}_m \\ \Delta Z (g/gc) &= 11,6034 \quad \text{ft} \quad \times \quad 1 \quad \text{lb}_f/\text{lb}_m \\ &= 11,6034 \quad \text{ft lb}_f/\text{lb}_m\end{aligned}$$

* Menghitung *Velocity Head*

$$\begin{aligned}V_1 &= \text{kecepatan linier fluida dari tangki ke pipa} \\ V_2 &= \text{kecepatan linier fluida ke tangki}\end{aligned}$$

Karena pada 2 titik reference dianggap sama, maka $V_1 = V_2$

$$\text{Sehingga velocity head } (V^2 / 2g_c) = 0,1832$$

* Menghitung *Pressure Head*

$$\begin{aligned}P_1 &= 1 \quad \text{atm} = 2116 \quad \text{lb}/\text{ft}^2 \\ \Delta P &= P_1 \quad \times \quad \text{velocity} \\ &= 2116 \quad \times \quad 0,1832 \\ &= 387,5893 \quad \text{lb}/\text{ft}^2 \\ \text{Sehingga, } \Delta P/\rho &= 3,5550 \quad \text{ft}\end{aligned}$$

* Menghitung Energi Mekanik Pompa

$$Wf = \frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot g} + \Delta z \cdot \frac{g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F$$

Dimana :

Wf = tenaga yang ditambahkan ke dalam sistem per satuan massa

Sehingga :

$$Wf = 21,6175 \quad \text{ft. lb}_f/\text{lb}_m$$

* Menghitung *Broke Horse Power* (BHP)

$$\text{BHP} = \frac{Q_f \cdot \rho \cdot (Wf)}{550 \cdot \eta}$$

$$\text{dari Figure 10.62 coulson, untuk } Q_f = 0,6164 \quad \text{gpm} = 0,1400 \quad \text{m}^3/\text{jam}$$

$$\text{diperoleh } \eta \text{ pompa} = 70\%$$

sehingga :

$$\begin{aligned}\text{BHP} &= \frac{0,0014 \quad \times \quad 109,0271 \quad \times \quad 21,6175}{550 \quad \times \quad 70\%} \\ &= 0,0084\end{aligned}$$

d.Menghitung Tenaga Motor

Dari figure 14-38, Peters hal 521, untuk BHP = 0,0084

Hp = 0,0063

diperoleh η motor = 0,7

Sehingga power motor yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 P \text{ motor} &= \frac{\text{BHP}}{\eta} \\
 &= \frac{0,0084}{0,7} \text{ Hp} \\
 &= 0,0120 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

Dipilih motor standar dengan power = 1,00 Hp

RESUME	
Nama Alat	= Pompa bahan baku asam sulfat
Kode	= L-121
Fungsi	= Mengalirkan bahan baku H ₂ SO ₄ dari truk ke tangki penyimpanan
Tipe	= <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Konstruksi	= <i>Stainless Steel</i>
Rate Volumetrik	= 0,0014 ft ³ /s
Kecepatan Aliran	= 3,4332 ft/s
Ukuran Pipa	= NPS = 1/8 in
	Sch. Number = 40
	OD = 0,4050 in
	ID = 0,269 in
	Flow Area = 0,0576 in ²
Power Pompa	= 0,0084 Hp
Power Motor	= 1 Hp
Jumlah	= 1 buah

POMPA						
Kode	=					
Fungsi	=	Mengalirkan bahan baku dari truk ke dalam tangki bahan baku CH3OH				
Tipe	=	Cetrifugal pump				
Bahan	=	Stainless Steel				
Kondisi operasi						
~ Tekanan	=	1 atm				
~ Temperatur	=	60 oC		333,15 oK		
		1 m3	=	35,3147 cuft		
		1 kg/m3	=	0,06243 lb/cuft		(Perry)

Langkah perencanaan:

a. Menentukan Jenis POMPA

Dalam Perencanaan ini dipilih jenis pompa centrifugal dengan pertimbangan:

- Konstruksi sederhana dan Harganya relatif murah
- Suku cadang banyak di pasaran
- Tidak memerlukan area yang luas dan mudah perawatannya
- Dapat digunakan untuk kapasitas bear

b. Menentukan Bahan Konstruksi POMPA

Bahan kostruksi yang dipilih adalah Stainless stell 304 *(Brownell, hal. 251)*

- Tahan terhadap Korosi
1. Tahan korosi
 2. Memiliki batas tekanan yang diijinkan besar (s.d 18750 psi)
 3. Memiliki batas suhu yang diijinkan besar (-20 °F) - (650 °F)

c. Menghitung Tenaga

• Arus 1

- Menghitung Viskositas Umpam

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m3)
CH3OH	1708,36	32	0,99	53,3861551	0,9823594	782,66
H2O	17,26	18	0,01	0,95867394	0,0176406	1022,87
Total	1725,61		1	54,344829	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p. x	μ (cP)	μ .x	V (L)
CH3OH	1708,36	32	768,85343	0,47	0,4617089	1337063
H2O	17,26	18	18,044013	0,51	0,0089967	17650,78
Total	1725,613094		786,89744		0,4707056	1354713

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	786,8974	kg/m3	=	49,1260	lb/cuft
Fv campuran	=	1721,588	m3/jam	=	60797,4	cuft/jam
μ campuran	=	0,471	Cp	=	0,00032	lb/ft.s
m	=	1725,61	Kg/jam	=	1,0568	lb/s

• Menentukan kapasitas pompa

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{m}{\rho} \frac{\text{lb/s}}{\text{lb/ft}^3}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,0568}{49,1260} \text{ lb/s} \\
 &= 0,0215 \text{ ft}^3/\text{s} \\
 &= 9,65484 \text{ gpm}
 \end{aligned}$$

Diambil oversized = 20%
 faktor keamanan = 20%

● Menghitung Diameter Optimum Pipa

Diperkirakan aliran fluida turbulen ($NRe > 2100$), sehingga digunakan persamaan untuk $Di > 1$ in, yaitu :

$$Di \text{ opt} = 3,9 (Q)^{0,145} (\rho)^{0,113} \quad (\text{Pers. 45, Peters, hal 365})$$

Dimana :

$Di \text{ opt}$ = diameter dalam optimum, in

Q = kecepatan volumetric, ft^3/s

ρ = density fluida, lb/ft^3

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 Di \text{ opt} &= 3,9 \quad \times \quad 0,1777 \quad \times \quad 1,0072 \\
 &= 0,6980 \quad \text{in}
 \end{aligned}$$

Dari Appendix A.5-1 Geankoplis hal892, dipilih NPS 1/2 in sch 40 diperoleh

OD	=	0,84	in	0,0700	ft	0,0213	m
ID	=	0,622	in	0,0518	ft	0,0158	m
A	=	0,0021	ft^2	0,3024	in^2		

● Menghitung Kecepatan Linier

Kecepatan linier fluida dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

v = kecepatan linier aliran fluida, ft/s

Q = laju alir volumetric, ft^3/s

A = inside sectional area, ft^2

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{0,0215}{0,0021} \text{ ft}^3/\text{s} \\
 &= 10,2434 \text{ ft/s} \\
 &= 3,1222 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Menghitung Reynold Number (Nre)

$$Nre = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

Dimana :

ρ = densitas cairan (lb/ft^3)

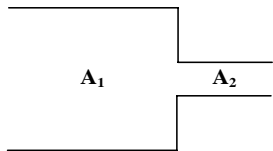
ID = diameter dalam pipa (ft)

μ = viskositas (lb/ft s)
 v = kecepatan linier (ft/s)

$$\text{Nre} = \frac{49,1260 \times 10,2434 \times 0,0518}{82464,286 \times 0,0003} \quad (\text{asumsi aliran turbulen benar})$$

• **Head Losses (H_f)**

a). *Sudden Contraction Losses*

$$h_c = k_c \frac{V^2}{2 \times g_c \times \alpha} \quad (\text{Pers. 2.10-16, Geankoplis, hal 98})$$


(Asumsi diameter lubang tangki truk 20 cm)

	20 cm	0,6562 ft	
$(A_1 \gg A_2)$, dimana:	A_1	=	0,3380 ft ²
	A_2	=	0,0021 ft ²

Karena :

$$\frac{A_2}{A_1} = 0,00621 \leq 0,715$$

Maka,

$$k_c = 0,4 \left(1,25 - \frac{A_2}{A_1} \right)$$

$$= 0,4 \left(1,25 - \frac{0,0021}{0,3380} \right)$$

$$= 0,4975$$

$$\alpha = 1 \quad (\text{untuk aliran turbulen})$$

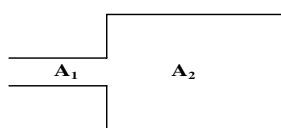
sehingga :

$$h_c = k_c \frac{V^2}{2 \times g_c \times \alpha}$$

$$= 0,4975 \frac{104,9271}{64,348}$$

$$= 0,8113 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}$$

b). *Sudden Enlargement Losses*



$(A_2 \gg A_1)$, dimana:	A_1	=	0,0021 ft ²
	A_2	=	1256,0000 ft ²

dimana :

$$k_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2$$

$$= 1,0000$$

sehingga :

$$\begin{aligned}
 h_{ex} &= k_{ex} \frac{V^2}{2 \times gc \times \alpha} && \text{(Pers. 2.10-15 , Geankoplis, hal 98)} \\
 &= 1,0000 \frac{104,9271}{64,348} \\
 &= 1,6306 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

c). *Losses in fitting and valve*

$$h_f = k_f \frac{V^2}{2 \times gc} \quad \text{(Pers. 2.10-17 , Geankoplis, hal 99)}$$

Dari Tabel 2.10-1 Geankoplis, hal 99 didapat :

$$\text{Elbow , } 90^\circ \rightarrow k_f = 0,75$$

$$\text{Gate valve (wide open)} \rightarrow k_f = 0,17$$

$$\text{Coupling} \rightarrow k_f = 0,04$$

Asumsi :

$$\begin{aligned}
 \text{panjang pipa} &= 18 \quad \text{m} \\
 &= 59,0544 \quad \text{ft}
 \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned}
 3 \text{ elbow } 90^\circ &= 3 \quad .k_f &= 2,25 \\
 1 \text{ gate valve} &= 1 \quad .k_f &= 0,17 \\
 3 \text{ coupling} &= 3 \quad .k_f &= \underline{0,12} \\
 \text{Total } k_f &= &= 2,54
 \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned}
 h_f &= k_f \frac{V^2}{2 \times gc} \\
 &= 2,54 \frac{104,9271}{64,348} \\
 &= 4,1418 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

d). *Losses in pipe straight*

$$h_F = \frac{4f \cdot v^2 \cdot \sum L_e}{2 \cdot ID \cdot Gc} \quad \text{(Pers. 2.10-6, Geankoplis, hal 92)}$$

dimana :

$$\begin{aligned}
 h_F &= \text{Friction loss (ft.lbf/lbm)} \\
 f &= \text{Faktor friksi} \\
 v &= \text{Kecepatan Linier Fluida (ft/s)} \\
 \sum L_e &= \text{Panjang Equivalen Pipa (ft)} \\
 ID &= \text{Diameter dalam tangki (ft)} \\
 gc &= 32,174 \quad \text{lbm.ft/lbf.s}^2
 \end{aligned}$$

Dari tabel 2.10-1 Geankoplis hal 99, didapat :

<i>Elbow , 90°</i>	→	L/D	=	35
<i>Gate valve (wide open)</i>	→	L/D	=	9
<i>Coupling</i>	→	L/D	=	2

maka :

3 elbow 90°	=	3	. ID . L/D	=	5,4425
1 gate valve	=	1	. ID . L/D	=	0,4665
3 coupling	=	3	. ID . L/D	=	<u>0,311</u>
			Total Le	=	6,22

ΣL	=	L + Le	
	=	59,0544	+ 6,22
	=	65,2744	ft
	=	19,8956	m

* Menghitung *Fanning Friction Factor* (f)

Dari Fig. 2.10-3 Geankoplis, hal 94 didapat :

Untuk commercial stee	→	ϵ	=	0,000046	m
			=	0,0001509	ft

Sehingga :

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0,0001509}{0,0518} = 0,0029$$

Dari Figure 2.10-3 Geankoplis, dengan nilai $N_{Re} = 82464,2864$ didapatkan nilai $f = 0,009$

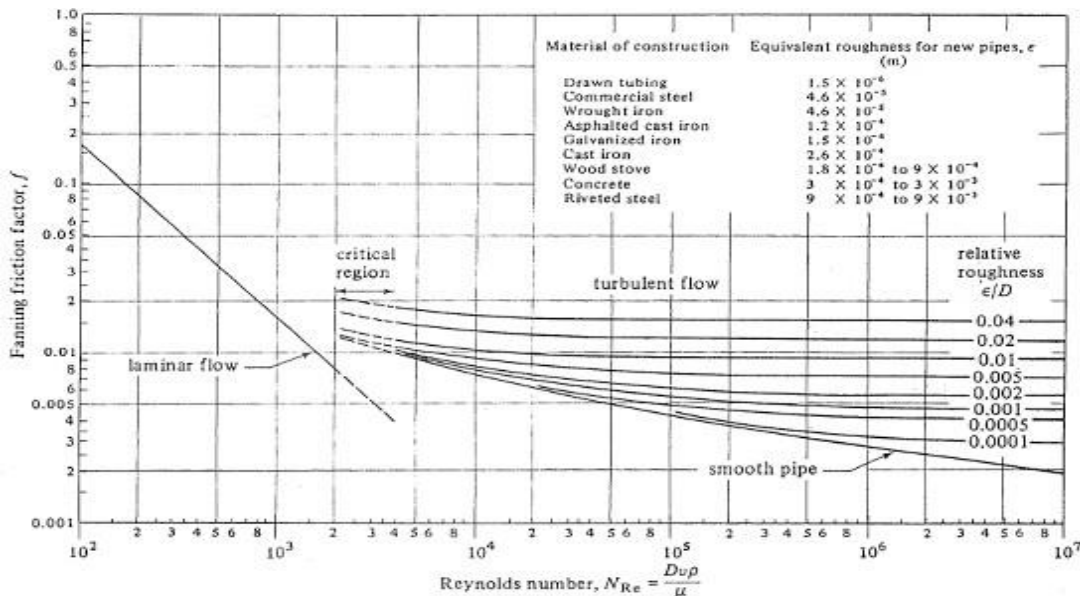


FIGURE 2.10-3. Friction factors for fluids inside pipes. [Based on L. F. Moody, Trans. A.S.M.E., 66, 671, (1944); Mech. Eng. 69, 1005 (1947). With permission.]

sehingga :

$$h_F = 22,5322 \frac{lb_f \cdot ft}{lb_m}$$

* Menghitung energi yang hilang karena gesekan (ΣF)

$$\begin{aligned}\Sigma F &= HF = hc + hex + hf + hF \\ &= 29,1159 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}\end{aligned}$$

* Menghitung *Static Head*

$$\begin{aligned}Z_1 &= 0 \quad \text{ft} \\ Z_2 &= 11,6034 \quad \text{ft} \\ \Delta Z &= Z_2 - Z_1 \\ &= 11,6034 \quad - \quad 0 \\ &= 11,6034 \quad \text{ft} \\ \frac{g}{gc} &= 1 \quad \text{lb}_f/\text{lb}_m \\ \Delta Z (g/gc) &= 11,6034 \quad \text{ft} \quad \times \quad 1 \quad \text{lb}_f/\text{lb}_m \\ &= 11,6034 \quad \text{ft lb}_f/\text{lb}_m\end{aligned}$$

* Menghitung *Velocity Head*

$$\begin{aligned}V_1 &= \text{kecepatan linier fluida dari tangki ke pipa} \\ V_2 &= \text{kecepatan linier fluida ke tangki}\end{aligned}$$

Karena pada 2 titik reference dianggap sama, maka $V_1 = V_2$

$$\text{Sehingga velocity head } (V^2 / 2agc) = 1,6306$$

* Menghitung *Pressure Head*

$$\begin{aligned}P_1 &= 1 \quad \text{atm} = 2116 \quad \text{lb}/\text{ft}^2 \\ \Delta P &= P_1 \quad \times \quad \text{velocity} \\ &= 2116 \quad \times \quad 1,6306 \\ &= 3450,3919 \quad \text{lb}/\text{ft}^2 \\ \text{Sehingga, } \Delta P/\rho &= 70,2355 \quad \text{ft}\end{aligned}$$

* Menghitung Energi Mekanik Pompa

$$Wf = \frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot g} + \Delta z \cdot \frac{g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F$$

Dimana :

Wf = tenaga yang ditambahkan ke dalam sistem per satuan massa

Sehingga :

$$Wf = 112,5854 \quad \text{ft} \cdot \text{lb}_f/\text{lb}_m$$

* Menghitung *Broke Horse Power* (BHP)

$$\text{BHP} = \frac{Q_f \cdot \rho \cdot (Wf)}{550 \cdot \eta}$$

$$\text{dari Figure 10.62 coulson, untuk } Q_f = 9,6548 \quad \text{gpm} = 2,1928 \quad \text{m}^3/\text{jam}$$

$$\text{diperoleh } \eta \text{ pompa} = 70\%$$

sehingga :

$$\begin{aligned}\text{BHP} &= \frac{0,0215 \quad \times \quad 49,1260 \quad \times \quad 112,5854}{550 \quad \times \quad 70\%} \\ &= 0,3090\end{aligned}$$

d.Menghitung Tenaga Motor

$$\begin{aligned} \text{Dari figure 14-38, Peters hal 521, untuk BHP} &= 0,3090 \\ \text{Hp} &= 0,2304 \end{aligned}$$

diperoleh η motor = 0,8

Sehingga power motor yang diperlukan :

$$\begin{aligned} P \text{ motor} &= \frac{\text{BHP}}{\eta} \\ &= \frac{0,3090}{0,8} \text{ Hp} \\ &= 0,3863 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dipilih motor standar dengan power = 1,00 Hp

RESUME	
Nama Alat	= Pompa bahan baku Metanol (CH ₃ OH)
Kode	= L-131
Fungsi	= Mengalirkan bahan baku CH ₃ OH dari truk ke tangki penyimpanan
Tipe	= <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Konstruksi	= <i>Stainless Steel</i>
Rate Volumetrik	= 0,0215 ft ³ /s
Kecepatan Aliran	= 10,2434 ft/s
Ukuran Pipa	= NPS = 1/2 in
	Sch. Number = 40
	OD = 0,8400 in
	ID = 0,622 in
	Flow Area = 0,3024 in ²
Power Pompa	= 0,3090 Hp
Power Motor	= 1 Hp
Jumlah	= 1 buah

POMPA

Kode	=			
Fungsi	=	Mengalirkan bahan baku dari Decanter Ke tangki bahan baku POME		
Tipe	=	Cetrifugal pump		
Bahan	=	Stainless Steel		
Kondisi operasi				
~ Tekanan	=	1 atm		
~ Temperatur	=	60 oC	333,15 oK	
		1 m ³	=	35,3147 cuft
		1 kg/m ³	=	0,06243 lb/cuft (Perry)

Langkah perencanaan:

a. Menentukan Jenis POMPA

Dalam Perencanaan ini dipilih jenis pompa centrifugal dengan pertimbangan:

- Konstruksi sederhana dan Harganya relatif murah
- Suku cadang banyak di pasaran
- Tidak memerlukan area yang luas dan mudah perawatannya
- Dapat digunakan untuk kapasitas bear

b. Menentukan Bahan Konstruksi POMPA

Bahan kostruksi yang dipilih adalah Stainless stell 304 *(Brownell, hal. 251)*

- Tahan terhadap Korosi
1. Tahan korosi
 2. Memiliki batas tekanan yang diijinkan besar (s.d 18750 psi)
 3. Memiliki batas suhu yang diijinkan besar (-20 °F) - (650 °F)

c. Menghitung Tenaga

• Arus 1

• Menghitung Viskositas Umpan

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	4127,159208	845,846	0,5123881	4,87932698	0,0493528	682,58
FFA	2395,988436	269,282	0,2974627	8,89769252	0,0899973	866,38
H ₂ O	1531,605252	18,000	0,1901493	85,0891807	0,8606499	994,81
Impuritas	0	60,090	0	0	0	1400
Total	8054,752897		1	98,8662002	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p . x	μ (cP)	μ . x	V (L)
Trigliserida	4127,159208	845,846	33,687256	24,20	1,1943385	2817116
FFA	2395,988436	269,282	77,971873	24,20	2,177935	2075836
H ₂ O	1531,605252	18,000	856,18308	0,51	0,4372101	1523656
Impuritas	0	60,090	0			0
Total	8054,752897		967,84221		3,8094837	6416609

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	967,8422	kg/m ³	=	60,4224	lb/cuft
Fv campuran	=	6629,809	m ³ /jam	=	234129,7	cuft/jam
μ campuran	=	3,809	Cp	=	0,00256	lb/ft.s
m	=	8054,75	Kg/jam	=	4,9327	lb/s

• **Menentukan kapasitas pompa**

$$\begin{aligned}
 \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{m}}{\rho} \text{ lb/s} \\
 &= \frac{4,9327}{60,4224} \text{ lb/s} \\
 &= 0,0816 \text{ ft}^3/\text{s} \\
 &= 36,64101 \text{ gpm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diambil} \quad \text{overdesign} &= 20\% \\
 \text{faktor keamanan} &= 20\%
 \end{aligned}$$

• **Menghitung Diameter Optimum Pipa**

Diperkirakan aliran fluida turbulen ($N_{Re} > 2100$), sehingga digunakan persamaan untuk $D_i > 1$ in, yaitu :

$$D_{i \text{ opt}} = 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \quad (\text{Pers. 45, Peters, hal 365})$$

Dimana :

$D_{i \text{ opt}}$ = diameter dalam optimum, in

Q = kecepatan volumetric, ft^3/s

ρ = density fluida, lb/ft^3

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 D_{i \text{ opt}} &= 3,9 \quad \times \quad 0,3239 \quad \times \quad 1,2306 \\
 &= 1,5542 \quad \text{in}
 \end{aligned}$$

Dari Appendix A.5-1 Geankoplis hal892, dipilih NPS 3 in sch 40 diperoleh

$$\begin{aligned}
 \text{OD} &= 3,5 \quad \text{in} \quad 0,2917 \quad \text{ft} \quad 0,0889 \quad \text{m} \\
 \text{ID} &= 3,068 \quad \text{in} \quad 0,2557 \quad \text{ft} \quad 0,0779 \quad \text{m} \\
 \text{A} &= 0,0513 \quad \text{ft}^2 \quad 7,3872 \quad \text{in}^2
 \end{aligned}$$

• **Menghitung Kecepatan Linier**

Kecepatan linier fluida dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

v = kecepatan linier aliran fluida, ft/s

Q = laju alir volumetric, ft^3/s

A = inside sectional area, ft^2

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{0,0816}{0,0513} \text{ ft}^3/\text{s} \\
 &= 1,5914 \text{ ft/s} \\
 &= 0,4850 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Menghitung Reynold Number (N_{re})

$$N_{re} = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Dimana :

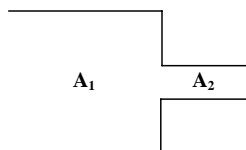
ρ = densitas cairan (lb/ft³)
 ID = diameter dalam pipa (ft)
 μ = viskositas (lb/ft s)
 v = kecepatan linier (ft/s)

$$N_{re} = \frac{60,4224 \times 1,5914 \times 0,2557}{9603,397 \times 0,0026} \quad (\text{asumsi aliran turbulen benar})$$

• **Head Losses (H_f)**

a). *Sudden Contraction Losses*

$$h_c = k_c \frac{V^2}{2 \times g_c \times \alpha} \quad (\text{Pers. 2.10-16, Geankoplis, hal 98})$$



(Asumsi diameter lubang tangki truk 20 cm)

$$\begin{aligned}
 20 \text{ cm} &= 0,6562 \text{ ft} \\
 (A_1 \gg A_2), \text{dimana: } A_1 &= 0,3380 \text{ ft}^2 \\
 A_2 &= 0,0513 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Karena :

$$\frac{A_2}{A_1} = 0,15177 \leq 0,715$$

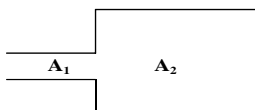
Maka,

$$\begin{aligned}
 k_c &= 0,4 \left(1,25 - \frac{A_2}{A_1} \right) \\
 &= 0,4 \left(1,25 - \frac{0,0513}{0,3380} \right) \\
 &= 0,4393 \\
 \alpha &= 1 \quad (\text{untuk aliran turbulen})
 \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned}
 h_c &= k_c \frac{V^2}{2 \times g_c \times \alpha} \\
 &= 0,4393 \frac{2,5324}{64,348} \\
 &= 0,0173 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

b). *Sudden Enlargement Losses*



$$\begin{aligned}
 (A_2 \gg A_1), \text{dimana: } A_1 &= 0,0513 \text{ ft}^2 \\
 A_2 &= 1256,0000 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

dimana :

$$k_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$$

$$= 0,9999$$

sehingga :

$$h_{ex} = k_{ex} \frac{V^2}{2 \times g_c \times \alpha} \quad (\text{Pers. 2.10-15 , Geankoplis, hal 98})$$

$$= 0,9999 \frac{2,5324}{64,348}$$

$$= 0,0394 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}$$

c). *Losses in fitting and valve*

$$h_f = k_f \frac{V^2}{2 \times g_c} \quad (\text{Pers. 2.10-17 , Geankoplis, hal 99})$$

Dari Tabel 2.10-1 Geankoplis, hal 99 didapat :

<i>Elbow , 90°</i>	→	$k_f =$	0,75
<i>Gate valve (wide ope</i>	→	$k_f =$	0,17
<i>Coupling</i>	→	$k_f =$	0,04

Asumsi :

panjang pipa	=	18	m
	=	59,0544	ft

maka :

3 elbow 90°	=	3	. k_f	=	2,25
1 gate valve	=	1	. k_f	=	0,17
3 coupling	=	3	. k_f	=	<u>0,12</u>
			Total k_f	=	2,54

sehingga :

$$h_f = k_f \frac{V^2}{2 \times g_c}$$

$$= 2,54 \frac{2,5324}{64,348}$$

$$= 0,1000 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}$$

d). *Losses in pipe straight*

$$h_F = \frac{4f \cdot v^2 \cdot \sum L_e}{2 \cdot \text{ID} \cdot G_c} \quad (\text{Pers. 2.10-6, Geankoplis, hal 92})$$

dimana :

h_F	=	<i>Friction loss (ft.lbf/lbm)</i>
f	=	Faktor friksi

- v = Kecepatan Linier Fluida (ft/s)
- ΣLe = Panjang Equivalen Pipa (ft)
- ID = Diameter dalam tangki (ft)
- gc = 32,174 lbf.ft/lbf.s²

Dari tabel 2.10-1 Geankoplis hal 99, didapat :

- Elbow , 90° → L/D = 35
- Gate valve (wide ope → L/D = 9
- Coupling → L/D = 2

maka :

- 3 elbow 90° = 3 . ID . L/D = 26,845
- 1 gate valve = 1 . ID . L/D = 2,301
- 3 coupling = 3 . ID . L/D = 1,534
- Total Le = 30,68

- ΣL = L + Le
- = 59,0544 + 30,68
- = 89,7344 ft
- = 27,3510 m

* Menghitung Fanning Friction Factor (f)

Dari Fig. 2.10-3 Geankoplis, hal 94 didapat :

- Untuk commercial st → ϵ = 0,000046 m
- = 0,0001509 ft

Sehingga :

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0,0001509}{0,2557} = 0,0006$$

Dari Figure 2.10-3 Geankoplis, dengan nilai N_{re} = 9603,3967
 didapatkan nilai f = 0,009

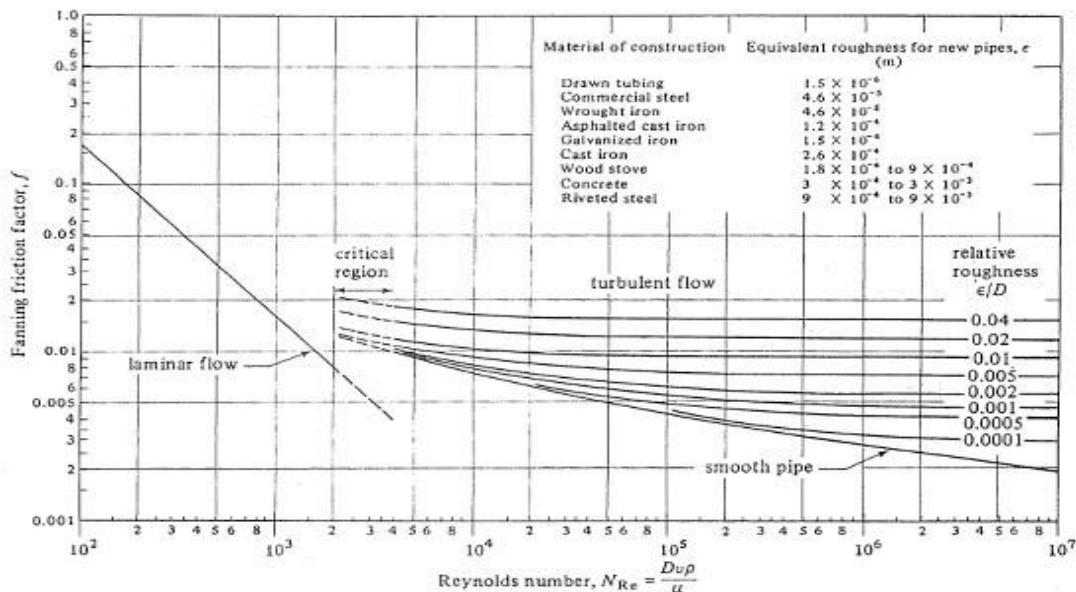


FIGURE 2.10-3. Friction factors for fluids inside pipes. [Based on L. F. Moody, Trans. A.S.M.E. 66: 671 (1944); Mech. Eng. 69: 1005 (1947). With cor-

sehingga :

$$h_f = 0,1516 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}$$

* Menghitung energi yang hilang karena gesekan (ΣF)

$$\begin{aligned} \Sigma F &= HF = hc + hex + hf + hF \\ &= 0,3082 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

* Menghitung *Static Head*

$$\begin{aligned} Z_1 &= 0 \quad \text{ft} \\ Z_2 &= 11,6034 \quad \text{ft} \\ \Delta Z &= Z_2 - Z_1 \\ &= 11,6034 \quad - \quad 0 \\ &= 11,6034 \quad \text{ft} \\ \frac{g}{gc} &= 1 \quad \text{lb}_f/\text{lb}_m \\ \Delta Z \text{ (g/gc)} &= 11,6034 \quad \text{ft} \quad \times \quad 1 \quad \text{lb}_f/\text{lb}_m \\ &= 11,6034 \quad \text{ft lb}_f/\text{lb}_m \end{aligned}$$

* Menghitung *Velocity Head*

$$\begin{aligned} V_1 &= \text{kecepatan linier fluida dari tangki ke pipa} \\ V_2 &= \text{kecepatan linier fluida ke tangki} \end{aligned}$$

Karena pada 2 titik reference dianggap sama, maka $V_1 = V_2$

$$\text{Sehingga velocity head } (V^2 / 2g_c) = 0,0394$$

* Menghitung *Pressure Head*

$$\begin{aligned} P_1 &= 1 \quad \text{atm} = 2116 \quad \text{lb/ft}^2 \\ \Delta P &= P_1 \quad \times \quad \text{velocity} \\ &= 2116 \quad \times \quad 0,0394 \\ &= 83,2755 \quad \text{lb/ft}^2 \\ \text{Sehingga, } \Delta P/\rho &= 1,3782 \quad \text{ft} \end{aligned}$$

* Menghitung Energi Mekanik Pompa

$$W_f = \frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} + \Delta z \cdot \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F$$

Dimana :

W_f = tenaga yang ditambahkan ke dalam sistem per satuan massa

Sehingga :

$$W_f = 13,3291 \quad \text{ft. lb}_f/\text{lb}_m$$

* Menghitung *Broke Horse Power* (BHP)

$$\text{BHP} = \frac{Q_f \cdot \rho \cdot (W_f)}{550 \cdot \eta}$$

$$\text{dari Figure 10.62 coulson, untuk } Q_f = 36,6410 \quad \text{gpm} = 8,3221 \quad \text{m}^3/\text{jam}$$

$$\text{diperoleh } \eta \text{ pompa} = 70\%$$

sehingga :

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \frac{0,0816}{550} \times \frac{60,4224}{x} \times \frac{13,3291}{70\%} \\ &= 0,1708 \end{aligned}$$

d. Menghitung Tenaga Motor

$$\begin{aligned} \text{Dari figure 14-38, Peters hal 521, untuk BHP} &= 0,1708 \\ \text{Hp} &= 0,1273 \end{aligned}$$

diperoleh η motor = 0,8

Sehingga power motor yang diperlukan :

$$\begin{aligned} \text{P motor} &= \frac{\text{BHP}}{\eta} \\ &= \frac{0,1708}{0,8} \quad \text{Hp} \\ &= 0,2135 \quad \text{Hp} \end{aligned}$$

Dipilih motor standar dengan power = 1,50 Hp

RESUME	
Nama Alat	= Pompa fluida POME
Kode	= L-113
Fungsi	= Mengalirkan bahan baku POME dari Dekanter ke tangki penyimpan
Tipe	= <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Konstruksi	= <i>Stainless Steel</i>
Rate Volumetrik	= 0,0816 ft ³ /s
Kecepatan Aliran	= 1,5914 ft/s
Ukuran Pipa	= NPS = 3 in
	Sch. Number = 40
	OD = 3,5000 in
	ID = 3,068 in
	Flow Area = 7,3872 in ²
Power Pompa	= 0,1708 Hp
Power Motor	= 1 1/2 Hp
Jumlah	= 1 buah

POMPA

Kode	=			
Fungsi	=	Mengalirkan bahan baku dari Decanter Ke tangki bahan baku POME		
Tipe	=	Cetrifugal pump		
Bahan	=	Stainless Steel		
Kondisi operasi				
~ Tekanan	=	1 atm		
~ Temperatur	=	60 oC	333,15 oK	
		1 m ³	=	35,3147 cuft
		1 kg/m ³	=	0,06243 lb/cuft (Perry)

Langkah perencanaan:

a. Menentukan Jenis POMPA

Dalam Perencanaan ini dipilih jenis pompa centrifugal dengan pertimbangan:

- Konstruksi sederhana dan Harganya relatif murah
- Suku cadang banyak di pasaran
- Tidak memerlukan area yang luas dan mudah perawatannya
- Dapat digunakan untuk kapasitas bear

b. Menentukan Bahan Konstruksi POMPA

Bahan kostruksi yang dipilih adalah Stainless stell 304 *(Brownell, hal. 251)*

- Tahan terhadap Korosi
1. Tahan korosi
 2. Memiliki batas tekanan yang diijinkan besar (s.d 18750 psi)
 3. Memiliki batas suhu yang diijinkan besar (-20 °F) - (650 °F)

c. Menghitung Tenaga

• Arus 1

• Menghitung Viskositas Umpan

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m ³)
Trigliserida	4127,159208	845,846	0,5123881	4,87932698	0,0493528	682,58
FFA	2395,988436	269,282	0,2974627	8,89769252	0,0899973	866,38
H ₂ O	1531,605252	18,000	0,1901493	85,0891807	0,8606499	994,81
Impuritas	0	60,090	0	0	0	1400
Total	8054,752897		1	98,8662002	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p . x	μ (cP)	μ . x	V (L)
Trigliserida	4127,159208	845,846	33,687256	24,20	1,1943385	2817116
FFA	2395,988436	269,282	77,971873	24,20	2,177935	2075836
H ₂ O	1531,605252	18,000	856,18308	0,51	0,4372101	1523656
Impuritas	0	60,090	0			0
Total	8054,752897		967,84221		3,8094837	6416609

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	967,8422	kg/m ³	=	60,4224	lb/cuft
Fv campuran	=	6629,809	m ³ /jam	=	234129,7	cuft/jam
μ campuran	=	3,809	Cp	=	0,00256	lb/ft.s
m	=	8054,75	Kg/jam	=	4,9327	lb/s

• Menentukan kapasitas pompa

$$\begin{aligned}
 \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{m}}{\rho} \text{ lb/s} \\
 &= \frac{4,9327}{60,4224} \text{ lb/s} \\
 &= 0,0816 \text{ ft}^3/\text{s} \\
 &= 36,64101 \text{ gpm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diambil} \quad \text{overdesign} &= 20\% \\
 \text{faktor keamanan} &= 20\%
 \end{aligned}$$

• Menghitung Diameter Optimum Pipa

Diperkirakan aliran fluida turbulen ($N_{Re} > 2100$), sehingga digunakan persamaan untuk $D_i > 1$ in, yaitu :

$$D_i \text{ opt} = 3,9 (Q)^{0,145} (\rho)^{0,13} \quad (\text{Pers. 45, Peters, hal 365})$$

Dimana :

$D_i \text{ opt}$ = diameter dalam optimum, in

Q = kecepatan volumetric, ft^3/s

ρ = density fluida, lb/ft^3

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 D_i \text{ opt} &= 3,9 \quad \times \quad 0,3239 \quad \times \quad 1,2306 \\
 &= 1,5542 \quad \text{in}
 \end{aligned}$$

Dari Appendix A.5-1 Geankoplis hal892, dipilih NPS 3 in sch 40 diperoleh

$$\begin{aligned}
 \text{OD} &= 3,5 \quad \text{in} \quad 0,2917 \quad \text{ft} \quad 0,0889 \quad \text{m} \\
 \text{ID} &= 3,068 \quad \text{in} \quad 0,2557 \quad \text{ft} \quad 0,0779 \quad \text{m} \\
 \text{A} &= 0,0513 \quad \text{ft}^2 \quad 7,3872 \quad \text{in}^2
 \end{aligned}$$

• Menghitung Kecepatan Linier

Kecepatan linier fluida dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

v = kecepatan linier aliran fluida, ft/s

Q = laju alir volumetric, ft^3/s

A = inside sectional area, ft^2

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{0,0816}{0,0513} \text{ ft}^3/\text{s} \\
 &= 1,5914 \text{ ft/s} \\
 &= 0,4850 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Menghitung Reynold Number (N_{re})

$$N_{re} = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Dimana :

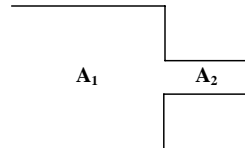
- ρ = densitas cairan (lb/ft³)
- ID = diameter dalam pipa (ft)
- μ = viskositas (lb/ft s)
- v = kecepatan linier (ft/s)

$$Nre = \frac{60,4224 \times 1,5914 \times 0,2557}{9603,397 \times 0,0026} \quad (\text{asumsi aliran turbulen benar})$$

• **Head Losses (H_f)**

a). *Sudden Contraction Losses*

$$h_c = k_c \frac{v^2}{2 \times gc \times \alpha} \quad (\text{Pers. 2.10-16, Geankoplis, hal 98})$$



(Asumsi diameter lubang tangki truk 20 cm)

	20 cm	0,6562 ft	
(A ₁ >> A ₂), dimana:	A ₁	=	0,3380 ft ²
	A ₂	=	0,0513 ft ²

Karena :

$$\frac{A_2}{A_1} = 0,15177 \leq 0,715$$

Maka,

$$k_c = 0,4 \left(1,25 - \frac{A_2}{A_1} \right)$$

$$= 0,4 \left(1,25 - \frac{0,0513}{0,3380} \right)$$

$$= 0,4393$$

$$\alpha = 1 \quad (\text{untuk aliran turbulen})$$

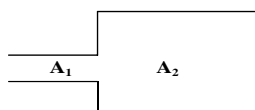
sehingga :

$$h_c = k_c \frac{v^2}{2 \times gc \times \alpha}$$

$$= 0,4393 \frac{2,5324}{64,348}$$

$$= 0,0173 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}$$

b). *Sudden Enlargement Losses*



(A ₂ >> A ₁), dimana:	A ₁	=	0,0513 ft ²
	A ₂	=	1256,0000 ft ²

dimana :

$$k_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$$

$$= 0,9999$$

sehingga :

$$h_{ex} = k_{ex} \frac{V^2}{2 \times g_c \times \alpha} \quad (\text{Pers. 2.10-15, Geankoplis, hal 98})$$

$$= 0,9999 \frac{2,5324}{64,348}$$

$$= 0,0394 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}$$

c). *Losses in fitting and valve*

$$h_f = k_f \frac{V^2}{2 \times g_c} \quad (\text{Pers. 2.10-17, Geankoplis, hal 99})$$

Dari Tabel 2.10-1 Geankoplis, hal 99 didapat :

<i>Elbow, 90°</i>	→	$k_f =$	0,75
<i>Gate valve (wide open)</i>	→	$k_f =$	0,17
<i>Coupling</i>	→	$k_f =$	0,04

Asumsi :

panjang pipa	=	18	m
	=	59,0544	ft

maka :

3 elbow 90°	=	3	. k_f	=	2,25
1 gate valve	=	1	. k_f	=	0,17
3 coupling	=	3	. k_f	=	<u>0,12</u>
			Total k_f	=	2,54

sehingga :

$$h_f = k_f \frac{V^2}{2 \times g_c}$$

$$= 2,54 \frac{2,5324}{64,348}$$

$$= 0,1000 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}$$

d). *Losses in pipe straight*

$$h_F = \frac{4f \cdot V^2 \cdot \sum L_e}{2 \cdot \text{ID} \cdot G_c} \quad (\text{Pers. 2.10-6, Geankoplis, hal 92})$$

dimana :

h_F	=	<i>Friction loss (ft.lbf/lbm)</i>
f	=	Faktor friksi

- v = Kecepatan Linier Fluida (ft/s)
- ΣLe = Panjang Equivalen Pipa (ft)
- ID = Diameter dalam tangki (ft)
- gc = 32,174 lbf.ft/lbf.s²

Dari tabel 2.10-1 Geankoplis hal 99, didapat :

- Elbow , 90° → L/D = 35
- Gate valve (wide ope → L/D = 9
- Coupling → L/D = 2

maka :

- 3 elbow 90° = 3 . ID . L/D = 26,845
- 1 gate valve = 1 . ID . L/D = 2,301
- 3 coupling = 3 . ID . L/D = 1,534
- Total Le = 30,68

- ΣL = L + Le
- = 59,0544 + 30,68
- = 89,7344 ft
- = 27,3510 m

* Menghitung Fanning Friction Factor (f)

Dari Fig. 2.10-3 Geankoplis, hal 94 didapat :

- Untuk commercial st → ϵ = 0,000046 m
- = 0,0001509 ft

Sehingga :

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0,0001509}{0,2557} = 0,0006$$

Dari Figure 2.10-3 Geankoplis, dengan nilai Nre = 9603,3967
 didapatkan nilai f = 0,009

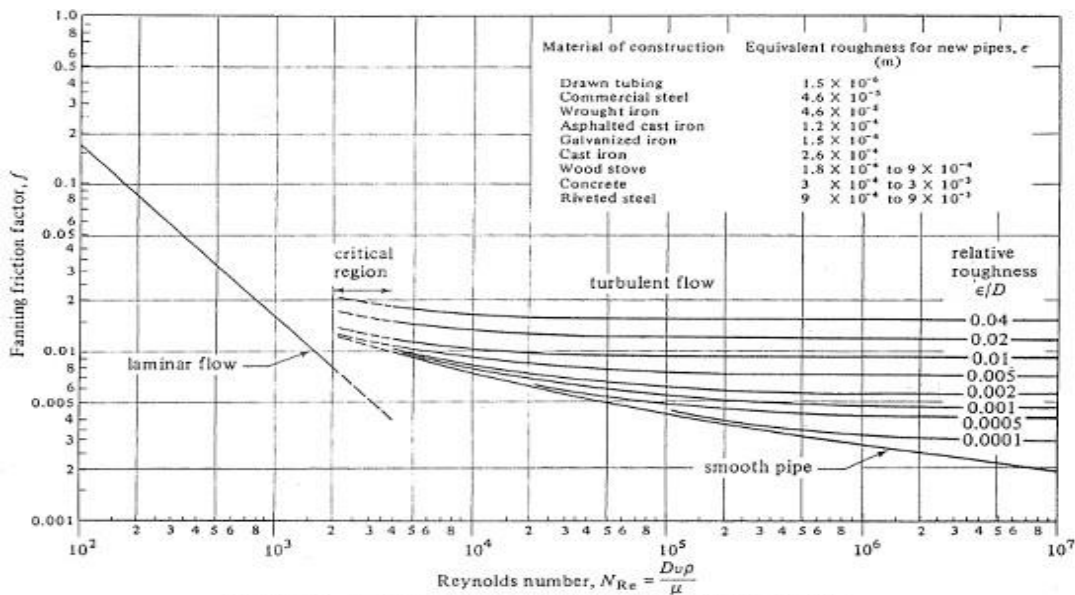


FIGURE 2.10-3. Friction factors for fluids inside pipes. [Based on L. F. Moody, Trans. A.S.M.E. 66: 671 (1944); Mech. Eng. 69: 1005 (1947). With per-

sehingga :

$$h_f = 0,1516 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}$$

* Menghitung energi yang hilang karena gesekan (ΣF)

$$\begin{aligned} \Sigma F &= HF = hc + hex + hf + hF \\ &= 0,3082 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

* Menghitung *Static Head*

$$\begin{aligned} Z_1 &= 0 \quad \text{ft} \\ Z_2 &= 11,6034 \quad \text{ft} \\ \Delta Z &= Z_2 - Z_1 \\ &= 11,6034 \quad - \quad 0 \\ &= 11,6034 \quad \text{ft} \\ \frac{g}{gc} &= 1 \quad \text{lb}_f/\text{lb}_m \\ \Delta Z \text{ (g/gc)} &= 11,6034 \quad \text{ft} \quad \times \quad 1 \quad \text{lb}_f/\text{lb}_m \\ &= 11,6034 \quad \text{ft lb}_f/\text{lb}_m \end{aligned}$$

* Menghitung *Velocity Head*

$$\begin{aligned} V_1 &= \text{kecepatan linier fluida dari tangki ke pipa} \\ V_2 &= \text{kecepatan linier fluida ke tangki} \end{aligned}$$

Karena pada 2 titik reference dianggap sama, maka $V_1 = V_2$

$$\text{Sehingga velocity head } (V^2 / 2g_c) = 0,0394$$

* Menghitung *Pressure Head*

$$\begin{aligned} P_1 &= 1 \quad \text{atm} = 2116 \quad \text{lb/ft}^2 \\ \Delta P &= P_1 \quad \times \quad \text{velocity} \\ &= 2116 \quad \times \quad 0,0394 \\ &= 83,2755 \quad \text{lb/ft}^2 \\ \text{Sehingga, } \Delta P/\rho &= 1,3782 \quad \text{ft} \end{aligned}$$

* Menghitung Energi Mekanik Pompa

$$W_f = \frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} + \Delta z \cdot \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F$$

Dimana :

W_f = tenaga yang ditambahkan ke dalam sistem per satuan massa

Sehingga :

$$W_f = 13,3291 \quad \text{ft. lb}_f/\text{lb}_m$$

* Menghitung *Broke Horse Power* (BHP)

$$\text{BHP} = \frac{Q_f \cdot \rho \cdot (W_f)}{550 \cdot \eta}$$

$$\text{dari Figure 10.62 coulson, untuk } Q_f = 36,6410 \quad \text{gpm} = 8,3221 \quad \text{m}^3/\text{jam}$$

$$\text{diperoleh } \eta \text{ pompa} = 70\%$$

sehingga :

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \frac{0,0816}{550} \times \frac{60,4224}{x} \times \frac{13,3291}{70\%} \\ &= 0,1708 \end{aligned}$$

d. Menghitung Tenaga Motor

$$\begin{aligned} \text{Dari figure 14-38, Peters hal 521, untuk BHP} &= 0,1708 \\ \text{Hp} &= 0,1273 \end{aligned}$$

diperoleh η motor = 0,8

Sehingga power motor yang diperlukan :

$$\begin{aligned} \text{P motor} &= \frac{\text{BHP}}{\eta} \\ &= \frac{0,1708}{0,8} \quad \text{Hp} \\ &= 0,2135 \quad \text{Hp} \end{aligned}$$

Dipilih motor standar dengan power = 1,50 Hp

RESUME	
Nama Alat	= Pompa fluida POME
Kode	= L-223
Fungsi	= Mengalirkan bahan baku POME dari heter ke reaktor
Tipe	= <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Konstruksi	= <i>Stainless Steel</i>
Rate Volumetrik	= 0,0816 ft ³ /s
Kecepatan Aliran	= 1,5914 ft/s
Ukuran Pipa	= NPS = 3 in
	Sch. Number = 40
	OD = 3,5000 in
	ID = 3,068 in
	Flow Area = 7,3872 in ²
Power Pompa	= 0,1708 Hp
Power Motor	= 1 1/2 Hp
Jumlah	= 1 buah

POMPA			
Kode	=		
Fungsi	=	Mengalirkan bahan baku dari dalam tangki bahan baku CH3OH Menuju kedalam Mixer-1	
Tipe	=	Cetrifugal pump	
Bahan	=	Stainless Steel	
Kondisi operasi			
~ Tekanan	=	1 atm	
~ Temperatur	=	60 oC	333,15 oK
		1 m3	= 35,3147 cuft
		1 kg/m3	= 0,06243 lb/cuft (Perry)

Langkah perencanaan:

a. Menentukan Jenis POMPA

Dalam Perencanaan ini dipilih jenis pompa centrifugal dengan pertimbangan:

- Konstruksi sederhana dan Harganya relatif murah
- Suku cadang banyak di pasaran
- Tidak memerlukan area yang luas dan mudah perawatannya
- Dapat digunakan untuk kapasitas bear

b. Menentukan Bahan Konstruksi POMPA

Bahan kostruksi yang dipilih adalah Stainless stell 304 *(Brownell, hal. 251)*

- Tahan terhadap Korosi
1. Tahan korosi
 2. Memiliki batas tekanan yang diijinkan besar (s.d 18750 psi)
 3. Memiliki batas suhu yang diijinkan besar (-20 °F) - (650 °F)

c. Menghitung Tenaga

• Arus 1

- Menghitung Viskositas Umpan

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Xi	Kmol	x	ρ (Kg/m3)
CH3OH	1708,36	32	0,99	53,3861551	0,9823594	782,66
H2O	17,26	18	0,01	0,95867394	0,0176406	1022,87
Total	1725,61		1	54,344829	1	

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	p . x	μ (cP)	μ .x	V (L)
CH3OH	1708,36	32	768,85343	0,47	0,4617089	1337063
H2O	17,26	18	18,044013	0,51	0,0089967	17650,78
Total	1725,613094		786,89744		0,4707056	1354713

Menentukan ρ campuran

ρ campuran	=	786,8974	kg/m3	=	49,1260	lb/cuft
Fv campuran	=	1721,588	m3/jam	=	60797,4	cuft/jam
μ campuran	=	0,471	Cp	=	0,00032	lb/ft.s
m	=	1725,61	Kg/jam	=	1,0568	lb/s

• Menentukan kapasitas pompa

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{m}{\rho} \frac{\text{lb/s}}{\text{lb/ft}^3}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,0568}{49,1260} \text{ lb/s} \\
 &= 0,0215 \text{ ft}^3/\text{s} \\
 &= 9,65484 \text{ gpm}
 \end{aligned}$$

Diambil oversized = 20%
 faktor keamanan = 20%

● Menghitung Diameter Optimum Pipa

Diperkirakan aliran fluida turbulen ($NRe > 2100$), sehingga digunakan persamaan untuk $Di > 1$ in, yaitu :

$$Di \text{ opt} = 3,9 (Q)^{0,145} (\rho)^{0,113} \quad (\text{Pers. 45, Peters, hal 365})$$

Dimana :

$Di \text{ opt}$ = diameter dalam optimum, in

Q = kecepatan volumetric, ft^3/s

ρ = density fluida, lb/ft^3

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 Di \text{ opt} &= 3,9 \quad \times \quad 0,1777 \quad \times \quad 1,0072 \\
 &= 0,6980 \quad \text{in}
 \end{aligned}$$

Dari Appendix A.5-1 Geankoplis hal892, dipilih NPS 1/2 in sch 40 diperoleh

$$\begin{aligned}
 OD &= 0,84 \quad \text{in} \quad 0,0700 \quad \text{ft} \quad 0,0213 \quad \text{m} \\
 ID &= 0,622 \quad \text{in} \quad 0,0518 \quad \text{ft} \quad 0,0158 \quad \text{m} \\
 A &= 0,0021 \quad \text{ft}^2 \quad 0,3024 \quad \text{in}^2
 \end{aligned}$$

● Menghitung Kecepatan Linier

Kecepatan linier fluida dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

v = kecepatan linier aliran fluida, ft/s

Q = laju alir volumetric, ft^3/s

A = inside sectional area, ft^2

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{0,0215}{0,0021} \text{ ft}^3/\text{s} \\
 &= 10,2434 \text{ ft/s} \\
 &= 3,1222 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Menghitung Reynold Number (Nre)

$$Nre = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Dimana :

ρ = densitas cairan (lb/ft^3)

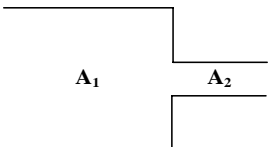
ID = diameter dalam pipa (ft)

μ = viskositas (lb/ft s)
 v = kecepatan linier (ft/s)

$$\text{Nre} = \frac{49,1260 \times 10,2434 \times 0,0518}{82464,286 \times 0,0003} \quad (\text{asumsi aliran turbulen benar})$$

• **Head Losses (H_f)**

a). *Sudden Contraction Losses*

$$h_c = k_c \frac{V^2}{2 \times g_c \times \alpha} \quad (\text{Pers. 2.10-16, Geankoplis, hal 98})$$


(Asumsi diameter lubang tangki truk 20 cm)

$$\begin{aligned} 20 \text{ cm} &= 0,6562 \text{ ft} \\ (A_1 \gg A_2), \text{dimana: } A_1 &= 0,3380 \text{ ft}^2 \\ A_2 &= 0,0021 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Karena :

$$\frac{A_2}{A_1} = 0,00621 \leq 0,715$$

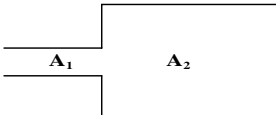
Maka,

$$\begin{aligned} k_c &= 0,4 \left(1,25 - \frac{A_2}{A_1} \right) \\ &= 0,4 \left(1,25 - \frac{0,0021}{0,3380} \right) \\ &= 0,4975 \\ \alpha &= 1 \quad (\text{untuk aliran turbulen}) \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned} h_c &= k_c \frac{V^2}{2 \times g_c \times \alpha} \\ &= 0,4975 \frac{104,9271}{64,348} \\ &= 0,8113 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

b). *Sudden Enlargement Losses*



$$\begin{aligned} (A_2 \gg A_1), \text{dimana: } A_1 &= 0,0021 \text{ ft}^2 \\ A_2 &= 1256,0000 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

dimana :

$$k_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2$$

$$= 1,0000$$

sehingga :

$$\begin{aligned}
 h_{ex} &= k_{ex} \frac{V^2}{2 \times gc \times \alpha} && \text{(Pers. 2.10-15 , Geankoplis, hal 98)} \\
 &= 1,0000 \frac{104,9271}{64,348} \\
 &= 1,6306 \frac{lb_f \cdot ft}{lb_m}
 \end{aligned}$$

c). *Losses in fitting and valve*

$$h_f = k_f \frac{V^2}{2 \times gc} \quad \text{(Pers. 2.10-17 , Geankoplis, hal 99)}$$

Dari Tabel 2.10-1 Geankoplis, hal 99 didapat :

<i>Elbow , 90°</i>	→	$k_f =$	0,75
<i>Gate valve (wide open)</i>	→	$k_f =$	0,17
<i>Coupling</i>	→	$k_f =$	0,04

Asumsi :

panjang pipa	=	18	m
	=	59,0544	ft

maka :

3 elbow 90°	=	3	.kf	=	2,25
1 gate valve	=	1	.kf	=	0,17
3 coupling	=	3	.kf	=	<u>0,12</u>
			Total kf	=	2,54

sehingga :

$$\begin{aligned}
 h_f &= k_f \frac{V^2}{2 \times gc} \\
 &= 2,54 \frac{104,9271}{64,348} \\
 &= 4,1418 \frac{lb_f \cdot ft}{lb_m}
 \end{aligned}$$

d). *Losses in pipe straight*

$$h_F = \frac{4f \cdot v^2 \cdot \Sigma Le}{2 \cdot ID \cdot Gc} \quad \text{(Pers. 2.10-6, Geankoplis, hal 92)}$$

dimana :

h_F	=	<i>Friction loss</i> (ft.lbf/lbm)
f	=	Faktor friksi
v	=	Kecepatan Linier Fluida (ft/s)
ΣLe	=	Panjang Equivalen Pipa (ft)
ID	=	Diameter dalam tangki (ft)
gc	=	32,174 lbm.ft/lbf.s ²

Dari tabel 2.10-1 Geankoplis hal 99, didapat :

<i>Elbow , 90°</i>	→	L/D	=	35
<i>Gate valve (wide open)</i>	→	L/D	=	9
<i>Coupling</i>	→	L/D	=	2

maka :

3 elbow 90°	=	3	. ID . L/D	=	5,4425
1 gate valve	=	1	. ID . L/D	=	0,4665
3 coupling	=	3	. ID . L/D	=	<u>0,311</u>
			Total Le	=	6,22

ΣL	=	L + Le	
	=	59,0544	+ 6,22
	=	65,2744	ft
	=	19,8956	m

* Menghitung *Fanning Friction Factor* (f)

Dari Fig. 2.10-3 Geankoplis, hal 94 didapat :

Untuk commercial stee	→	ϵ	=	0,000046	m
			=	0,0001509	ft

Sehingga :

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0,0001509}{0,0518} = 0,0029$$

Dari Figure 2.10-3 Geankoplis, dengan nilai $N_{Re} = 82464,2864$ didapatkan nilai $f = 0,009$

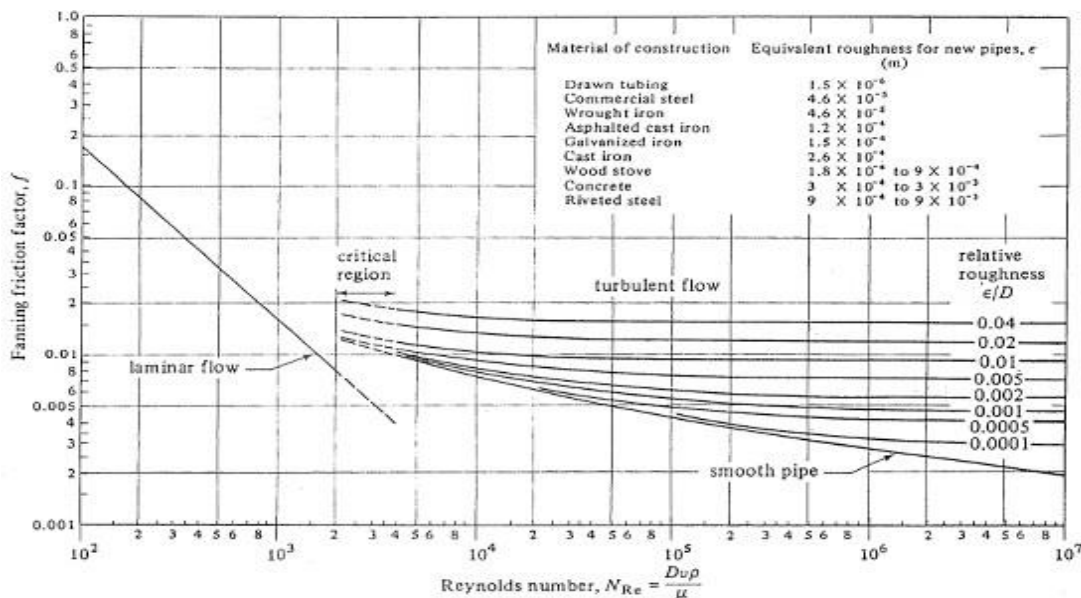


FIGURE 2.10-3. Friction factors for fluids inside pipes. [Based on L. F. Moody, Trans. A.S.M.E., 66, 671, (1944); Mech. Eng. 69, 1005 (1947). With permission.]

sehingga :

$$h_F = 22,5322 \frac{lb_f \cdot ft}{lb_m}$$

* Menghitung energi yang hilang karena gesekan (ΣF)

$$\begin{aligned}\Sigma F &= HF = hc + hex + hf + hF \\ &= 29,1159 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}\end{aligned}$$

* Menghitung *Static Head*

$$\begin{aligned}Z_1 &= 0 \quad \text{ft} \\ Z_2 &= 11,6034 \quad \text{ft} \\ \Delta Z &= Z_2 - Z_1 \\ &= 11,6034 \quad - \quad 0 \\ &= 11,6034 \quad \text{ft} \\ \frac{g}{gc} &= 1 \quad \text{lb}_f/\text{lb}_m \\ \Delta Z (g/gc) &= 11,6034 \quad \text{ft} \quad \times \quad 1 \quad \text{lb}_f/\text{lb}_m \\ &= 11,6034 \quad \text{ft lb}_f/\text{lb}_m\end{aligned}$$

* Menghitung *Velocity Head*

$$\begin{aligned}V_1 &= \text{kecepatan linier fluida dari tangki ke pipa} \\ V_2 &= \text{kecepatan linier fluida ke tangki}\end{aligned}$$

Karena pada 2 titik reference dianggap sama, maka $V_1 = V_2$

$$\text{Sehingga velocity head } (V^2 / 2g_c) = 1,6306$$

* Menghitung *Pressure Head*

$$\begin{aligned}P_1 &= 1 \quad \text{atm} = 2116 \quad \text{lb}/\text{ft}^2 \\ \Delta P &= P_1 \quad \times \quad \text{velocity} \\ &= 2116 \quad \times \quad 1,6306 \\ &= 3450,3919 \quad \text{lb}/\text{ft}^2 \\ \text{Sehingga, } \Delta P/\rho &= 70,2355 \quad \text{ft}\end{aligned}$$

* Menghitung Energi Mekanik Pompa

$$Wf = \frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot g} + \Delta z \cdot \frac{g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F$$

Dimana :

Wf = tenaga yang ditambahkan ke dalam sistem per satuan massa

Sehingga :

$$Wf = 112,5854 \quad \text{ft. lb}_f/\text{lb}_m$$

* Menghitung *Broke Horse Power (BHP)*

$$\text{BHP} = \frac{Q_f \cdot \rho \cdot (Wf)}{550 \cdot \eta}$$

$$\text{dari Figure 10.62 coulson, untuk } Q_f = 9,6548 \quad \text{gpm} = 2,1928 \quad \text{m}^3/\text{jam}$$

$$\text{diperoleh } \eta \text{ pompa} = 70\%$$

sehingga :

$$\begin{aligned}\text{BHP} &= \frac{0,0215 \quad \times \quad 49,1260 \quad \times \quad 112,5854}{550 \quad \times \quad 70\%} \\ &= 0,3090\end{aligned}$$

d.Menghitung Tenaga Motor

$$\begin{aligned} \text{Dari figure 14-38, Peters hal 521, untuk BHP} &= 0,3090 \\ \text{Hp} &= 0,2304 \end{aligned}$$

diperoleh η motor = 0,8

Sehingga power motor yang diperlukan :

$$\begin{aligned} P \text{ motor} &= \frac{\text{BHP}}{\eta} \\ &= \frac{0,3090}{0,8} \text{ Hp} \\ &= 0,3863 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dipilih motor standar dengan power = 1,00 Hp

RESUME	
Nama Alat	= Pompa bahan baku Metanol (CH ₃ OH)
Kode	= L-212
Fungsi	= Mengalirkan bahan baku CH ₃ OH tangki penyimpanan ke mixer
Tipe	= <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Konstruksi	= <i>Stainless Steel</i>
Rate Volumetrik	= 0,0215 ft ³ /s
Kecepatan Aliran	= 10,2434 ft/s
Ukuran Pipa	= NPS = 1/2 in
	Sch. Number = 40
	OD = 0,8400 in
	ID = 0,622 in
	Flow Area = 0,3024 in ²
Power Pompa	= 0,3090 Hp
Power Motor	= 1 Hp
Jumlah	= 1 buah