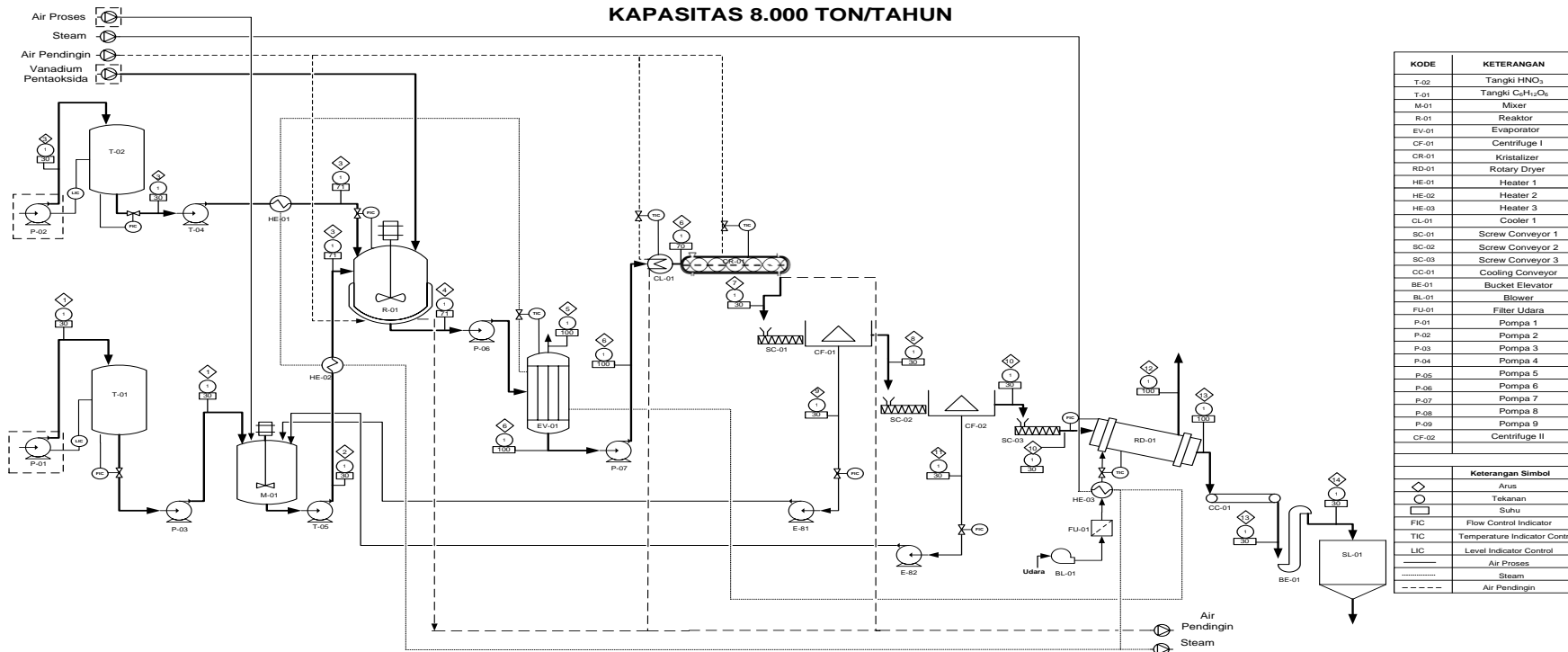


L  
A  
M  
P  
I  
R  
A  
N

## PRARANCANGAN PABRIK ASAM OKSALAT DIHIDRAT DARI GLUKOSA DAN ASAM NITRAT KAPASITAS 8.000 TON/TAHUN



KODE	KETERANGAN
T-02	Tangki HNO <sub>3</sub>
T-01	Tangki C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>
R-01	Reaktor
M-01	Mixer
EV-01	Evaporator
CF-01	Centrifuge I
CR-01	Kristalizer
RD-01	Rotary Dryer
HE-01	Heater 1
HE-02	Heater 2
HE-03	Heater 3
CL-01	Cooler 1
SC-01	Screw Conveyor 1
SC-02	Screw Conveyor 2
SC-03	Screw Conveyor 3
CC-01	Cooling Conveyor
BE-01	Bucket Elevator
BL-01	Blower
FLU-01	Filter Udara
P-01	Pompa 1
P-02	Pompa 2
P-03	Pompa 3
P-04	Pompa 4
P-05	Pompa 5
P-06	Pompa 6
P-07	Pompa 7
P-08	Pompa 8
P-09	Pompa 9
CF-02	Centrifuge II

Keterangan Simbol	
	Arus
	Tekanan
	Suhu
	Flow Control Indicator
	Temperature Indicator Control
	Level Indicator Control
	Air Proses
	Steam
	Air Pendingin

### NERACA MASSA (KG/JAM)

Komponen	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12	Arus 13	Arus 14
HNO <sub>3</sub> (g)			929,2	20,5										
HNO <sub>3</sub> (kg)			929,2	20,5										
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> (g)	432,6	480,6		48,1		48,1	48,1	38,4	9,6		38,4			
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> (kg)	432,6	480,6		48,1		48,1	48,1	38,4	9,6		38,4			
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g)	2,4			2,4		2,4	2,4							
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg)	2,4			2,4		2,4	2,4							
H <sub>2</sub> O (l)	76,3	363,3	672,9	1295,7	763,5	532,2	532,2	425,8	106,4	85,2	340,6		85,2	4,3
H <sub>2</sub> O (g)												80,9		
NO (g)				432,6	432,6									
NO (kg)				432,6	432,6									
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> (g)		362,1		1011,2		1011,2	5,4	4,3	1,1		4,3			
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> (kg)		362,1		1011,2		1011,2	5,4	4,3	1,1		4,3			
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O (g)							1.005,8	1.005,8		1.005,8			1.005,8	1.005,8
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O (kg)							1.005,8	1.005,8		1.005,8			1.005,8	1.005,8
Total	908,9	1.208,5	1.602,1	2.810,5	1.216,6	1.593,9	1.593,9	1.474,4	119,5	1.091,0	383,4	80,9	1.091,0	1.010,1

**DIAGRAM ALIR PROSES PRARANCANGAN PABRIK ASAM OKSALAT DIHIDRAT DARI GLUKOSA DAN ASAM NITRAT KAPASITAS 8.000 TON/TAHUN**

Oleh :  
**KRISTIANINGRUM PUTRI WULANDARI**  
23170315D

Dosen Pembimbing I :  <b>Dr. Narimo S., T.M.M</b>	Dosen Pembimbing II :  <b>Ir. Sumardiyo, M.T.</b>
---	---

Program Studi S1 Teknik Kimia  
 Fakultas Teknik  
 Universitas Setiabudi Surakarta  
 2022

## LAMPIRAN A

### NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

#### 1. Neraca Massa

##### NM BASIS

kapasitas = 8.000 ton/tahun  
 = 1.010,1 kg/jam

##### Mula - mula :

**ARUS 1** = 300 kg/jam

Komponen	% wt	Laju Massa
$C_6H_{12}O_6$	90%	270
$H_2O$	10%	30
Total	100%	300

##### **MIXER 1 (M-01)**

Mengencerkan  $C_6H_{12}O_6$  menjadi 60%

Komponen	Input				Output
	Arus 1	Arus 2	Arus 10	Arus 12	Arus 3
$C_6H_{12}O_6$	180,0				180
$H_2O$	30,0	90,0			120
Subtotal	210	90	0	0	300
Total	300,0				300

**ARUS 4** = 600 kg/jam

Komponen	% wt	Laju Massa	
$HNO_3$	58%	348	kg/jam
$H_2O$	42%	252,0	kg/jam
Total	100%	600,0	kg/jam

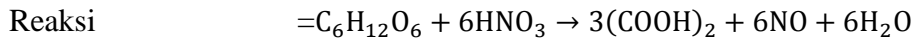
##### **ARUS 5**

Komponen	% wt	Laju Massa	
$V_2O_5$	0,1%	0,9	kg/jam
Total	0,1%	0,9	kg/jam

Referensi umpan  $V_2O_5$  : 0,1-0,5% US PATENT No. 2057119

## Reaktor (R – 01)

Reaksi yang terjadi = reaksi eksotermik



Konversi reaksi = 90%

Komponen	BM	Feed			Reaksi		Produk			
	(g/mol)	Massa	Mol	Fr. Mol	Koef. Stoi	Mol	Mol	Fr.Mol	Massa	Fr. Massa
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	180	180	1,0	0,0	-1	0,9	0,1	0,0	18,0	0,0
H <sub>2</sub> O	18	372,0	20,7	0,8	6	5,4	26,1	0,8	469,2	0,5
HNO <sub>3</sub>	63,02	348,0	5,5	0,2	-6	5,4	0,1	0,0	7,7	0,0
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	181,9	0,9	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0,9	0,0
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	90,04	0,0	0,0	0,0	3	2,7	2,7	0,1	243,1	0,3
NO	30	0,0	0,0	0,0	6	5,4	5,4	0,2	162,0	0,2
Total		900,9	27,2	1,0	8,0	7,2	34,4	1,0	900,9	1,0

Sehingga NM Reaktor :

NM R-01 :

Komponen	Input			Output
	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	180			18,0
H <sub>2</sub> O	120	252,0		469,2
HNO <sub>3</sub>		348		7,7
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			0,9	0,9
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>				243,1
Komponen	Input	Output		
	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6
NO				162,0
Subtotal	300	600	0,9	900,9
Total		900,9		900,9

## Evaporator (EV – 01)

 Umpan masuk  $C_2H_2O_4$  = 243,1 kg/jam

 Umpan  $H_2O$  = 469,2 kg/jam

 Kelarutan  $C_2H_2O_4$  = 190 g/100ml (Lide, 2005)

 Kebutuhan pelarut =  $(243,1/190) \times 100 = 128,0$  kg/jam

 $H_2O$  yang diuapkan =  $469,2 - 128,0 = 341,2$  kg/jam

Sehingga NM :

Komponen	Input	Output	
	Arus 6	Arus 7	Arus 8
$C_6H_{12}O_6$	18,0		18,0
$H_2O$	469,2	341,2	128,0
$HNO_3$	7,7	7,7	0,0
$V_2O_5$	0,9		0,9
$C_2H_2O_4$	243,1		243,1
NO	162,0	162,0	0,0
Subtotal	900,9	510,9	390,0
Total	900,9	900,9	

## Crystallizer (CR – 01)

Penentuan kristal yang terbentuk (Perry et al., 1997b) :

$$P = R \frac{100W_0 - S(H_0 - E)}{100 - S(R - 1)}$$

Dengan,

P = berat kristal asam oksalat dihidrat

R = BM hidrat/BM anhidrat

S = kelarutan asam oksalat

 $W_0$  = massa asam oksalat umpan

 $H_0$  = total massa larutan umpan

E = penguapan; asumsi 0

Diketahui,

 Kelarutan  $C_2H_2O_4$  pada  $80^\circ C = 99,16$  g/ml = 0,99 kg/L (Dean, 1999)

 BM  $C_2H_2O_4$  = 120

$$\text{BM } \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 126,07$$

$$\text{BM Ratio (R)} = 126,07/120 = 1,1$$

$$S = 0,99/(1 - 0,99) = 100,0$$

$$W_o = 243,1 \text{ kg/jam}$$

$$H_o = 146,0 \text{ kg/jam}$$

$$E = 0$$

Jadi,

$$P = R \frac{100W_o - S(H_o - E)}{100 - S(R - 1)} = 1,4 \frac{100(243,1) - 99(146,0 - 0)}{100 - 99(1,4 - 1)} = 107,5 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Output } \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 = 243,1 - 107,5 = 135,6 \text{ kg/jam}$$

Sehingga :

Komponen	Input	Output
	Arus 8	Arus 9
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	18,0	18,0
$\text{H}_2\text{O}$	128,0	128,0
$\text{V}_2\text{O}_5$	0,9	0,9
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$	243,1	135,6
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0	107,5
Total	390,0	390,0

Centrifuge (CF-01)

Efisiensi alat : 80%

20% mother liquor terikut cake

Komponen	Input	Output	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	18,0	3,6	14,4
$\text{H}_2\text{O}$	128,0	25,6	102,4
$\text{V}_2\text{O}_5$	0,9	0,9	0,0
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$	135,6	27,1	108,5
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	107,5	0,0	107,5
Subtotal	390,0	57,2	332,7
Total	390,0	390,0	

## Centrifuge (CF-02)

Efisiensi alat : 80%  
20% mother liquor terikut cake

Komponen	Input	Output	
	Arus 11	Arus 12	Arus 13
$C_6H_{12}O_6$	14,4	14,4	0,0
$H_2O$	102,4	81,9	20,5
$V_2O_5$	0,0	0,0	0,0
$C_2H_2O_4$	108,5	108,5	0,0
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	107,5	0,0	107,5
Subtotal	332,7	204,8	128,0
Total	332,7	332,7	

## Rotary Dryer (RD-01)

Efisiensi alat : 95%  
5% produk ikut teruapkan

Komponen	Input	Output	
	Arus 13	Arus 14	Arus 15
$H_2O$	20,5	19,4	1,0
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	107,5	0,0	107,5
Subtotal	128,0	19,4	108,5
Total	128,0	128,0	

## Silo (SL-01)

Komponen	Input
	Arus 15
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	107,5
$H_2O$	1,0
Subtotal	108,5
Total	108,5

**NM Setelah Recycle :**
**1. MIXER 1 (Mx-01)**

Komponen	Input				Output
	Arus 1	Arus 2	Arus 10	Arus 12	Arus 3
$C_6H_{12}O_6$	162,0		3,6	14,4	180
$H_2O$	28,6	0,0	25,6	81,9	136,1
$V_2O_5$			0,9	0,0	0,9
$C_2H_2O_4$			27,1	108,5	135,6
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$			0,0	0,0	0
Subtotal	190,6	0,0	57,2	204,8	452,6
Total	452,6				452,6

**2. REAKTOR (R-01)**

Komponen	BM	Feed		Reaksi	Produk					
	(g/mol)	Massa	Mol	Fr. Mol	Koef. Stoi	Mol	Mol	Fr. Mol	Massa	Fr. Massa
$C_6H_{12}O_6$	180	180	1,0	0,0	-1	-0,9	0,1	0,0	18,0	0,0
$H_2O$	18	388,1	21,6	0,7	6	5,4	27,0	0,7	485,3	0,5
$HNO_3$	63,02	348,0	5,5	0,2	-6	-5,4	0,1	0,0	7,7	0,0
$V_2O_5$	181,9	0,9	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0,9	0,0
$C_2H_2O_4$	90,04	135,6	1,5	0,1	3	2,7	4,2	0,1	378,7	0,4
NO	30	0,0	0,0	0,0	6	5,4	5,4	0,1	162,0	0,2
Total		1052,6	29,6	1,0	8,0	7,2	36,8	1,0	1052,6	1,0

**NM R-01 :**

Komponen	Input			Output
	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6
$C_6H_{12}O_6$	180			18,0
$H_2O$	136,1	252,0		485,3
$HNO_3$		348		7,7
$V_2O_5$	0,9		0	0,9
$C_2H_2O_4$	135,6			378,7
NO				162,0
Subtotal	452,6	600	0	1052,6
Total	1052,6			1052,6

**3. EVAPORATOR (EV-01)**

Komponen	Laju Massa		Kelarutan		Kebutuhan Pelarut		$H_2O$ Umpan		$H_2O$ Diuapkan	
		kg/jam		g/100ml		kg/jam		kg/jam		kg/jam
$C_2H_2O_4$	378,7	kg/jam	190	g/100ml	199,3	kg/jam	485,3	kg/jam	285,9	kg/jam

(Handbook of chemistry tabel 5.2 hal 5.17)



## NM EV-01

Komponen	Input	Output	
	Arus 6	Arus 7	Arus 8
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	18,0		18,0
H <sub>2</sub> O	485,3	285,9	199,3
HNO <sub>3</sub>	7,7	7,7	0,0
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,9		0,9
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	378,7		378,7
NO	162,0	162,0	0,0
Subtotal	1052,6	455,6	597,0
Total	1052,6	1052,6	

## Crystallizer (CZ – 01)

Penentuan kristal yang terbentuk (Perry *et al.*, 1997b) :

$$P = R \frac{100W_0 - S(H_0 - E)}{100 - S(R - 1)}$$

Dengan,

P = berat kristal asam oksalat dihidrat

R = BM hidrat/BM anhidrat

S = kelarutan asam oksalat

W<sub>0</sub> = massa asam oksalat umpan

H<sub>0</sub> = total massa larutan umpan

E = penguapan; asumsi 0

Diketahui,

Kelarutan C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub> pada 80°C = 99,16 g/ml = 0,99 kg/L (Dean, 1999)

BM C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub> = 90,04

BM C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.6H<sub>2</sub>O = 126,07

BM Ratio (R) = 126,07/90,04 = 1,4

S = 0,99/(1 – 0,99) = 118,9

W<sub>0</sub> = 425,6 kg/jam

H<sub>0</sub> = 249,5 kg/jam

E = 0

Jadi,

$$P = R \frac{100W_o - S(H_o - E)}{100 - S(R - 1)} = 1,4 \frac{100(364,9) - 99(217,5 - 0)}{100 - 99(1,4 - 1)} = 344,4 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Output } C_2H_2O_4 = 364,9 - 346,7 = 81,2 \text{ kg/jam}$$

Sehingga NM :

Komponen	Input	Output
	Arus 8	Arus 9
$C_6H_{12}O_6$	18,0	18,0
$H_2O$	199,3	199,3
$V_2O_5$	0,9	0,9
$C_2H_2O_4$	378,7	2,0
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	0	376,7
Total	597,0	597,0

Centrifuge (CF-01)

Efisiensi alat : 80%  
20% mother liquor terikut cake

Komponen	Input	Output	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
$C_6H_{12}O_6$	18,0	3,6	14,4
$H_2O$	199,3	39,9	159,5
$V_2O_5$	0,9	0,9	0,0
$C_2H_2O_4$	2,0	0,4	1,6
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	376,7	0,0	376,7
Subtotal	597,0	44,8	552,2
Total	597,0	597,0	

Centrifuge (CF-02)

Efisiensi alat : 80%  
20% mother liquor terikut cake

Komponen	Input	Output	
	Arus 11	Arus 12	Arus 13
$C_6H_{12}O_6$	14,4	14,4	0,0
$H_2O$	159,5	127,6	31,9
$V_2O_5$	0,0	0,0	0,0
$C_2H_2O_4$	1,6	1,6	0,0

$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	376,7	0,0	376,7
Subtotal	552,2	143,6	408,6
Total	552,2	552,2	

## Rotary Dryer (RD-01)

Efisiensi alat : 95%

5% produk ikut teruapkan

Komponen	Input	Output	
	Arus 13	Arus 14	Arus 15
$H_2O$	31,9	30,3	1,6
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	376,7	0,0	376,7
Subtotal	408,6	30,3	378,3
Total	408,6	408,6	

## Silo (SL-01)

Komponen	Input
	Arus 15
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	376,7
$H_2O$	1,6
Subtotal	378,3
<b>Total</b>	<b>378,3</b>

**NM AKTUAL**

Kapasitas		Produk Basis		Scale Up
1010,10101	kg/jam	378,296	kg/jam	2,7

**1. MIXER 1 (M-01)**

Komponen	Input				Output
	Arus 1	Arus 2	Arus 10	Arus 12	Arus 3
$C_6H_{12}O_6$	432,6	0,0	9,6	38,4	480,6
$H_2O$	76,3	0,0	68,3	218,7	363,3
$V_2O_5$		0,0	2,4	0,0	2,4
$C_2H_2O_4$		0,0	72,4	289,7	362,1
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$		0,0	0,0	0,0	0,0
Subtotal	508,9	0,0	152,8	546,8	1208,5
Total			1208,5		1208,5

## 2. REAKTOR (R-01)

Komponen	Input			Output
	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6
$C_6H_{12}O_6$	480,6	0,0	0,0	48,1
$H_2O$	363,3	672,9	0,0	1295,7
$HNO_3$	0,0	929,2	0,0	20,5
$V_2O_5$	2,4	0,0	0,0	2,4
$C_2H_2O_4$	362,1	0,0	0,0	1011,2
NO	0,0	0,0	0,0	432,6
Subtotal	1208,5	1602,1	0,0	2810,5
Total	2810,5			2810,5

## 3. EVAPORATOR (EV-01)

Komponen	Input	Output	
	Arus 6	Arus 7	Arus 8
$C_6H_{12}O_6$	48,1	0,0	48,1
$H_2O$	1295,7	763,5	532,2
$HNO_3$	20,5	20,5	0,0
$V_2O_5$	2,4	0,0	2,4
$C_2H_2O_4$	1011,2	0,0	1011,2
NO	432,6	432,6	0,0
Subtotal	2810,5	1216,6	1593,9
Total	2810,5	2810,5	

## 4. CRYSTALLIZER (CZ-01)

Komponen	Input	Output
	Arus 8	Arus 9
$C_6H_{12}O_6$	48,1	48,1
$H_2O$	532,2	532,2
$V_2O_5$	2,4	2,4
$C_2H_2O_4$	1011,2	5,4
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	0	1005,8
Total	1593,9	1593,9

**5. CENTRIFUGE (CF-01)**

Komponen	Input	Output	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
$C_6H_{12}O_6$	48,1	9,6	38,4
$H_2O$	532,2	106,4	425,8
$V_2O_5$	2,4	2,4	0,0
$C_2H_2O_4$	5,4	1,1	4,3
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	1005,8	0,0	1005,8
Subtotal	1593,9	119,5	1474,4
Total	1593,9	1593,9	

**6. CENTRIFUGE (CF-02)**

Komponen	Input	Output	
	Arus 11	Arus 12	Arus 13
$C_6H_{12}O_6$	38,4	38,4	0,0
$H_2O$	425,8	340,6	85,2
$V_2O_5$	0,0	0,0	0,0
$C_2H_2O_4$	4,3	4,3	0,0
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	1005,8	0,0	1005,8
Subtotal	1474,4	383,4	1091,0
Total	1474,4	1474,4	

**7. ROTARY DRYER (RD-01)**

Komponen	Input	Output	
	Arus 13	Arus 14	Arus 15
$H_2O$	85,2	80,9	4,3
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	1005,8	0,0	1005,8
Subtotal	1091,0	80,9	1010,1
Total	1091,0	1091,0	

**8. SILO (SL-01)**

Komponen	Input
	Arus 15
$H_2O$	4,3
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	1005,8
Subtotal	1010,1
<b>Total</b>	<b>1010,1</b>

## NERACA MASSA OVERALL

Komponen	Input					Output				
	Umpun segar			Umpun recycle						
	Arus 1	Arus 4	Arus 5	Arus 10	Arus 12	Arus 7	Arus 10	Arus 12	Arus 14	Arus 15
$C_6H_{12}O_6$	432,6			9,6	38,4		9,6	38,4		
$H_2O$	76,3	672,9		68,3	218,7	763,5	106,4	340,6	80,9	4,3
$HNO_3$		929,2				20,5				
$V_2O_5$			0,0	2,4	0,0		2,4	0,0		
$C_2H_2O_4$				72,4	289,7		1,1	4,3		
NO						432,6				
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$										1005,8
Subtotal	508,9	1602,1	0,0	152,8	546,8	1216,6	119,5	383,4	80,9	<b>1010,1</b>
<b>Total</b>	<b>2810,5</b>					<b>2810,5</b>				

Total Input = 2810,5 kg/jam

Total Output = 2810,5 kg/jam

Selisih = 0,0 kg/jam

Total Produk = 1010,1 kg/jam

= 8000 kg/jam

Komposisi :

$H_2O$  = 0,42%

$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$  = 99,58%

## 2. Neraca Panas

**NERACA PANAS :**

basis = 30 menit operasi

 $T_{ref} = 25 \text{ C}$ 

= 298,15 K

satuan = Kjoule

Rumus :

$$Q = \Delta H$$

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3$$

$$C_p = (A(T_2 - T_1)) + \left(\frac{B}{2}(T_2^2 - T_1^2)\right) + \left(\frac{C}{3}(T_2^3 - T_1^3)\right) + \left(\frac{D}{4}(T_2^4 - T_1^4)\right) + \left(\frac{E}{5}(T_2^5 - T_1^5)\right)$$

Data laju massa tiap arus :

Komponen	BM	ARUS														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C6H12O6	180	432,6		480,6			48,1		48,1	48,1	9,6	38,4	38,4			
H2O	18	76,3		363,3	672,9		1295,7	763,5	532,2	532,2	106,4	425,8	340,6	85,2	80,9	4,3
HNO3	63,02				929,2		20,5	20,5								
V2O5	181,9			2,4			2,4		2,4	2,4	2,4	0,0	0,0			
C2H2O4	90,04			362,1			1011,2		1011,2	5,4	1,1	4,3	4,3			
NO	30						432,6	432,6								
C2H2O4.6H2O	126,07									1005,8		1005,8	0,0	1005,8		1005,8
Total		508,9	0,0	1208,5	1602,1	0,0	2810,5	1216,6	1593,9	1593,9	119,5	1474,4	383,4	1091,0	80,9	1010,1

Data laju mol tiap arus :

Komponen	ARUS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
C6H12O6	2,40		2,67			0,27		0,27	0,27	0,05	0,21	0,21				
H2O	4,24		20,18	37,38		71,98	42,42	29,57	29,57	5,91	23,65	18,92	4,73	4,49	0,24	
HNO3				14,74		0,33	0,33									
V2O5			0,01			0,01		0,01	0,01	0,01	0,00	0,00				
C2H2O4			4,02			11,23		11,23	0,06	0,01	0,05	0,05				
NO						14,42	14,42									
C2H2O4.6H2O									7,98	0,00	7,98	0,00	7,98		7,98	

Data Cp pada setiap komponen :

Komponen	Koefisien regresi komponen				Kapasitas Panas atau Cp (J/mol)							Ref	
	A	B	C	D	E	303,2	318,2	344,2	343,2	368,2	373,2		393,2
<b>Solid Phase</b>													
C2H2O4.H2O	0,206	0,50483	-0,00046577			549,4	2236,2	5253,7	5135,1	8155,3	8772,0	11276,8	Yaws hal 87
V2O5	130,6					653,0	2618,5	6007,6	5877,0	9142,0	9795,0	12407,0	Lange's Handbook hal 6.122
<b>Liquid Phase</b>													
C6H12O6	219					1095,0	4391,0	10074,0	9855,0	15330,0	16425,0	20805,0	Juliana Boerio-Goates (mendeley)
H2O	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,3469E-07		377,5	1510,9	3460,2	3385,1	5265,6	5643,0	7160,1	Yaws hal 79
HNO3	214,478	-0,76762	0,001497	-3,0208E-07		554,0	2231,3	5177,8	5062,6	7995,0	8596,2	11059,7	Yaws hal 79
C2H2O4	91					455,0	1824,6	4186,0	4095,0	6370,0	6825,0	8645,0	Lange's Handbook hal 6.39
NO	9860,145	-213,1	1,5107	-0,0034573		46699,4	158781,7	273252,1	270286,0	320086,1	325261,5	336445,7	Yaws hal 80
<b>Gas/Vapor Phase</b>													
H2O	33,933	-0,008419	0,000029906	-1,7825E-08	3,6934E-12	168,3	675,5	1553,2	1519,3	2368,8	2539,2	3222,7	Yaws hal 52
HNO3	19,755	0,13415	-0,000061116	-1,2343E-08	1,1106E-11	271,6	1103,3	2586,7	2528,4	4012,2	4315,5	5550,0	Yaws hal 52
NO	33,227	-0,023626	0,000053156	-3,7858E-08	9,1197E-12	149,9	600,9	1378,6	1348,6	2098,4	2248,5	2849,4	Yaws hal 53

**Data T tiap alat proses :**

Alat	T	
	C	K
T-01	30	303,2
T-02	30	303,2
M-01	30	303,2
R-01	71	344,2
EV-01	95	368,2
CR-01	70	343,2
CF-01	30	303,2
CF-02	30	303,2
RD-01	90	363,2
SL-01	30	303,2

**Perhitungan NP :****1. MIXER (M-01)**Fungsi : mengencerkan  $C_6H_{12}O_6$  menjadi 60% **$\Delta H_{1mx-in}$ ,  $\Delta H_{2mx-in}$ ,  $\Delta H_{10mx-in}$ , dan  $\Delta H_{12mx-in}$** 

Komponen	Laju Mol				Cp at 303,2K	$\Delta H_{1mx-in}$			
	Arus 1	Arus 2	Arus 10	Arus 12		$\Delta H_1$	$\Delta H_2$	$\Delta H_{10}$	$\Delta H_{12}$
$C_6H_{12}O_6$	2,40	0,00	0,05	0,21	1095,0	2631,4	0,0	58,5	233,9
Komponen	Laju Mol				Cp at 303,2K	$\Delta H_{1mx-in}$			
	Arus 1	Arus 2	Arus 10	Arus 12		$\Delta H_1$	$\Delta H_2$	$\Delta H_{10}$	$\Delta H_{12}$
$H_2O$	4,24	0,00	3,80	12,15	377,5	1600,8	0,0	1433,0	4585,5
$V_2O_5$		0,00	0,01	0,00	653,0	0,0	0,0	8,6	0,0
$C_2H_2O_4$		0,00	0,80	3,22	455,0	0,0	0,0	366,0	1463,9
Total	6,64	0,00	4,67	15,58	2580,49	4232,26	0,00	1866,04	6283,29

**b.  $\Delta H_{1mx-out}$** 

Komponen	Laju Mol	Cp at 303,2K	$\Delta H_{1mx-out}$
$C_6H_{12}O_6$	2,67	1095,0	2923,8
$H_2O$	20,18	377,5	7619,3
$V_2O_5$	0,01	653,0	8,6
$C_2H_2O_4$	4,02	455,0	1829,8
Total	26,89	2580,5	12381,6



NP MIXER (M-01)					
Komponen	Input				Output
	Arus 1	Arus 2	Arus 10	Arus 12	Arus 3
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	2631,4	0,0	58,5	233,9	2923,8
H <sub>2</sub> O	1600,8	0,0	1433,0	4585,5	7619,3
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,0	0,0	8,6	0,0	8,6
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,0	0,0	366,0	1463,9	1829,8

NP MIXER (M-01)					
Komponen	Input				Output
	Arus 1	Arus 2	Arus 10	Arus 12	Arus 3
Subtotal	4232,3	0,0	1866,0	6283,3	12381,6
Total	12381,6				12381,6

## 2. HEATER 1 (HE-01)

Fungsi : pemanasan awal (preheater) untuk arus 3 sebagai umpan reaktor R-01.

### a. $\Delta H_{1h-in}$ dan $\Delta H_{1h-out}$

Komponen	Laju Mol	$\Delta H_{1in}$ at 303,2K	$\Delta H_{1out}$ at 341,2K	
			Cp	$\Delta H_{1h-out}$
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	2,7	2923,8	10074,0	26898,9
H <sub>2</sub> O	20,2	7619,3	3460,2	69841,1
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,0	8,6	6007,6	79,4
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	4,0	1829,8	4186,0	16834,6
Total	26,9	12381,6	23727,8	113654,0

Q<sub>loss</sub> = 5% dari Q<sub>steam</sub>

### b. Q<sub>steam</sub>

$$\begin{aligned}
 \text{panas masuk} &= \text{panas keluar} \\
 \Delta H_{1h-in} + Q_{\text{steam}} &= \Delta H_{1h-out} + Q_{\text{loss}} \\
 Q_{\text{steam}} - Q_{\text{loss}} &= \Delta H_{1h-out} - \Delta H_{1h-in} \\
 100\%Q_{\text{steam}} - 5\%Q_{\text{steam}} &= \Delta H_{1h-out} - \Delta H_{1h-in} \\
 95\%Q_{\text{steam}} &= \Delta H_{1h-out} - \Delta H_{1h-in}
 \end{aligned}$$

Q <sub>steam</sub>	=	106602,6	Kjoule	
T <sub>in steam</sub>	=	150	C =	423,15
T <sub>out steam</sub>	=	100	C =	373,15
C <sub>pdt</sub>	=	4544,8	Kj/mol.K	
massa steam	=	422,21145	kg/jam	

### c. Q<sub>loss</sub>

$$Q_{\text{loss}} = 5330,1 \text{ Kjoule}$$

NP HEATER 1 (HE-01)		
Komponen	Input	Output
$C_6H_{12}O_6$	2923,8	26898,9
$H_2O$	7619,3	69841,1
$V_2O_5$	8,6	79,4
$C_2H_2O_4$	1829,8	16834,6
Subtotal	12381,6	113654,0
Q loss		5330,1
Beban pemanas	106602,6	
Total	118984,1	118984,1

### 3. HEATER 2 (HE-02)

Fungsi : pemanasan awal (preheater) untuk arus 4 sebagai umpan reaktor R-01.

#### a. $\Delta H_{2h-in}$ dan $\Delta H_{2h-out}$

Komponen	Laju Mol	$\Delta H_{2h-in}$ at 303,2K		$\Delta H_{2h-out}$ at 341,2K	
		Cp	$\Delta H_{2h-in}$	Cp	$\Delta H_{2h-out}$
$HNO_3$	14,7	554,0	8168,6	5177,8	76344,3
$H_2O$	37,4	377,5	14111,1	3460,2	129347,3
Total	52,1		22279,7		205691,6

$$Q_{\text{loss}} = 5\% \text{ dari } Q_{\text{steam}}$$

#### b. $Q_{\text{steam}}$

$$\begin{aligned} \text{panas masuk} &= \text{panas keluar} \\ \Delta H_{2h-in} + Q_{\text{steam}} &= \Delta H_{2h-out} + Q_{\text{loss}} \\ Q_{\text{steam}} - Q_{\text{loss}} &= \Delta H_{2h-out} - \Delta H_{2h-in} \\ 100\%Q_{\text{steam}} - 5\%Q_{\text{steam}} &= \Delta H_{2h-out} - \Delta H_{2h-in} \\ 95\%Q_{\text{steam}} &= \Delta H_{2h-out} - \Delta H_{2h-in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{steam}} &= 193065,2 \text{ Kjoule} \\ T_{\text{in steam}} &= 150 \text{ C} = 423,15 \text{ K} \\ T_{\text{out steam}} &= 100 \text{ C} = 373,15 \text{ K} \\ C_{\text{pdt}} &= 4544,8 \text{ Kj/mol.K} \\ \text{massa steam} &= 764,65636 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

**c. Qloss**

$$Q_{\text{loss}} = 9653,3 \text{ Kjoule}$$

NP HEATER 2 (HE-02)		
Komponen	Input	Output
HNO <sub>3</sub>	8168,6	76344,3
H <sub>2</sub> O	14111,1	129347,3
Subtotal	22279,7	205691,6
Q loss		9653,3
Beban pemanas	193065,2	
Total	215344,9	215344,9

**4. REAKTOR (R-01)**

Fungsi : mengkonversi C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> dan HNO<sub>3</sub> menjadi C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O oleh V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**a. ΔH<sub>1r-in</sub>**

Komponen	ΔH <sub>1r-in</sub>		
	ΔH <sub>1h-out</sub>	ΔH <sub>2h-out</sub>	ΔH <sub>5</sub>
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	26898,9		
H <sub>2</sub> O	69841,1	129347,3	
HNO <sub>3</sub>		76344,3	
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	79,4		
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	16834,6		
NO			
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O			
Subtotal	113654,0	205691,6	0,0
Total	319345,6		

**b. ΔH<sub>1r-rx</sub>**

Komponen	Mol Reaktan	Mol Produk	ΔH <sub>f</sub> (Kj/mol)	ΔH reaktan	ΔH produk	ΔH <sub>1r-rx</sub>
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	-2,4	0,27	-1273,3	3059,9	-340,0	-3399,9
H <sub>2</sub> O	14,4	71,98	-285,8	-4121,3	-20575,4	-16454,1
HNO <sub>3</sub>	-14,4	0,33	-207,4	2989,9	-67,6	-3057,4
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,0	0,01	-1550,0	0,0	-20,5	-20,5
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	7,2	11,23	-821,7	-5923,9	-9228,5	-3304,6

NO	14,4	14,42	91,3	1316,3	1316,3	0,0
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,0	0,00	-1492,0	0,0	0,0	0,0
Total	19,2	98,2	-5538,9	-2679,1882	-28915,7	-26236,5

### c. ΔH<sub>1r-out</sub>

Komponen	Laju Mol	C <sub>p</sub> at 341,2K	ΔH <sub>1r-out</sub>
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	0,3	10074,0	2689,9
H <sub>2</sub> O	72,0	3460,2	249079,5
HNO <sub>3</sub>	0,3	5177,8	1687,5
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	6007,6	79,4
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	11,2	4186,0	47013,0
NO	14,4	1378,6	19877,2
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,0	5253,7	0,0
Total	98,2	35537,9	320426,4

### d. Q<sub>loss</sub>

$$\text{panas masuk} = \text{panas keluar}$$

$$\Delta H_{1r-in} + \Delta H_{1r-rx} = \Delta H_{1r-out} + Q_{\text{loss}}$$

karena terdapat panas yang lepas ke lingkungan maka diperlukan sistem pendingin dengan menggunakan cooling water Tin 30C dan Tout 45C.

$$Q_{\text{loss}} = 25155,8 \text{ Kjoule}$$

### e. kebutuhan cooling water

$$T_{\text{in}} = 30 \text{ C} = 303,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{out}} = 45 \text{ C} = 318,15 \text{ K}$$

$$C_p \text{ H}_2\text{O at 30C} = 4,181 \text{ KJ/kg.K}$$

(ref Cp: geankoplis 2003 app A.2-5)

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$\text{massa} = 401,1 \text{ kg/jam}$$

NP REAKTOR (R-01)				
Komponen	Input			Output
	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	26898,9	0	0	2689,9
H <sub>2</sub> O	69841,1	129347,27	0	249079,5

HNO <sub>3</sub>	0,0	76344,348	0	1687,5
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	79,4	0	0	79,4
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	16834,6	0	0	47013,0
NO	0,0	0	0	19877,2
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,0	0	0	0,0
Subtotal	113654,0	205691,6	0,0	320426,4
Panas Reaksi	26236,5			
Beban Pendingin				25155,8
Total		345582,2		345582,2

## 5. EVAPORATOR (EV-01)

Fungsi : untuk memekatkan larutan C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

### a. ΔH<sub>6h</sub>-out

Komponen	ΔH <sub>3h</sub> -out
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	2689,9
H <sub>2</sub> O	249079,5
HNO <sub>3</sub>	1687,5
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	79,4
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	47013,0
NO	19877,2
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,0
Total	320426,4

### b. ΔH<sub>2ev</sub>-out

Komponen	ΔH <sub>2ev</sub> -out at 373,15K		
	Mol arus 8	Cp	ΔH <sub>2ev</sub> -out
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	0,3	15330,0	4093,3
H <sub>2</sub> O	29,6	5265,6	155696,4
HNO <sub>3</sub>	0,0	7995,0	0,0
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,0	9142,0	120,8
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	11,2	6370,0	71541,5
NO	0,0	320086,1	0,0
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,0	8155,3	0,0
Total	41,1	372344,0	231452,0

c.  $\Delta H_{1ev-out}$  (Ref  $\lambda$  : Perry 7ed, T.2-190 : konversi 1 kal/mol = 4,184 j/mol)

Komponen	$\Delta H_{1ev-out}$ at 373,2K				
	Mol arus 7	Cp	$\lambda$ vapor	$\Delta H_{1ev-out}$	Laten
H <sub>2</sub> O	42,4	2368,8	40706,1	100476,0	1726611,6
HNO <sub>3</sub>	0,3	4012,2		1307,6	
NO	14,4	2098,4		30256,0	
Subtotal	57,2	8479,4	40706,1	132039,6	1726611,6
Total	1858651,2				

$Q_{loss} = 5\%$  dari  $Q_{steam}$  (Ulrich hal 432)

#### d. $Q_{steam}$

panas masuk = panas keluar

$$\begin{aligned} \Delta H_{3h-out} + Q_{steam} &= \Delta H_{1ev-out} + \Delta H_{2ev-out} + Q_{loss} \\ 100\%Q_{steam} - 5\%Q_{steam} &= \Delta H_{1ev-out} + \Delta H_{2ev-out} - \Delta H_{3h-out} \\ 95\%Q_{steam} &= \Delta H_{1ev-out} + \Delta H_{2ev-out} - \Delta H_{3h-out} \end{aligned}$$

$Q_{steam}$	=	1862817,7	Kjoule
Tin steam	=	150	C = 423,15 K
Tout steam	=	100	C = 373,15 K
Cpdt	=	4544,8	Kj/mol.K
massa steam	=	7377,9	kg/jam

#### c. $Q_{loss}$

$Q_{loss}$	=	93140,9	Kjoule
------------	---	---------	--------

NP EVAPORATOR (EV-01)			
Komponen	Input	Output	
	Arus 6	Arus 7	Arus 8
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	2689,9		4093,3
H <sub>2</sub> O	249079,5	1827087,5	155696,4
HNO <sub>3</sub>	1687,5	1307,6	0,0
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	79,4		120,8
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	47013,0		71541,5
NO	19877,2	30256,0	0,0
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,0		0,0
Subtotal	320426,36	1858651,2	231451,9823
Q loss		93140,9	
Beban Pemanas	1862817,7		
Total	2183244	2183244	

## 6. Condensor (E-01)

Fungsi : untuk mengkondensasi H<sub>2</sub>O, HNO<sub>3</sub>, dan NO.

### a. ΔH<sub>1c-out</sub>

Komponen	ΔH <sub>1c-out</sub> at 303,2K				
	Mol arus 7	C <sub>p</sub>	λ cair	ΔH <sub>1c-out</sub>	Laten
H <sub>2</sub> O	42,4	377,5	6008,224	16011,6	254847,8
HNO <sub>3</sub>	0,3	554,0	2510,4	180,6	818,2
NO	14,4	46699,4	2301,2	673344,7	33180,3
Subtotal	57,2	47630,9	10819,8	689536,9	288846,3
Total			978383,2		

(Ref λ : perry 7ed, T.2-190 : konversi 1 kal/mol = 4,184 j/mol)

### b. Qcooling water

$$\begin{aligned} \text{panas masuk} &= \text{panas keluar} + \Delta H_{1eV} \\ &= \Delta H_{1c-out} + Q_{\text{cooling water}} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{cooling water}} = 880268,0 \text{ Kjoule}$$

**Kebutuhan cooling water :**

$$T_{in} = 30 \text{ C} = 303,15 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} T_{out} &= 45 \quad C = 318,15 \text{ K} \\ C_p \text{ H}_2\text{O at } 30\text{C} &= 4,18\text{E}+00 \text{ KJ/kg.K} \\ (\text{ref } C_p: \text{ geankoplis } 2003 \text{ app A.2-5}) \end{aligned}$$

Q

$$\text{massa} = 14036,0 \text{ kg/jam}$$

NP CONDENSOR (E-01)		
Komponen	Input	Output
H <sub>2</sub> O	1827087,5	270859,4
HNO <sub>3</sub>	1307,6	998,7
NO	30256,0	706525,1
Subtotal	1858651,2	978383,2
Beban pendingin		880268,0
Total	1858651,2	1858651,2

## 7. COOLER 1 (CL-01)

Fungsi : menurunkan suhu arus 8 dari 100C menjadi 70C.

### a. $\Delta H_{2ev-out}$ dan $\Delta H_{4h-out}$

Komponen	$\Delta H_{2ev-out}$ at 343,15K	$\Delta H_{4h-out}$ at 343,15K		
		Mol	Cp	$\Delta H_{4h-out}$
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	4093,3	0,3	9855,0	2631,4
H <sub>2</sub> O	155696,4	29,6	3385,1	100090,9
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	120,8	0,01	5877,0	77,6
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	71541,5	11,2	4095,0	45990,9
Total	231452,0	41,1	23212,1	148790,9

### b. Qcooling water

$$\begin{aligned} \text{panas masuk} &= \text{panas keluar} \quad \Delta H_{2e} \\ &= \Delta H_{4h-out} + Q_{cooling \text{ water}} \end{aligned}$$

$$Q_{cooling \text{ water}} = 82661,1 \text{ Kjoule}$$

**Kebutuhan cooling water :**



$$\begin{aligned} T_{in} &= 30 & C &= 303,15 & K \\ T_{out} &= 45 & C &= 318,15 & K \\ C_p \text{ H}_2\text{O at } 30\text{C} &= 4,18\text{E}+00 & \text{KJ/kg.K} \\ (\text{ref } C_p: \text{geankoplis } 2003 \text{ app A.2-5}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= 1318,0 & \text{kg/jam} \\ \text{massa} &= \end{aligned}$$

NP COOLER 1 (CL-01)		
Komponen	Input	Output
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	4093,3	2631,4
$\text{H}_2\text{O}$	155696,4	100090,9
$\text{V}_2\text{O}_5$	120,8	77,6
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$	71541,5	45990,9
Subtotal	231452,0	148790,9
Beban pendingin		82661,1
Total	231452,0	231452,0

## 8. CRYSTALLIZER (CR-01)

Fungsi : mengkristalkan slurry  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ .

### a. $\Delta H_{4h-out}$ dan $\Delta H_{1cz-out}$

Komponen	$\Delta H_{4h-out}$	$\Delta H_{1cz-out}$ at 353,2K		
	at 353,2K	Mol	$C_p$	$\Delta H_{1cz-out}$
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	2631,4	0,3	9855,0	2631,4
$\text{H}_2\text{O}$	100090,9	29,6	3385,1	100090,9
$\text{V}_2\text{O}_5$	77,6	0,01	5877,0	77,6
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$	45990,9	0,1	4095,0	245,4
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0	7,98	5135,1	40969,8
Total	148790,9	37,9	28347,1	144015,1

### b. Cooling water

$$\begin{aligned} \text{panas masuk} &= \text{panas keluar} & \Delta H_{4h-out} \\ &= \Delta H_{1cz-out} + Q_{\text{cooling water}} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{cooling water}} = 4775,8 \text{ Kjoule}$$

**Kebutuhan cooling water :**

$$\begin{aligned} T_{in} &= 30 & C &= 303,15 & K \\ T_{out} &= 45 & C &= 318,15 & K \\ C_p \text{ H}_2\text{O at } 30\text{C} &= 4,18\text{E}+00 & \text{KJ/kg.K} \\ (\text{ref } C_p: \text{geankoplis } 2003 \text{ app A.2-5}) \end{aligned}$$

Q

$$\text{massa} = 76,2 \text{ kg/jam}$$

NP CRYSTALLIZER (CR-01)		
Komponen	Input	Output
	Arus 8	Arus 9
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	2631,4	2631,4
$\text{H}_2\text{O}$	100090,9	100090,9
$\text{V}_2\text{O}_5$	77,6	77,6
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$	45990,9	245,4
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,0	40969,8
Subtotal	148790,9	144015,1
Beban Pendingin		4775,8
Total	148790,9	148790,9

## 9. COOLER 2 (CL-02)

Fungsi : menurunkan suhu arus 9 dari 70C ke 30C.

### a. $\Delta H_{1cz-out}$ dan $\Delta H_{5h-out}$

Komponen	$\Delta H_{1cz-out}$	$\Delta H_{5h-out}$ at 303,2K		
	at 353,2K	Mol	$C_p$	$\Delta H_{5h-out}$
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	2631,4	0,3	1095,0	292,4
$\text{H}_2\text{O}$	100090,9	29,6	377,5	11161,7
$\text{V}_2\text{O}_5$	77,6	0,0	653,0	8,6
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$	245,4	0,1	455,0	27,3
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	40969,8	8,0	549,4	4383,4
Total	144015,1	37,9	3129,9	15873,3

### b. Qcooling water

$$\begin{aligned} \text{panas masuk} &= \text{panas keluar} & \Delta H_{1c} \\ &= \Delta H_{5h-out} + Q_{\text{cooling water}} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{cooling water}} = 128141,8 \text{ Kjoule}$$

**Kebutuhan cooling water :**

$$T_{in} = 30 \quad C = 303,15 \quad K$$

$$T_{out} = 45 \quad C = 318,15 \quad K$$

$$C_p \text{ H}_2\text{O at } 30C = 4,18E+00 \quad \text{KJ/kg.K}$$

(ref Cp: geankoplis 2003 app A.2-5)

Q

$$\text{massa} = 2043,2 \quad \text{kg/jam}$$

<b>NP COOLER 2 (CL-02)</b>		
Komponen	Input	Output
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	2631,4	292,4
H <sub>2</sub> O	100090,9	11161,7
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	77,6	8,6
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	245,4	27,3
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	40969,8	4383,4
Subtotal	144015,1	15873,3
Beban Pendingin		128141,8
Total	144015,1	144015,1

**10. CENTRIFUGE 1 (CF-01)**Fungsi : memisahkan kristal C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O dan larutan (mother liquor).**a. ΔH5h-out**

Komponen	ΔH5h-out
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	292,4
H <sub>2</sub> O	11161,7
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8,6
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	27,3
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	4383,4
Total	15873,3

**b. ΔH1cf-out dan ΔH2cf-out**

Komponen	Cp	ΔH1cf-out at 303,2K		ΔH2cf-out at 303,2K	
	at 303,2K	Mol arus 10	ΔH1cf-out	Mol arus 11	ΔH2cf-out
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	1095,0	0,1	58,5	0,2	233,9

H <sub>2</sub> O	377,5	5,9	2232,3	23,7	8929,3
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	653,0	0,0	8,6	0,0	0,0
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	455,0	0,0	5,5	0,0	21,8
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	549,4	0,0	0,0	8,0	4383,4
Total	3129,9	6,0	2304,9	31,9	13568,5

Pada Centrifuge tidak ada beban pemanasan atau pendinginan sehingga prosesnya adiabatik  $Q_{in}=Q_{out}$

NP CENTRIFUGE 1 (CF-01)			
Komponen	Input	Output	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	292,4	58,5	233,9
H <sub>2</sub> O	11161,7	2232,3	8929,3
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8,6	8,6	0,0
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	27,3	5,5	21,8
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	4383,4	0,0	4383,4
Subtotal	15873,3	2304,9	13568,5
Total	15873,3	15873,3	

### 11. CENTRIFUGE 2 (CF-02)

Fungsi : memisahkan kristal C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O dan larutan (mother liquor).

#### a. $\Delta H_{2cf-out}$

Komponen	$\Delta H_{2cf-out}$
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	233,9
H <sub>2</sub> O	8929,3
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,0
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	21,8
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	4383,4
Total	13568,5

#### b. $\Delta H_{1cf2-out}$ dan $\Delta H_{2cf2-out}$

Komponen	Cp	$\Delta H_{1cf-out}$ at 303,2K		$\Delta H_{2cf-out}$ at 303,2K	
	at 303,2K	Mol arus 12	$\Delta H_{1cf-out}$	Mol arus 13	$\Delta H_{2cf-out}$
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	1095,0	0,2	233,9	0,0	0,0
H <sub>2</sub> O	377,5	18,9	7143,5	4,7	1785,9
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	653,0	0,0	0,0	0,0	0,0

C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	455,0	0,0	21,8	0,0	0,0
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	549,4	0,0	0,0	8,0	4383,4
Total	3129,9	19,2	7399,2	12,7	6169,3

Pada Centrifuge tidak ada beban pemanasan atau pendinginan sehingga prosesnya adiabatik  $Q_{in}=Q_{out}$

NP CENTRIFUGE 2 (CF-02)			
Komponen	Input	Output	
	Arus 11	Arus 12	Arus 13
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	233,9	233,9	0,0
H <sub>2</sub> O	8929,3	7143,5	1785,9
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,0	0,0	0,0
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	21,8	21,8	0,0
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	4383,4	0,0	4383,4
Subtotal	13568,5	7399,2	6169,3
Total	13568,5	13568,5	

## 12. ROTARY DRYER (RD-01)

Fungsi : untuk mengeringkan produk hingga menjadi 99%.

### a. $\Delta H_{2cf-out}$

Komponen	$\Delta H_{2cf-out}$
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	4383,4
H <sub>2</sub> O	1785,9
Total	6169,3

### b. $\Delta H_{1rd-out}$

Komponen	$\Delta H_{1rd-out}$ at 363,2K				
	Mol	C <sub>p</sub>	$\lambda$ vapor	$\Delta H_{1rd-out}$	Laten
H <sub>2</sub> O	4,5	2368,8	3385,1	10646,3	15213,81187
Subtotal	4,5	2368,8	3385,1	10646,3	15213,8
Total	25860,1				

### c. $\Delta H_{2rd-out}$

Komponen	$\Delta H_{2rd-out}$ at 363,2K		
	Mol	Cp	$\Delta H_{2rd-out}$
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	7,98	8155,3	65066,8
$H_2O$	0,24	5265,6	1245,6
Total	8,21	13420,96	66312,4

### d. Umpan masuk heater udara

umpan pada suhu 30C dan RH 70%

berdasarkan data suhu dan RH, didapat jumlah air sebesar :

Air = 18,8 g/kg udara kering (psycometric chart)

Dengan Relative humidity 70% maka berdasarkan humidity chart (Perry 7th ed, gambar 12-3), diperoleh  $H=0,019$ kg uap air/kg udara kering. Asumsi bahwa humidity tidak berubah saat udara dipanaskan hingga  $H_2 = 0,019$  kg uap air/kg udara kering. (Geankoplis, 1993 hal 563)

Komponen	Massa	Fraksi (x)	Cp in	Cp out
	(kg air/kg udara kering)		at 393,2K	at 373,2K
Udara	1	0,98	4118,0	2930,5
$H_2O$	0,02	0,02	3222,7	2539,2
Total	1,019	1	7340,7	5469,7

Tin 140 C = 413,15 K

Tout 100 C = 373,15 K

Cp udara = 1,0132 Kj/kg.K at 393,2K

= 29,4 Kj/kmol.K

Cp udara = 1,009 Kj/kg.K at 373,2K

= 29,3 Kj/kmol.K

Mencari massa umpan heater :

Diketahui :

$$H_{dryer\ in} = (m \cdot Cp \cdot \Delta T\ udara\ in)$$

$$= 142,7$$

$$H_{dryer\ out} = (m \cdot Cp \cdot \Delta T\ udara\ out) + (m \cdot Cp \cdot \Delta T\ air\ out)$$

$$= 101,8$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi :} \quad \text{panas masuk} &= \text{panas keluar} \quad \Delta H_{2cf-out} \\
 + H_{\text{dryer in}} &= \Delta H_{1rd-out} + \Delta H_{2rd-out} \\
 + H_{\text{dryer out}} \Delta H_{2cf-out} - \Delta H_{1rd-out} - \Delta H_{2rd-out} \\
 &= H_{\text{dryer out}} - H_{\text{dryer in}} \\
 m &= 2103,1 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Maka diperoleh :

Komponen	Massa		Qheater udara	
	(Kg/jam)	(Kmol/jam)	in	out
Udara	2063,9	71,2	293074,9	208560,7
Air	39,2	2,2	7020,9	5531,8

NP ROTARY DRYER (RD-01)				
Komponen	Input		Output	
	Arus 13	Arus Udara	Arus 14	Arus 15
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	4383,4			65066,8
H <sub>2</sub> O	1785,9	7020,9	31392,0	1245,6
Udara		293074,9	208560,7	
Subtotal	6169,3	300095,8	239952,6	66312,4
Total	306265,0		306265,0	

### 13. HEATER UDARA (H-05)

Fungsi : untuk memanaskan suhu udara umpan RD-01 sampai dengan 120°C

#### a. $\Delta H_{9h-in}$ dan $\Delta H_{9h-out}$

Komponen	Mol	$\Delta H_{7h-in}$ at 303,2K		$\Delta H_{7h-out}$
	(kmol/jam)	Cp	$\Delta H_{7h-in}$	at 393,2K
Udara	71,2	29,1	2073,8	4118,0
Air	2,2	168,3	366,6	3222,7
Total	73,3	197,4	2440,4	7340,7

$$Q_{\text{loss}} = 5\% \text{ dari } Q_{\text{steam}} \text{ (Ulrich hal 432)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. } Q_{\text{steam}} \quad \text{panas masuk} &= \text{panas keluar} \quad \Delta H_{7h-in} \\
 + Q_{\text{steam}} &= \Delta H_{9h-out} + Q_{\text{loss}} \quad 100\% Q_{\text{steam}} \\
 - 5\% Q_{\text{steam}} \\
 &= \Delta H_{7h-out} \\
 - \Delta H_{7h-in} & \quad \quad \quad 95\% Q_{\text{steam}} = \Delta H_{7h-out} \\
 - \Delta H_{7h-in} &
 \end{aligned}$$

Qsteam	=	5158,3	Kjoule	
Tin steam	=	150	C =	423,15 K
Tout steam	=	100	C =	373,15 K
Cpdt	=	4544,8	Kj/mol.K	
massa steam	=	20,4	kg/jam	

**c. Qloss**

Qloss	=	257,9	Kjoule
-------	---	-------	--------

NP HEATER UDARA (H-05)		
Komponen	Input	Output
Udara	2073,8	4118,0
Air	366,6	3222,7
Subtotal	2440,4	7340,7
Q loss		257,9
Beban Pemanas	5158,3	
Total	7598,6	7598,6

**14. COOLING CONVEYOR (CC-01)**

Fungsi : untuk mendinginkan produk asam oksalat dihidrat.

**a.  $\Delta H_{2rd-out}$  dan  $\Delta H_{1cc-out}$** 

Komponen	$\Delta H_{2rd-out}$	$\Delta H_{1cc-out}$ at 303,2K		
	at 363,2K	Mol	Cp	$\Delta H_{1cc-out}$
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	65066,8	7,98	549,4	4383,4
H <sub>2</sub> O	1245,6	0,24	377,5	89,3
Total	66312,4	8,21	926,9	4472,7

**b. Qcooling water**

$$\begin{aligned} \text{panas masuk} &= \text{panas keluar} + \Delta H_{2rd-out} \\ &= \Delta H_{1cc-out} + Q_{cooling water} \end{aligned}$$

$$Q_{cooling water} = 61839,7 \text{ Kjoule}$$

**Kebutuhan cooling water :**

$$T_{in} = 30 \text{ C} = 303,15 \text{ K}$$

$$T_{out} = 45 \text{ C} = 318,15 \text{ K}$$

$$C_p \text{ H}_2\text{O at 30C} = 4,18E+00 \text{ KJ/kg.K}$$

(ref Cp: geankoplis 2003 app A.2-5)

Q



massa = 986,0 kg/jam

NP COOLING CONVEYOR (CC-01)		
Komponen	Input	Output
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	65066,8	4383,4
$H_2O$	1245,6	89,3
Subtotal	66312,4	4472,7
Beban Pendingin		61839,7
Total	66312,4	66312,4

## NERACA PANAS AKTUAL

### 1. MIXER (M-01)

Fungsi : mengencerkan  $C_6H_{12}O_6$  menjadi 60%

Komponen	Input				Output
	Arus 1	Arus 2	Arus 10	Arus 12	Arus 3
$C_6H_{12}O_6$	2631,4	0,0	58,5	233,9	2923,8
$H_2O$	1600,8	0,0	1433,0	4585,5	7619,3
$V_2O_5$	0,0	0,0	8,6	0,0	8,6
$C_2H_2O_4$	0,0	0,0	366,0	1463,9	1829,8
Subtotal	4232,3	0,0	1866,0	6283,3	12381,6
Total	12381,6				12381,6

### 2. HEATER 1 (HE-01)

Fungsi : pemanasan awal (preheater) untuk arus 3 sebagai umpan reaktor R-01.

Komponen	Input	Output
$C_6H_{12}O_6$	2923,8	26898,9
$H_2O$	7619,3	69841,1
$V_2O_5$	8,6	79,4
$C_2H_2O_4$	1829,8	16834,6
Subtotal	12381,6	113654,0
Q loss		5330,1
Beban pemanas	106602,6	
Total	118984,1	118984,1

## 3. HEATER 2 (H-02)

Fungsi : pemanasan awal (preheater) untuk arus 4 sebagai umpan reaktor R-01.

Komponen	Input	Output
HNO <sub>3</sub>	8168,6	76344,3
H <sub>2</sub> O	14111,1	129347,3
Subtotal	22279,7	205691,6
Q loss	0,0	9653,3
Beban pemanas	193065,2	0,0
Total	215344,9	215344,9

## 4. REAKTOR (R-01)

Fungsi : mengkonversi C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> dan HNO<sub>3</sub> menjadi C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O oleh V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Komponen	Input			Output
	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	26898,9		0,0	2689,9
H <sub>2</sub> O	69841,1	129347,3	0,0	249079,5
HNO <sub>3</sub>		76344,3	0,0	1687,5
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	79,4		0,0	79,4
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	16834,6		0,0	47013,0
NO			0,0	19877,2
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O			0,0	0,0
Subtotal	113654,0	205691,6	0,0	320426,4
Panas Reaksi	26236,5			
Beban Pendingin				25155,8
Total	345582,2			345582,2

## 5. EVAPORATOR (EV-01)

Fungsi : untuk memekatkan larutan C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

Komponen	Input	Output	
	Arus 6	Arus 7	Arus 8
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	2689,9		4093,3
H <sub>2</sub> O	249079,5	1827087,5	155696,4
HNO <sub>3</sub>	1687,5	1307,6	0,0
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	79,4		120,8
Komponen	Input	Output	
	Arus 6	Arus 7	Arus 8
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	47013,0		71541,5
NO	19877,2	30256,0	0,0

$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	0,0		0,0
Subtotal	320426,4	1858651,2	231451,982
Q loss			93140,9
Beban Pemanas	1862817,7		
Total	2183244		2183244

## 6. CONDENSOR (E-01)

Fungsi : untuk mengkondensasi  $H_2O$ ,  $HNO_3$ , dan  $NO$ .

Komponen	Input	Output
$H_2O$	1827087,5	270859,4
$HNO_3$	1307,6	998,7
$NO$	30256,0	706525,1
Subtotal	1858651,2	978383,2
Beban pendingin		880268,0
Total	1858651,2	1858651,2

## 7. COOLER 1 (CL-01)

Fungsi : menurunkan suhu arus 8 dari 100C menjadi 70C.

Komponen	Input	Output
$C_6H_{12}O_6$	4093,3	2631,4
$H_2O$	155696,4	100090,9
$V_2O_5$	120,8	77,6
$C_2H_2O_4$	71541,5	45990,9
Subtotal	231452,0	148790,9
Beban pendingin		82661,1
Total	231452,0	231452,0

## 8. CRYSTALLIZER (CR-01)

Fungsi : mengkristalkan slurry  $C_2H_2O_4$ .

Komponen	Input	Output
	Arus 8	Arus 9
$C_6H_{12}O_6$	2631,4	2631,4

H <sub>2</sub> O	100090,9	100090,9
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	77,6	77,6
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	45990,9	245,4
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,0	40969,8
Subtotal	148790,9	144015,1
Beban Pendingin		4775,8
Total	148790,9	148790,9

### 9. COOLER 2 (CL-02)

Fungsi : menurunkan suhu arus 9 dari 70C ke 30C.

Komponen	Input	Output
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	2631,4	292,4
H <sub>2</sub> O	100090,9	11161,7
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	77,6	8,6
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	245,4	27,3
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	40969,8	4383,4
Subtotal	144015,1	15873,3
Beban Pendingin		128141,8
Total	144015,1	144015,1

### 10. CENTRIFUGE 1 (CF-01)

Fungsi : memisahkan kristal C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O dan larutan (mother liquor).

Komponen	Input	Output	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	292,4	58,5	233,9
H <sub>2</sub> O	11161,7	2232,3	8929,3
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8,6	8,6	0,0
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	27,3	5,5	21,8
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	4383,4	0,0	4383,4
Komponen	Input	Output	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
Subtotal	15873,3	2304,9	13568,5
Total	15873,3	15873,3	

### 11. CENTRIFUGE 2 (CF-02)

Fungsi : memisahkan kristal  $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$  dan larutan (mother liquor).

Komponen	Input	Output	
	Arus 11	Arus 12	Arus 13
$C_6H_{12}O_6$	233,9	233,9	0,0
$H_2O$	8929,3	7143,5	1785,9
$V_2O_5$	0,0	0,0	0,0
$C_2H_2O_4$	21,8	21,8	0,0
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	4383,4	0,0	4383,4
Subtotal	13568,5	7399,2	6169,3
Total	13568,5	13568,5	

## 12. ROTARY DRYER (RD-01)

Fungsi : untuk mengeringkan produk hingga menjadi 99%.

Komponen	Input		Output	
	Arus 13	Arus Udara	Arus 14	Arus 15
$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	4383,4	0,0	0,0	65066,8
$H_2O$	1785,9	7020,9	31392,0	1245,6
Udara		293074,9	208560,7	
Subtotal	6169,3	300095,8	239952,6	66312,4
Total	306265,0		306265,0	

## 13. HEATER UDARA (H-05)

Fungsi : untuk memanaskan suhu udara umpan RD-01 sampai dengan 120C.

Komponen	Input	Output
Udara	2073,814	4117,999
Air	366,5548	3222,713
Subtotal	2440,4	7340,7
Q loss		257,9
Komponen	Input	Output
Beban Pemanas	5158,3	
Total	7598,6	7598,6

## 14. COOLING CONVEYOR (CC-01)

Fungsi : untuk mendinginkan produk asam oksalat dihidrat.

Komponen	Input	Output
----------	-------	--------

$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	65066,8	4383,4
$H_2O$	1245,6	89,3
Subtotal	66312,4	4472,7
Beban Pendingin		61839,7
Total	66312,4	66312,4

## LAMPIRAN B

### PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT

Kapasitas produksi = 8.000 ton/tahun  
 Waktu operasi = 24 jam/hari, 330 hari/tahun  
 Satuan massa = kilogram/jam  
 Satuan panas = kilokalori/jam

#### 1. Perancangan Mixer

Fungsi : Melarutkan  $C_6H_{12}O_6$  dengan penambahan air *mother liquor*  
 Type : Silinder vertical dengan head dan bottom berbentuk torispherical  
 Bahan konstruksi : *Carbon steel plate SA-283 grade C*  
 Kondisi operasi :  $T = 30\text{ }^\circ\text{C}$  dan  $P = 1\text{ atm}$

#### Perhitungan :

\*) *Menghitung Viskositas Larutan*

$$\log_{10} \eta_{liq} = A + \frac{B}{T} + CT \quad (\text{Yaws, hal 501})$$

Komponen	A	B	C	D	Viskositas (cP)
$C_6H_{12}O_6$					34
$H_2O$	-10,216	1792,5	0,01773	-1E-05	0,815034
$V_2O_5$					2,01
$C_2H_2O_4$					5,26214

Ref: Toolbox engineering

\*) *Menghitung fraksi volume campuran*

Komponen	Massa	$\rho$	Fraksi	$\rho \cdot x$	Viskositas	k	k.x	Cp at 68C	Cp.x
	(kg/jam)	(kg/m <sup>3</sup> )	(x)		$\mu \cdot x$	(W/m.K)		(kJ/kgmol)	
$C_6H_{12}O_6$	480,62	1323,66	0,398	526,445	13,522	0,150	0,060	10,074	4,007
$H_2O$	363,32	1022,88	0,301	307,525	0,245	0,613	0,184	3,460	1,040
$V_2O_5$	2,40	3778,65	0,002	7,514	0,004	0,380	0,001	6,008	0,012
$C_2H_2O_4$	362,11	1683,97	0,300	504,595	1,577	0,000	0,000	4,186	1,254
Total	1208,45	7809,15	1,000	1346,079	15,348	1,143	0,245	23,728	6,313

$\rho$  campuran :  $1346,1\text{ kg/m}^3 = 83,99\text{ lb/cuft}$

$\mu$  campuran : 15,34 cP

$$F_v \text{ campuran} : 0,8978 \text{ m}^3/\text{jam} = 31,70 \text{ cuft}$$

\*) *Menghitung kapasitas tangki*

$$V \text{ larutan} = 31,704 \text{ Cuft}$$

$$\text{Overdesign} = 20\%$$

$$\begin{aligned} V \text{ tangki} + \text{overdesign} &= 38,0448 \text{ Cuft} && (<10^6 \text{ gallon, termasuk small and} \\ & && \text{medium tank, di Brownell hal 39)} \\ &= 1,0773 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Bentuk tangki yang dipilih adalah Tangki Silinder Tegak Tertutup  
Dengan pertimbangan :

1. Tekanan operasi 1 atm
2. Tekanan hidrostatik tidak terlalu besar
3. Perlu adanya baffle, untuk mengurangi arus putar (swirling) dan mencegah terbentuknya vortex

\*) *Menghitung tinggi dan diameter tangki*

Perbandingan antara diameter dan tinggi mixer yang optimum = 1 : 1  
(D : H = 1 : 1), karena jika digunakan tinggi yang berlebih akan menyebabkan tekanan hidrostatiknya semakin tinggi.

Jenis: silinder tegak dengan alas dan tutup berbentuk torispherical  
(cocok untuk P operasi 15-200 psig) (brownell, 1959, hal 43)

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

$$D = 1,11128 \text{ m}$$

$$= 43,7512 \text{ in}$$

$$= 3,64593 \text{ ft}$$

$$H = 1,11128 \text{ m}$$

$$= 43,7512 \text{ in}$$

$$= 3,64593 \text{ ft}$$

\*) *Menghitung V total mixer*

bentuk mixer adalah vertikal vessel dengan formed head

$$V_{\text{head}}$$

$$= 0,002374775 \text{ cuft}$$

$$V \text{ untuk 2 head} = 0,004749549 \text{ cuft}$$



$$\begin{aligned}
 V_{\text{total mixer}} &= V_{\text{shell}} + V_{\text{head}} \\
 &= 38,04964536 \text{ cuft} \\
 &= 1,077444955 \text{ m}^3 \\
 &= 6,776924668 \text{ barrel}
 \end{aligned}$$

*\*) Menghitung tinggi cairan*

Telah didapatkan spesifikasi reaktor sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 V_{\text{shell}} &= 38,0 \text{ cuft} \\
 V_{\text{head}} &= 0,00237 \text{ cuft} \\
 V_{\text{mixer}} &= 38,04964536 \text{ cuft} \\
 V_{\text{bottom}} &= 0,5 \cdot V_{\text{head}} \\
 &= 0,001187387 \text{ cuft} \\
 V_{\text{cairan dalam shell}} &= V_{\text{mixer}} - V_{\text{bottom}} \\
 &= 38,04845798 \text{ cuft} \\
 \text{Tinggi cairan dalam shell} &= \\
 h_{\text{cairan}} &= \frac{4V_{\text{cairan}}}{\pi D^2} \\
 &= 3,646278597 \text{ ft} \\
 &= 1,111385716 \text{ m}
 \end{aligned}$$

*\*) Menghitung tekanan desain*

$$\begin{aligned}
 H_{\text{silinder}} &= 3,6 \text{ ft} \\
 D_{\text{silinder}} &= 3,6 \text{ ft} \\
 H_{\text{larutan dalam tangki}} &= 3,646278597 \text{ ft} \\
 &= 1,111385716 \text{ m} \\
 P_{\text{operasi}} &= 1 \text{ atm} \\
 P_{\text{hidrostatik}} &= \rho \cdot g \cdot h \\
 &= 14660,92335 \text{ Pascal} \\
 &= 0,144692025 \text{ atm} \\
 \text{Faktor keamanan} &= 25\% \\
 P_{\text{desain}} &= 1,25(P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}) \\
 &= 1,430865031 \text{ atm} \\
 &= 21,03371595 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

*\*) Menghitung tebal plate silinder tangki*

Dirancang menggunakan 304 stainless steel

$$t_s = \frac{P \cdot r}{fE - 0,6P}$$

(Brownell, pers 13.1 hal 254)

Dengan :

Ts	=	tebal shell
R	=	jari - jari
	=	21,87560274 in
E	=	efisiensi pengelasan
	=	0,85
C	=	faktor korosi
	=	0,125
f	=	tegangan yang diizinkan
	=	18750 psi
P	=	21,03371595 psi
Sehingga :		
Ts	=	0,153893481 in
Distandarisasi :	=	0,1875 in

*\*) Menentukan tebal head dan tebal bottom*

Jenis head yang dipilih adalah = Torispherical, dengan alasan :

1. Tekanan operasi antara 15 psig - 200 psig
2. Cocok untuk tangki silinder vertikal/horisontal.

(Brownell, Halaman 88)

Diketahui :

P	=	P desain - P udara luar
	=	6,333715951 psi
OD	=	ID + 2ts
	=	44,05899245 in
Standarisasi OD	=	48 in
Ts	=	0,1875 in

Dari tabel 5.7 hal 90 Brownell, diperoleh :

Icr	=	3 in
R	=	48 in

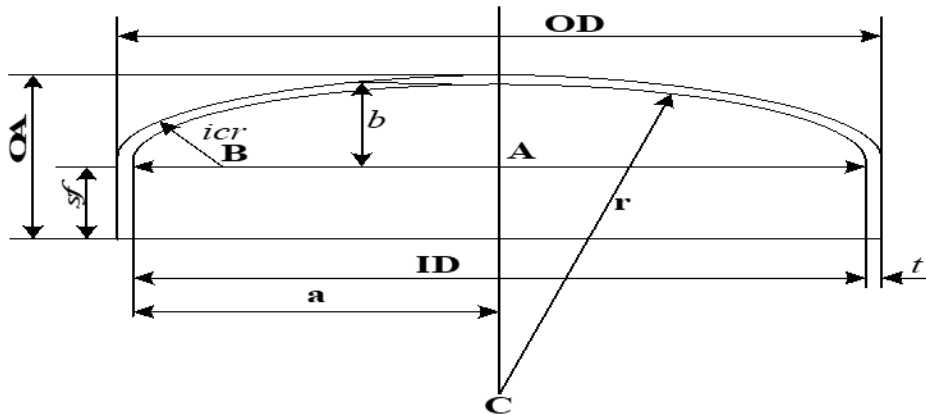
Tebal head dihitung dengan persamaan : (Brownell hal 138 pers. 7.77)

$$t_{\text{head}} = \frac{p \cdot r_c \cdot W}{2fE - 0,2p}$$

$$W = 1,75 \text{ in}$$

Maka,  $t_{\text{head}} = 0,141691868 \text{ in}$   
 tebal head distandarisasi menjadi :  
 $t_{\text{head}} = 0,1875 \text{ in}$

\*) Menghitung tinggi head



Dari tabel 5.8 hal 93 Brownell, diperoleh :

$$Sf = 2 \text{ in}$$

persamaan hal 87 Brownell :

$$a = \frac{ID}{2} = 21,87560274 \text{ in}$$

$$BC = r = 45 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} = 18,87560274 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2} = 40,84986684 \text{ in}$$

$$b = r \frac{AC}{BC} = 7,150133158 \text{ in}$$

$$OA = t_{\text{head}} + b + sf$$

$$\begin{aligned}
 &= 9,291825025 \text{ in} \\
 &= 0,774318752 \text{ ft} \\
 &= 0,236012356 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi, tinggi mixer total :

$$\begin{aligned}
 \text{H mixer total} &= \text{H silinder} + (2 \cdot \text{H head}) \\
 &= 62,33485554 \text{ in} \\
 &= 5,194571295 \text{ ft} \\
 &= 1,583305331 \text{ m}
 \end{aligned}$$

*\*) Menentukan jumlah dan jenis pengaduk*

Dipilih : Turbin, karena :

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

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

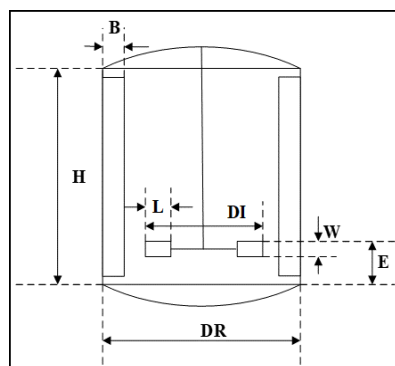
1. Mempunyai efisiensi yang besar untuk campuran
2. Mempunyai kapasitas pemompaan yang besar
3. Pencampuran sangat baik.
4. Memiliki jangkauan viskositas yang luas.

**(Ludwig, 1991, Volume I, Halaman 305)**

Perbandingan ukuran, umumnya:

$$D_i/DR = 1/3 \qquad W = D_i/5$$

$$E/D_i = 1 \qquad L = D_i/4$$



Keterangan			
Diameter mixer	DR	1,11128	m
Diameter pengaduk	Di	0,37043	m
Pengaduk dari dasar	E	0,37043	m
Tinggi pengaduk	W	0,07409	m
Lebar pengaduk	L	0,09261	m
Lebar baffle	B	0,11113	m

\*) Menghitung jumlah impeler (pengaduk)

dimana WELH adalah Water Equivalen Liquid High

$$\begin{aligned} \text{WELH} &= \text{tinggi cairan} \cdot \text{sg} \\ &= \text{tinggi cairan} \cdot (\rho \text{ cairan} / \rho \text{ air}) \\ &= 1,502503402 \text{ m} \\ \Sigma \text{ impeller} &= \text{WELH} / D \\ &= 1,352046797 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Putaran} &= \text{WELD} / 2 \cdot \text{Di} \\ \text{pengaduk} &= \pi \cdot \text{Di} \cdot N / 600 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= \frac{600}{\pi \cdot \text{Di}} \cdot \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 \cdot \text{Di}}} \\ N &= 223,9110727 \text{ rpm} \\ &= 3,731851212 \text{ rps} \end{aligned}$$

\*) Menentukan power pengadukan

$$\begin{aligned} \text{NRe} &= \frac{\rho \cdot N \cdot \text{Di}^2}{\mu} \\ &= (\text{geankoplis hal 145}) \end{aligned}$$

Dengan :

$$\begin{aligned} N &= 3,731851212 \text{ rps} \\ \rho &= 83,99530787 \text{ lb/cuft} \\ \mu &= 15,34822148 \text{ cP} \\ &= 0,010313529 \text{ lb/ft.s} \\ \text{Di} &= 0,370426873 \text{ m} \\ &= 1,215311264 \text{ ft} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\text{Nre} = 44889,74235$$

Dari hasil Nre melalui grafik Geankoplis hal 145 dengan menggunakan curve 1 maka diperoleh:

$$N_p = 5$$

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

$$P = \frac{P}{3,2675109 \text{ Hp}} = \frac{N^3 \cdot D_i^5 \cdot \rho \cdot N_p}{3,2675109 \text{ Hp}}$$

Diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{efisiensi motor} &= 0,85 && (\text{fig. 14.38, Peters, hal 521}) \\ &3,844130471 \text{ Hp} \\ \text{Safety factor} &= 20\% \\ P &= 4,6E+00 \text{ Hp} \end{aligned}$$

### Spesifikasi :

Nama Alat :	Mixer
Kode :	Mx-01
Fungsi :	Mengencerkan larutan glukosa menjadi 60%
Bentuk :	Silinder vertikal dengan head dan bottom berbentuk torispherical
Bahan :	304 Stainless Steel
Diameter shell :	1,11128 m
Tinggi shell :	1,11128 m
Volume shell :	38,0449 cuft = 1,077 m <sup>3</sup>
Volume head :	0,0024 cuft = 0,0001 m <sup>3</sup>
Volume mixer :	38,0496 cuft = 1,077445 m <sup>3</sup>
Tinggi mixer total :	1,58331 m
Jenis pengaduk :	turbin dengan 6 blade disk standar
Jumlah pengaduk :	2 buah
Putaran pengaduk :	223,911 rpm
Power (P) :	9,22591 Hp

## 2. Perancangan Tangki Asam Nitrat

Fungsi = Menyimpan bahan baku asam nitrat

Tujuan perancangan =

1. Menentukan jenis tangki
2. Menentukan bahan konstruksi yang digunakan
3. Menentukan dimensi tangki

Memilih tipe tangki: Tipe tangki silinder tegak tertutup dengan pertimbangan

1. Tekanan 1 atm
2. Suhu operasi 30°C
3. Kontruksi sederhana sehingga ekonomis

Memilih bahan konstruksi :

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Stainless steel 304* dengan alasan :

1. Bahan yang disimpan adalah asam kuat
2. Tahan lama dan tahan korosi (Brownell, hal 342)

### Perhitungan :

#### Menentukan dimensi tangki

\*) *Menghitung fraksi volume campuran*

kondisi operasi :

$$\begin{array}{lclcl} T & : & 30 & C & = & 303,15 & K \\ P & : & 1 & atm & & & \end{array}$$

Komponen	Input	P	Fraksi	$\rho \cdot x$
	(kg/jam)	(kg/m <sup>3</sup> )	(x)	
HNO <sub>3</sub>	929,206	1500,3544	0,58	870,206
H <sub>2</sub> O	672,873	1022,8753	0,42	429,608
Total	1602,08		1	1299,81

$$1 \text{ kg/m}^3 = 0,0624 \text{ lb/cuft}$$

$$1 \text{ m}^3 = 35,3147 \text{ cuft}$$

Jadi,

$$\rho \text{ campuran} = 1299,81 \text{ kg/m}^3 = 81,1083 \text{ lb/cuft}$$

$$F_v \text{ campuran} = 1,23255 \text{ m}^3/\text{jam} = 43,527 \text{ cuft/jam}$$

\*) *Menghitung kapasitas tangki*

Lama penyimpanan = 7 Hari

Jumlah tangki = 2 Buah (1 standby, jika 1 beroperasi, 1 diisi)

V larutan 1 tangki, 7 hari = 7312,5307 cuft

$$\begin{aligned} \text{Overdesign} &= 20\% \\ V \text{ tangki} + \text{overdesign} &= 8775,0368 \text{ cuft} \\ & (<10^6 \text{ gallon, termasuk small and medium tank, di Brownell hal 39}) \\ &= 248,48114 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

\*) *Menghitung tinggi dan diameter tangki*

$$\begin{aligned} 1 \text{ ft} &= 12 \text{ in} \\ 1 \text{ ft} &= 0,3048 \text{ m} \\ 1 \text{ bbl} &= 0,1589873 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

karena termasuk small and medium tank maka berdasarkan persamaan (3.1) di Brownell hal 41 :

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

karena termasuk small and medium tank maka H=D di Brownell hal 43, jadi persamaannya :

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

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } D &= 22,35938 \text{ ft} \\ &= 268,31256 \text{ in} \\ &= 6,8151391 \text{ m} \\ H &= 22,35938 \text{ ft} \\ &= 268,31256 \text{ in} \\ &= 6,8151391 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk standarisasi diameter, tinggi dan kapasitas tangki mengikuti ukuran standar.

Berdasarkan Appendix E item 1 Brownell hal 346, ukuran tersebut adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} D &= 25 \text{ ft} = 300 \text{ in} \\ H &= 25 \text{ ft} = 300 \text{ in} \end{aligned}$$

\*) *Menghitung tinggi cairan*

Karena bagian tutup bawah berupa plate, tinggi larutan dapat dihitung sebelum menghitung volume tutupan

$$\begin{aligned} H \text{ larutan} &= (V \text{ larutan dalam tangki}) / ((1/4) \cdot \pi \cdot D^2) \\ &= 17,885425 \text{ ft} \end{aligned}$$

\*) *Menghitung tekanan desain*

$$H \text{ silinder} = 25 \text{ ft}$$



$$\begin{aligned}
 D \text{ silinder} &= 25 \text{ ft} \\
 H \text{ larutan dalam tangki} &= 17,885425 \text{ ft} \\
 &= 5,4514777 \text{ m} \\
 P \text{ operasi} &= 1 \text{ atm} \\
 P \text{ hidrostatik} &= \rho \cdot g \cdot h \\
 &= 69441,845 \text{ Pascal} \\
 &= 0,6853375 \text{ atm} \\
 \text{Faktor keamanan} &= 25\% \\
 P \text{ desain} &= 1,25(P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik}) \\
 &= 2,1066719 \text{ atm} \\
 &= 30,968077 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

*\*) Menghitung tebal plate silinder tangki*

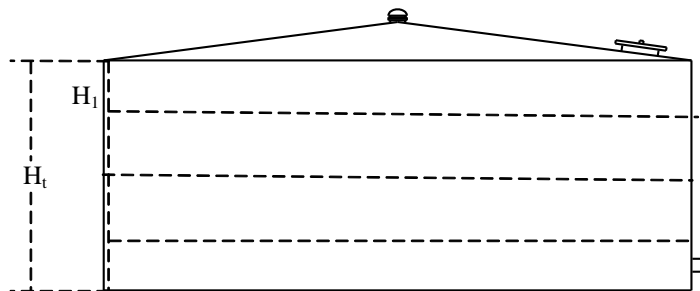
Dari Appendix E item 1 Brownell menggunakan 72 in atau 6 ft *butt welded course*.

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah plate ke atas} &= H/\text{butt welded course} \\
 &= 4,2 \text{ plat} \\
 \text{Jumlah plat ke samping} &= D/10 \\
 &= 2,5 \text{ plat}
 \end{aligned}$$

Maka tangki dirancang terdiri dari 2 plat/n melingkar, 4 plat tersusun vertical, tebal sambungan yang diijinkan adalah : (Brownell hal 347)

$$\text{Tebal yang diijinkan} = 0,1875 \text{ in}$$



Tebal dinding tangki dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$t_s = (p \cdot d / (2 \cdot f \cdot E)) + c \quad (\text{pers. 3.16, Brownell hal 45})$$

dengan :

$$t_s = \text{tebal shell}$$

$$f = \text{tekanan yang diijinkan untuk bahan konstruksi 304 stainless steel}$$

$$= 18750 \text{ psi} \quad (\text{Brownell, appendix D hal 342})$$

- $E =$  efisiensi pengelasan, dipilih *double welded butt joint*  
 $= 0,8$  (Brownell, tabel 13.2 hal 254)  
 $d =$  diameter tangki  
 $C =$  faktor korosi pakai 1/8 in  
 $= 0,125$  in  
 $P =$  tekanan internal  
 $= (p \cdot (H-1))/144$  (Brownell, pers 3.17 hal 46)  
 $\rho =$  densitas campuran pada 30 C  
 $= 81,108343$  lb/cuft  
 $H =$  tinggi course  
 $= 6$  ft

sehingga untuk penyelesaian persamaannya :

course 1

$$ts\ 1 = 0,1357957 \text{ in}$$

tebal shell distandarisasi dari appendix E item 2 Brownell untuk plat dengan 72 in atau 6 ft butt welded course.

menjadi :  $ts1 = 0,1875$  in

course 2

$$ts2 = 0,1329794 \text{ in}$$

ts2 terstandarisasi  $= 0,1875$  in

course 3

$$ts3 = 0,1301631 \text{ in}$$

ts3 terstandarisasi  $= 0,1875$  in

course 4

$$ts4 = 0,1273469 \text{ in}$$

ts4 terstandarisasi  $= 0,1875$  in

Direncanakan menggunakan 3 plat untuk tiap course dan allowance untuk vertical - welded joint (jarak sambungan antar plat vertikal) =  $5/32$  in = 0,15625

$L = (\pi d - \text{weld length})/12n$  dengan :

$l =$  panjang tiap plate

$d =$  diameter dalam tangki + tebal shell

$n =$  jumlah plat

weld length = n.allowable welded joint

plate ke -	H (ft)	ts (in)	t standar (in)	L (ft)
------------	--------	---------	----------------	--------

1	24	0,1358	0,1875	31,4066
2	18	0,13298	0,1875	31,4066
3	12	0,13016	0,1875	31,4066
4	6	0,12735	0,1875	31,4066

Sehingga untuk tinggi (H) yang berbeda digunakan tebal plat yang berbeda pula.

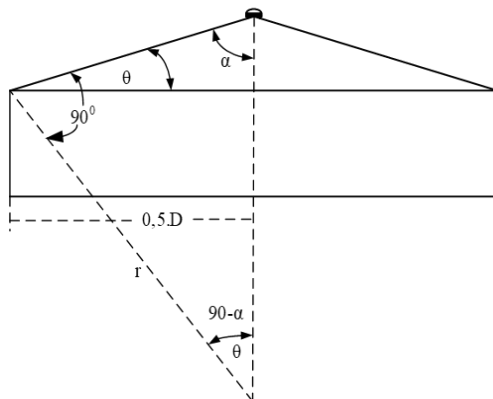
$$\begin{aligned} \text{tebal shell} &= 0,1875 \text{ in} \\ \text{OD} &= \text{ID} + 2 \text{ ts} \\ &= 300,375 \text{ in} = 25 \text{ ft} \\ \text{Hs} &= \text{ID} \\ &= 300 \text{ in} = 25 \text{ ft} \end{aligned}$$

\*) Menghitung top angle untuk conical roof

top angle untuk conical roof dengan diameter 35 ft atau kurang adalah, (Brownell, hal 53) =  $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$

bila menggunakan 3 buah plat untuk top angle, maka panjang tiap section :

$$\begin{aligned} L &= (\pi d - \text{weld length})/12n \quad (\pi d - \text{weld length})/12n \\ &= 31,413146 \text{ Ft} \end{aligned}$$



$$\sin \theta = D/430.t \text{ (Brownell pers)}$$

dengan :

$$D = \text{diameter tangki standar, ft}$$

$$t = \text{cone shell thickness, in}$$

sehingga penyelesaiannya :

$$\sin \theta = 0,2325581$$

$$\begin{aligned}\theta &= 0,2304675 \text{ Rad} \\ &= 13,204818^\circ\end{aligned}$$

\*) Menghitung tinggi dan tebal head tangki

#### Tebal conis

Tebal conical head dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}Th &= \frac{Pd \times D}{2\cos \theta((f.E) - (0,6.Pd))} \\ &= 0,1515405 \text{ in}\end{aligned}$$

tebal terstandarisasi = 0,1875 in

#### Tinggi conis

tinggi conical head dapat dihitung menggunakan rumus aturan tangensial :

$$\begin{aligned}\tan \theta &= Hh/0,5.D \\ Hh &= \tan \theta*(0,5.D) \\ &= 2,9 \text{ ft}\end{aligned}$$

\*) Menghitung tinggi tangki

$$\begin{aligned}\text{Jadi tinggi total tangki} &= H \text{ tutup} + H \text{ tangki} \\ &= 28 \text{ ft} \\ &= 9 \text{ m}\end{aligned}$$

### 3. Perancangan Tangki Glukosa

Fungsi = Menyimpan bahan baku Glukosa

Tujuan perancangan =

1. Menentukan jenis tangki
2. Menentukan bahan konstruksi yang digunakan
3. Menentukan dimensi tangki

Memilih tipe tangki: Tipe tangki silinder tegak tertutup dengan pertimbangan

1. Tekanan 1 atm
2. Suhu operasi 30°C
3. Kontruksi sederhana sehingga ekonomis

Memilih bahan konstruksi :

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Carbon steel plate SA-283 grade C* dengan alasan :

1. Tahan lama dan tahan korosi (Brownell, hal 342)

#### **Perhitungan :**

#### **Menentukan dimensi tangki**

\*) Menghitung fraksi volume campuran

kondisi operasi :

T : 30 C = 303,15 K

P : 1 atm

Komponen	Input	$\rho$	Fraksi	$\rho \cdot x$
	(kg/jam)	(kg/m <sup>3</sup> )	(x)	
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	432,561	1323,664	0,85	1125,11
H <sub>2</sub> O	76,3343	1022,87527	0,15	153,431
Total	508,896		1	1278,55

$$1 \text{ kg/m}^3 = 0,0624 \text{ lb/cuft}$$

$$1 \text{ m}^3 = 35,3147 \text{ cuft}$$

Jadi,

$$\rho \text{ campuran} = 1278,55 \text{ kg/m}^3 = 79,7812 \text{ lb/cuft}$$

$$F_v \text{ campuran} = 0,39803 \text{ m}^3/\text{jam} = 14,0562 \text{ cuft/jam}$$

\*) Menghitung kapasitas tangki

$$\text{Lama penyimpanan} = 7 \text{ Hari}$$

$$\text{Jumlah tangki} = 2 \text{ Buah (1 standby, jika 1 beroperasi, 1 diisi)}$$

$$V \text{ larutan 1 tangki, 7 hari} = 2361,44224 \text{ Cuft} = 188399 \text{ lb}$$

$$\text{Overdesign} = 20\%$$

$$V \text{ tangki + overdesign} = 2833,73069 \text{ cuft}$$

$$= 80,2422415 \text{ m}^3$$

\*) Menghitung tinggi dan diameter tangki

$$1 \text{ ft} = 12 \text{ in}$$

$$1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m}$$

$$1 \text{ bbl} = 0,1589873 \text{ m}^3$$

karena termasuk small and medium tank maka berdasarkan persamaan (3.1) di Brownell hal 41 :

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

karena termasuk small and medium tank maka H=D di Brownell hal 43, jadi persamaannya :

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

$$\text{Jadi, } D = 15,340 \text{ ft}$$

$$= 184,082 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4,676 \text{ m} \\
 H &= 15,340 \text{ ft} \\
 &= 184,082 \text{ in} \\
 &= 4,676 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk standarisasi diameter, tinggi dan kapasitas tangki mengikuti ukuran standar. Berdasarkan Appendix E item 1 Brownell hal 346, ukuran tersebut adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 D &= 20 \text{ ft} = 240 \text{ in} \\
 H &= 20 \text{ ft} = 240 \text{ in} \\
 V &= 670 \text{ bbl} = 106,521 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

*\*) Menghitung tinggi cairan*

Karena bagian tutup bawah berupa plate, tinggi larutan dapat dihitung sebelum menghitung volume tutupan.

$$\begin{aligned}
 H \text{ larutan} &= (V \text{ larutan dalam tangki}) / ((1/4) * \pi * D^2) \\
 &= 9,02462002 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

*\*) Menghitung tekanan desain*

$$\begin{aligned}
 H \text{ silinder} &= 20 \text{ ft} \\
 D \text{ silinder} &= 20 \text{ ft} \\
 H \text{ larutan} &= 9,02462002 \text{ ft} \\
 \text{dalam tangki} &= 2,75070418 \text{ m} \\
 P \text{ operasi} &= 1 \text{ atm} \\
 P \text{ hidrostatik} &= \rho \cdot g \cdot h \\
 &= 34465,6216 \text{ Pascal} \\
 &= 0,34014915 \text{ atm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor} &= 25\% \\
 \text{keamanan} &=
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ desain} &= 1,25(P \text{ operasi} + P \\
 &\text{hidrostatik}) \\
 &= 1,67518643 \text{ atm} \\
 &= 24,6252406 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

*\*) Menghitung tebal plate silinder tangki*

Dari Appendix E item 1 Brownell menggunakan 72 in atau 6 ft *butt welded*

course.

Sehingga :

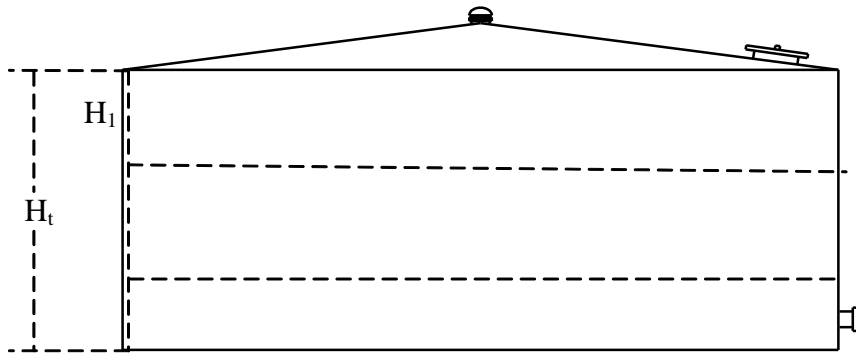
$$\begin{aligned} \text{Jumlah plate ke atas} &= H/\text{butt welded course} \\ &= 3 \text{ plat} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah plat ke samping} &= D/10 \\ &= 2 \text{ plat} \end{aligned}$$

Maka tangki dirancang terdiri dari 3 plat/n melingkar, 5 plat tersusun vertical,

tebal sambungan yang diijinkan adalah : (Brownell hal 347)

$$\text{Tebal yang diijinkan} = 0,1875 \text{ in}$$



Tebal dinding tangki dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$t_s = (p.d/(2.f.E))+c \quad (\text{pers. 3.16, Brownell hal 45})$$

dengan :

$t_s$  = tebal shell

$f$  = tekanan yang diijinkan untuk bahan konstruksi carbon steel  
= 9000 psi (Brownell, appendix D hal 335)

$E$  = efisiensi pengelasan, dipilih *double welded butt joint*  
= 0,8 (Brownell, tabel 13.2 hal 254)

$D$  = diameter tangki

$C$  = faktor korosi pakai 1/8 in  
= 0,125 in

$P$  = tekanan internal  
=  $(\rho.(H-1))/144$  (Brownell, pers 3.17 hal 46)

$\rho$  = densitas campuran pada 30 C  
= 79,7812327 lb/cuft

$H$  = tinggi course  
= 6 ft

sehingga untuk penyelesaian persamaannya :

course 1

$$ts_1 = \frac{0,1380814}{1} \text{ in}$$

tebal shell distandarisasi dari appendix E item 2 Brownell untuk plat dengan 72 in atau 6 ft butt welded course.

menjadi  $ts_1 = 0,1875 \text{ in}$

course 2

$$ts_2 = \frac{0,1334644}{4} \text{ in}$$

$ts_2$  terstandarisasi =  $0,1875 \text{ in}$

course 3

$$ts_3 = \frac{0,1288474}{7} \text{ in}$$

$ts_3$  terstandarisasi =  $0,1875 \text{ in}$

Direncanakan menggunakan 2 plat untuk tiap course dan allowance untuk vertical -

welded joint (jarak sambungan antar plat vertikal) =  $\frac{5}{32} \text{ in} = 0,15625$

$$L = \frac{(\pi d - \text{weld length})}{12n}$$

dengan :

$L$  = panjang tiap plate

$d$  = diameter dalam tangki + tebal shell

$n$  = jumlah plat

weld length = n.allowable welded joint

plate ke -	H (ft)	ts (in)	t standar (in)	L (ft)
1	18	0,13808	0,1875	31,4115
2	12	0,13346	0,1875	31,4115
3	6	0,12885	0,1875	31,4115

Sehingga untuk tinggi (H) yang berbeda digunakan tebal plat yang berbeda pula.

tebal shell =  $0,1875 \text{ in}$

OD = ID + 2 ts



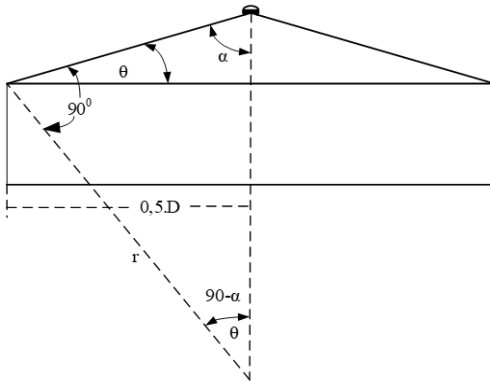
$$\begin{aligned}
 &= 240,375 \text{ in} \\
 H_s &= ID \\
 &= 240 \text{ in}
 \end{aligned}$$

\*) *Menghitung top angle untuk conical roof*

top angle untuk conical roof dengan diameter 35 ft atau kurang adalah :  
(Brownell, hal 53) =  $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$  in

bila menggunakan 3 buah plat untuk top angle, maka panjang tiap section :

$$L = (\pi d - \text{weld length})/12n = 31,4196875 \text{ ft}$$



$$\sin \theta = D/430.t \quad (\text{Brownell pers 4.6 hal 64})$$

dengan :

$$\begin{aligned}
 D &= \text{diameter tangki standar, ft} \\
 t &= \text{cone shell thickness, in}
 \end{aligned}$$

sehingga penyelesaiannya :

$$\begin{aligned}
 \sin \theta &= 0,18604651 \\
 \theta &= 0,18497509 \text{ rad} \\
 &= 10,5982918^\circ
 \end{aligned}$$

\*) *Menghitung tinggi dan tebal head tangki*

Tebal conis

Tebal conical head dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}
 th &= \frac{Pd \times D}{2\cos \theta((f.E) - (0,6.Pd))} \\
 &= 0,15986685 \text{ in}
 \end{aligned}$$

tebal terstandarisasi = 0,1875 in

Tinggi conis

tinggi conical head dapat dihitung menggunakan rumus aturan tangensial :

$$\begin{aligned}\tan \theta &= Hh/0,5.D \\ Hh &= \tan \theta*(0,5.D) \\ &= 1,9 \text{ ft}\end{aligned}$$

\*) Menghitung tinggi tangki

Jadi tinggi total tangki = H tutup + H tangki = 22 ft = 7 m

#### 4. Reaktor

- Fungsi : Tempat terjadinya reaksi antara asam nitrat dan glukosan membentuk asam Oksalat
- Tipe : Tangki alir berpengaduk
- Bentuk : *Silinder vertical* dengan alas tutup *torispherical*
- Bahan : *Stainless steel 167 SA-304*
- Kondisi operasi : \*T = 1 atm  
\*Suhu Operasi = 71°C  
\*Waktu tinggal = 30 menit

#### Perhitungan :

\*) Menghitung Waktu Reaksi

Komponen	Laju Massa		Laju Mol			$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Fv (m <sup>3</sup> /jam)	x. $\rho$	Viskositas ( $\mu$ )	$\mu.x$
	Massa	Fraksi	Mula - mula	Reaksi	Produk					
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	48,06	0,02	2,67	2,40	0,27	1489,59	0,03	25,47	7,00	0,12
H <sub>2</sub> O	1295,73	0,46	57,57	14,42	71,98	987,15	1,31	455,10	0,40	0,18
HNO <sub>3</sub>	20,54	0,01	14,74	14,42	0,33	1434,45	0,01	10,48	0,50	0,00
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,40	0,00	0,01	0,00	0,01	4252,30	0,00	3,64	1,12	0,00
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1011,24	0,36	4,02	7,21	11,23	1634,31	0,62	588,03		0,00
NO	432,56	0,15	0,00	14,42	14,42	399,83	1,08	61,54	0,00	0,00
Total	2810,53	1,00	79,02	52,87	98,24	10197,63	3,06	1144,26	9,02	0,31

$$\begin{aligned}\rho \text{ campuran} &= 1144,3 \text{ kg/m}^3 \\ &= 71,4019348 \text{ lb/cuft} \\ Fv &= 3,1 \text{ m}^3/\text{jam} = 108,075 \text{ cuft} \\ &= 3060,36514 \text{ L/jam} \\ \mu \text{ campuran} &= 0,30718665 \text{ cP} \\ \underline{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \\ \text{Cao} &= 0,8725 \text{ mol/L} \\ \text{Ca} &= 0,7852 \text{ mol/L} \\ \underline{\text{HNO}_3} \\ \text{Cbo} &= 4,8179 \text{ mol/L}\end{aligned}$$

$C_b$	=	4,7114	mol/L
$X_a$	=	0,99	
$k$	=	0,00089	L/mol.menit

Orde 2 :

$$(-r_a) = k \cdot C_A \cdot C_B^2 \quad (\text{levenspiel, hal 99})$$

$$\frac{V}{F_v} = \frac{X_a}{(-r_a)} \quad (\text{levenspiel, hal 94})$$

$$t = \frac{C_{A0} \cdot X_a}{(-r_a)}$$

$$t = 56 \text{ menit}$$

$$= 0,93 \text{ jam}$$

\*) Menghitung kapasitas tangki

V larutan	=	108,075877	Cuft	
overdesign	=	20%		
V tangki + overdesign	=	129,691052	Cuft	(<math>10^6</math> gallon, termasuk small and medium tank, di Brownell hal 39)
	=	3,67243817	m <sup>3</sup>	

\*) Menghitung tinggi dan diameter tangki

Perbandingan antara diameter dan tinggi mixer yang optimum = 1 : 1 (D : H = 1 : 1), karena jika digunakan tinggi yang berlebih akan menyebabkan tekanan hidrostatisnya semakin tinggi.

Jenis: silinder tegak dengan alas dan tutup berbentuk torispherical (cocok untuk P operasi 15-200 psig) (brownell, 1959, hal 43)

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

$$D = 1,67 \text{ m}$$

$$= 65,85 \text{ in}$$

$$= 5,49 \text{ ft}$$

$$H = 1,67 \text{ m}$$

$$= 65,85 \text{ in}$$

$$= 5,49 \text{ ft}$$

\*) Menghitung V total reaktor

bentuk mixer adalah vertikal vessel dengan formed head

$$\begin{aligned}
 V_{\text{head}} & \quad \text{(Brownell, hal 88)} \\
 & = 0,00809536 \text{ cuft} \\
 V \text{ untuk 2 head} & = 0,01619071 \text{ cuft} \\
 V_{\text{total reaktor}} & = V_{\text{shell}} + V_{\text{head}} \\
 & = 129,707243 \text{ cuft} \\
 & = 3,67289664 \text{ m}^3 \\
 & = 23,1018241 \text{ barrel}
 \end{aligned}$$

\*) *Menghitung tinggi cairan*

Telah didapatkan spesifikasi reaktor sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 V_{\text{shell}} & = 129,7 \text{ cuft} \\
 V_{\text{head}} & = 0,00810 \text{ cuft} \\
 V_{\text{mixer}} & = 129,707243 \text{ cuft} \\
 V_{\text{bottom}} & = 0,5 \cdot V_{\text{head}} \\
 & = 0,00404768 \text{ cuft} \\
 V_{\text{cairan dalam shell}} & = V_{\text{mixer}} - V_{\text{bottom}} \\
 & = 129,703195 \text{ cuft} \\
 \text{Tinggi cairan dalam shell} & =
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_{\text{cairan}} & \\
 & = \frac{4V_{\text{cairan}}}{\pi D^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & = 5,48766662 \text{ ft} \\
 & = 1,67264079 \text{ m}
 \end{aligned}$$

\*) *Menghitung tekanan desain*

$$\begin{aligned}
 H_{\text{silinder}} & = 5,5 \text{ ft} \\
 D_{\text{silinder}} & = 5,5 \text{ ft} \\
 H_{\text{larutan dalam tangki}} & = 5,48766662 \text{ ft} \\
 & = 1,67264079 \text{ m} \\
 P_{\text{operasi}} & = 1 \text{ atm} \\
 P_{\text{hidrostatik}} & = \rho \cdot g \cdot h \\
 & = 18756,6014 \text{ Pascal} \\
 & = 0,18511321 \text{ atm} \\
 \text{Faktor keamanan} & = 25\% \\
 P_{\text{desain}} & = 1,25(P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}) \\
 & = 1,48139152 \text{ atm} \\
 & = 21,7764553 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

\*) *Menghitung tebal plate silinder tangki*

Dirancang menggunakan 304 stainless steel, (Brownell, pers 13.1 hal 254)

$$t_s = \frac{P \cdot r}{fE - 0,6P}$$

Dengan :

$t_s$	=	tebal shell
$r$	=	jari - jari
	=	32,9228861 in
$E$	=	efisiensi pengelasan
	=	0,85
$C$	=	faktor korosi
	=	0,125
$f$	=	tegangan yang diizinkan
	=	18750 psi (Brownell hal 342)
$P$	=	21,7764553 psi

Sehingga :

$t_s$	=	0,17002162 in
Distandarisasi	=	0,1875 in

\*) *Menentukan tebal head dan tebal bottom*

Jenis head yang dipilih adalah Torispherical, dengan alasan :

1. Tekanan operasi antara 15 psig - 200 psig.
2. Cocok untuk tangki silinder vertikal/horisontal (Brownell, Halaman 88)

Diketahui :

$P$	=	$P$ desain - $P$ udara luar
	=	7,07645529 psi
$OD$	=	$ID + 2t_s$
	=	66,1858155 in
Standarisasi	=	72 in
$OD$	=	72 in (Brownell hal 90)
$t_s$	=	0,1875 in

Dari tabel 5.7 hal 90 Brownell, diperoleh :

$i_c r$	=	4,375 in
$r$	=	72 in

Tebal head dihitung dengan persamaan : (Brownell hal 138 pers. 7.77)

$$t_{\text{head}} = \frac{p \cdot r_c \cdot W}{2fE - 0,2p}$$

$$w = \frac{W}{1000 \sqrt{1000000}} = 1,76418511 \text{ in}$$

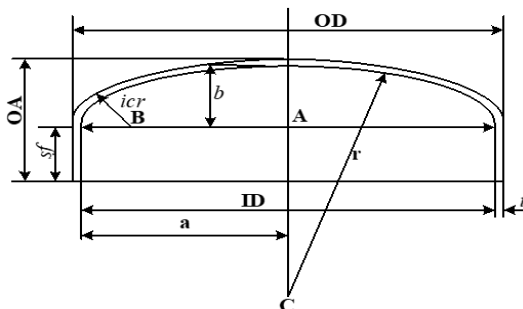
maka :

$$t \text{ head} = 0,1532008 \text{ in}$$

tebal head distandarisasi menjadi :

$$t \text{ head} = 0,1875 \text{ in}$$

\*) Menghitung tinggi head



Dari tabel 5.8 hal 93 Brownell, diperoleh :

$$Sf = 2 \text{ in}$$

persamaan hal 87 Brownell :

$$a = \frac{ID}{2} = 32,9228861 \text{ in}$$

$$BC = r = 67,625 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} = 28,5478861 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2} = 61,3038239 \text{ in}$$

$$b = r \frac{AC}{BC} = 10,6961761 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} OA &= t \text{ head} + b + sf \\ &= 12,8493769 \text{ in} \\ &= 1,07078141 \text{ ft} \\ &= 0,32637417 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, tinggi reaktor total :

$$H \text{ reaktor total} = H \text{ silinder} + (2 * H \text{ head})$$

$$= 91,5445261 \text{ in}$$

$$= 7,6287105 \text{ ft}$$

$$= 2,32523096 \text{ m}$$

\*) Menentukan jumlah dan jenis pengaduk

Dipilih : Turbin, karena :

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

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 305)**

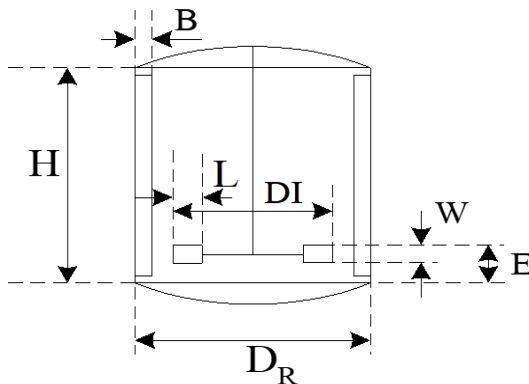
Perbandingan ukuran, umumnya:

$$D_i/DR = 1/3 \quad W = D_i / 5 \quad B = DR/10$$

$$E/D_i = 1$$

$$L = D_i/4$$

**(Rase, hal 356)**



(geankoplis hal 144)

Keterangan			
Diameter mixer	DR	1,67	m
Diameter pengaduk	Di	0,55749	m
Pengaduk dari dasar	E	0,55749	m
Tinggi pengaduk	W	0,1115	m
Lebar pengaduk	L	0,13937	m
Lebar baffle	B	0,16725	m

\*) Menghitung jumlah impeler (pengaduk)

dimana WELH adalah Water Equivalen Liquid High

$$\begin{aligned}
 \text{WELH} &= \text{tinggi cairan} \cdot \text{sg} \\
 &= \text{tinggi cairan} \cdot (\rho \text{ cairan} / \rho \text{ air}) \\
 &= 1,92224301 \text{ m} \\
 \Sigma \text{ impeller} &= \text{WELH}/D \\
 &= 1,14933512 \text{ m} \approx 1 \\
 \text{Putaran pengaduk} &= \text{WELD}/2 \cdot \text{DI} \quad (\text{Rase, 1977}) \\
 &= \pi \cdot \text{Di} \cdot N / 600
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{600}{\pi \cdot \text{Di}} \cdot \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 \cdot \text{Di}}} \\
 N &= 137,171907 \text{ rpm} \\
 &= 2,28619845 \text{ rps}
 \end{aligned}$$

\*) Menentukan power pengadukan

$$\text{NRe} = \frac{\rho \cdot N \cdot \text{Di}^2}{\mu}$$

Dengan :

$$\begin{aligned}
 N &= 2,28619845 \text{ rps} \\
 \rho &= 71,4019348 \text{ lb/cuft} \\
 \mu &= 0,30718665 \text{ cP} \\
 &= 0,00020642 \text{ lb/ft.s} \\
 \text{Di} &= 0,5574942 \text{ m} \\
 &= 1,82904923 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\text{Nre} = 2645593,65$$

(geankoplis hal 145)

Dari hasil Nre, melalui grafik Geankoplis hal 145 dengan menggunakan curve 1 maka diperoleh :

$$\begin{aligned}
 \text{Np} &= 5 \\
 \text{gc} &= 32,2 \text{ ft/s}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\text{N}^3 \cdot \text{Di}^5 \cdot \rho \cdot \text{Np}}{\text{gc}} \\
 P &= 4,93094517 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

Diperoleh :

$$\begin{aligned}
 \text{efisiensi motor} &= 0,8 \quad (\text{fig. 14.38, Peters, hal 521}) \\
 &= 6,16368146 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$



$$\text{Safety factor} = 20\%$$

$$P = 7,39641775 \text{ Hp}$$

**Desain Pendingin :**

$$Q_{\text{reaksi}} = 26236,5259 \text{ kJ/jam}$$

$$= 24866,9793 \text{ btu/jam}$$

Pendingin yang digunakan adalah air (H<sub>2</sub>O)

$$\text{Kebutuhan pendingin} = 401,112923 \text{ kg/jam}$$

\*) Menentukan luas permukaan transfer panas

$$T_{\text{out reaktor}} = 71 \text{ C} = 159,8 \text{ F}$$

$$T_{\text{in air}} = 30 \text{ C} = 86 \text{ F}$$

$$T_{\text{out air}} = 45 \text{ C} = 113 \text{ F}$$

$$\Delta T_1 = 46,8 \text{ F}$$

$$\Delta T_2 = 73,8 \text{ F}$$

$\Delta T_{\text{LMTD}}$

$$= \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}}$$

$$\Delta T_{\text{LMTD}} = 59,2787061 \text{ F}$$

Hot Fluid		Cold Fluid	Diff	
159,8	Higher Temp	113	46,8	F
159,8	Lower Temp	86	73,8	F
0	Differences	27	-27	( $\Delta t_2 - \Delta t_1$ )
(T <sub>1</sub> -T <sub>2</sub> )		(t <sub>2</sub> -t <sub>1</sub> )		

Pada Tabel 8. Kern, 1969 hal 840 terdapat nilai UD untuk fluida air sebesar :

Untuk fluida air UD = 250 - 500 Btu/ft<sup>2</sup>.°F.jam

Oleh karena itu, diambil nilai UD sebesar :

UD = 250 Btu/ft<sup>2</sup>.°F.jam

$$A = \frac{Q}{UD}$$

$$A = 1,6779 \text{ ft}^2$$

\*) Menentukan luas tangki reaktor

$$\begin{aligned} L \text{ tangki} &= \pi \cdot D \cdot H \\ &= 94,5415997 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L \text{ penampung} &= \pi / 4 \cdot D^2 \\ &= 0,02607212 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Luas total selubung reaktor} = 94,5676718 \text{ ft}^2$$

Karena luas permukaan transfer panas < dari luas tangki reaktor maka dipilih pendingin jenis jaket

$$\begin{aligned} \rho \text{ air pada suhu } 25^\circ\text{C} &= 1,03 \text{ kg/L} = 1030 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vair pendingin} &= m/\rho \\ &= 389,430022 \text{ L/jam} = 0,3894 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ID jaket (D1)} &= \text{OD tangki} \\ &= 66,1858155 \text{ In} = 1,681119713 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{H jaket} = \text{H reaktor} = 1,67 \text{ m}$$

dengan asumsi jarak jaket 5 in, maka :

$$\begin{aligned} \text{Diameter luar jaket (D2)} &= \text{D1} + 2 \text{ jarak jaket} \\ &= 76,1858155 \text{ in} = 1,935119713 \text{ m} \end{aligned}$$

sehingga luas yang dilalui panas :

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

$$A' = 0,85463124 \text{ m}^2$$

kecepatan superficial pendingin (V') :

$$\begin{aligned} V' &= V_{\text{pendingin}}/A' \\ &= 0,45567024 \text{ m/jam} \end{aligned}$$

\*) Menghitung tekanan desain jaket

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

$$\begin{aligned} \text{P hidrostatik} &= \rho \cdot g \cdot h \\ &= 16882,0395 \text{ Pascal} \\ &= 0,16661273 \text{ atm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor keamanan} &= 20\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{desain}} &= 1,20(P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}) \\
 &= 1,45826591 \text{ atm} \\
 &= 21,4365089 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

\*) *Menghitung tebal jaket*

Dirancang menggunakan 304 stainless steel

$$t_s = \frac{P \cdot r}{fE - 0,6P}$$

(Brownell, pers 13.1 hal 254)

$$\begin{aligned}
 t_s &= \text{tebal shell} \\
 r &= \text{jari - jari} \\
 &= 33,0929077 \text{ in} \\
 E &= \text{efisiensi pengelasan} \\
 &= 0,85 \\
 C &= \text{faktor korosi} \\
 &= 0,125 \\
 f &= \text{tegangan yang diizinkan} \\
 &= 18750 \text{ Psi (Brownell hal 342)} \\
 P &= 21,4365089 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$t_s = 0,1695471 \text{ in}$$

Distandarisasi : 0,1875 in

## 5. Evaporator

Fungsi : Memekatkan larutan asam oksalat dihidrat

Type : *Standart vertical tube evaporator*

Dasar pemilihan : Sesuai untuk proses pemekatan larutan

Tube standard ukuran OD 1 in Triangular pitch 1 passes. (Kern , tabel.9 hal 842)

sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned}
 \text{BWG} &= 16 && \text{(Kern , tabel.10 hal 843)} \\
 \text{pitch} &= 1 \frac{1}{4} \text{ in} && \text{triangular pitch} \\
 \text{OD tube} &= 1 \text{ in} \\
 \text{ID} &= 0,87 \text{ in} \\
 \text{Ketebalan} &= 0,065 \text{ in} \\
 a't &= 0,594 \text{ in}^2 && = 0,0495
 \end{aligned}$$

$$a'' = 0,2618 \text{ ft}^2$$

Jadi jumlah tube :

$$\frac{Nt}{A'} = 156,1110587 \text{ tube}$$

$$\text{distandarisasi} = 199 \text{ tube}$$

sehingga pada kern tabel 9 hal 842 diperoleh :

$$\text{ID shell} = 21 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$= 0,53975 \text{ m}$$

\*) Menghitung diameter dan tinggi

dengan :

$$A = \text{luas penampang}$$

$$Nt = \text{jumlah tube}$$

$$a't = \text{flow area per tube}$$

sehingga :

$$A = 9,8505 \text{ ft}^2$$

$D_{\text{evaporator}}$

$$= \sqrt{\frac{A}{4}}$$

$$\text{Devap} = 3,542373165 \text{ ft}$$

$$= 42,5 \text{ in}$$

$$= 1,079715341 \text{ m}$$

asumsi :

$$H = 2D$$

$$= 7,1 \text{ ft}$$

$$= 85,01695597 \text{ in}$$

$$= 2,159430682 \text{ m}$$

\*) Menghitung tekanan desain

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

$$P \text{ dalam evap} = 1,5 \text{ atm}$$

$$\text{safety factor} = 25\%$$

$$P \text{ desain} = 1,875 \text{ atm}$$

$$= 27,5625 \text{ psi}$$

\*) *Menghitung tebal shell*

Dirancang menggunakan 304 stainless steel

$$t_s = \frac{P \cdot r}{fE - 0,6P} \quad (\text{Brownell, pers 13.1 hal 254})$$

Dengan :

ts	=	tebal shell	
r	=	jari - jari	
	=	21,3 in	
E	=	efisiensi pengelasan	
	=	0,85	
C	=	faktor korosi	
	=	0,125	
f	=	tegangan yang diizinkan	
	=	18750 Psi	(Brownell hal 342)
P	=	27,5625 Psi	

Sehingga :

$$t_s = 0,161795512 \text{ in}$$

$$\text{Distandarisasi :} = 0,1875 \text{ in}$$

\*) *Menentukan tebal head dan tebal bottom*

Jenis head yang dipilih adalah Torispherical, dengan alasan :

1. Tekanan operasi antara 15 psig - 200 psig.
2. Cocok untuk tangki silinder vertikal/horisontal. (Brownell, Halaman 88)

Diketahui :

$$P = P \text{ desain} - P \text{ udara luar}$$

$$= 12,8625 \text{ psi}$$

$$OD = ID + 2t_s$$

$$= 42,83206901 \text{ in}$$

$$\text{Standarisasi OD} = 48 \text{ in} \quad (\text{Brownell hal 90})$$

$$t_s = 0,161795512 \text{ in}$$

Dari tabel 5.7 hal 90 Brownell, diperoleh :

$$i_c r = 3 \text{ in}$$

$$r = 48 \text{ in}$$

Tebal head dihitung dengan persamaan : (Brownell hal 138 pers. 7.77)

$$t_{\text{head}} = \frac{p \cdot r_c \cdot W}{2fE - 0,2p}$$

$$w = \frac{W}{1 \dots \sqrt{\dots}} = 1,75 \text{ in}$$

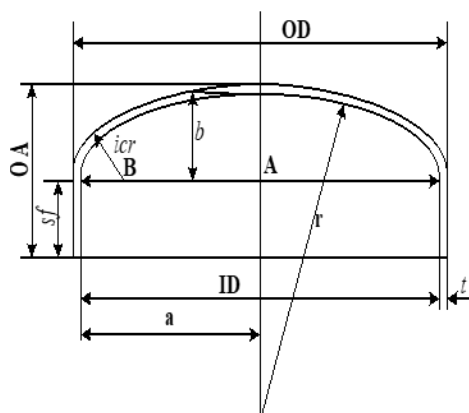
maka :

$$t_{\text{head}} = 0,158899206 \text{ in}$$

tebal head distandarisasi menjadi :

$$t_{\text{head}} = 0,1875 \text{ in}$$

\*) Menghitung tinggi head



Dari tabel 5.8 hal 93 Brownell, diperoleh :

$$Sf = 2 \text{ in}$$

persamaan hal 87 Brownell :

$$a = \frac{ID}{2} = 21,25423899 \text{ in}$$

$$BC = r = 45 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} = 18,25423899 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2} = r \frac{41,13128686}{45} \text{ in}$$

$$b = 6,86871314 \text{ in}$$

$$OA = t_{\text{head}} + b + sf = 9,027612346 \text{ in}$$

$$= 0,752301029 \text{ ft}$$

$$= 0,229301354 \text{ m}$$

Jadi, tinggi evaporator total :

$$\begin{aligned} H \text{ total} &= H \text{ silinder} + (2 \cdot H \text{ head}) \\ &= 103,0721807 \text{ in} \\ &= 8,589348389 \text{ ft} \\ &= 2,618033389 \text{ m} \end{aligned}$$

## 6. Kristalizer

Fungsi : Kristalisasi larutan asam oksalat dengan pendinginan

Type : *Swenson Walker Cooling Crystallizer*

Dasar pemilihan pendinginan : Umum digunakan untuk kristalisasi pendinginan

### Perhitungan :

\*) Menghitung fraksi campuran

komponen	BM	Massa	x	Cp at 80C	$\rho$	cp.x	$\rho \cdot x$	BM.x
		(kg/jam)		(J/mol.K)	(kg/m <sup>3</sup> )			
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	180	48,0624	0,030153	9855	1541,98	297,16	46,4958	5,42759
H <sub>2</sub> O	18	532,231	0,33391	3385,06	975,494	1130,31	325,727	6,01038
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	181,9	2,40312	0,001508	5877	4401,88	8,86054	6,63655	0,27424
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	90,04	1011,24	0,634429	4095	1618,35	2597,99	1026,73	57,124
Total	469,94	1593,94	1	23212,1	8537,7	4034,31	1405,59	68,8362

$$\rho \text{ campuran} = 1405,59 \text{ kg/m}^3$$

$$= 87,7087 \text{ lb/cuft}$$

$$Cp \text{ campuran} = 4034,31 \text{ J/mol.K}$$

$$= 58,6074 \text{ J/kg.K}$$

$$Fv \text{ campuran} = 1,134 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 40,0468 \text{ cuft/jam}$$

$$t \text{ kristalisasi} = 1 \text{ jam}$$

$$V \text{ larutan} = 40,0468 \text{ cuft/jam}$$

$$\text{overdesign} = 20\%$$

$$V \text{ tangki+overdesign} = 48,0562 \text{ cuft/jam}$$

\*) Menghitung diameter dan panjang

Digunakan rasio :

$$m = L/D$$

$$= 3,3 \quad (\text{Hugot hal 697})$$

$$V = \frac{m \cdot D^3}{2} \cdot \pi \quad (\text{Hugot pers 35.5})$$

$$\frac{m \cdot D^3}{2}$$

$$D = 2,53635 \text{ ft}$$

$$L = 8,36995 \text{ ft}$$

\*) Menghitung luas cooling area

$$S = \frac{S}{2 + 4m} = 87,271 \text{ ft}^2/\text{ft}^3 \quad (\text{Hugot hal 694})$$

\*) Menghitung power

Power pengaduk yang digunakan adalah 16 Hp tiap 1000 cuft bahan

$$\text{Power} = 0,7689 \text{ Hp}$$

$$\text{standarisasi} = 1 \text{ Hp}$$

## 7. Centrifuge I

Fungsi : Memisahkan asam oksalat dihidrat dengan katalis

Dasar pemilihan : sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi

### Perhitungan :

\*) Menentukan volume

$$\rho \text{ campuran} = 1405,59 \text{ kg/m}^3$$

$$= 87,7087 \text{ lb/cuft}$$

$$C_p \text{ campuran} = 4034,31 \text{ J/mol.K}$$

$$= 58,6074 \text{ J/kg.K}$$

$$F_v \text{ campuran} = 1,134 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 40,0468 \text{ cuft/jam}$$

$$=$$

$$V \text{ larutan} = 40,0468 \text{ cuft/jam}$$

$$\text{Overdesign} = 20\%$$

$$V \text{ total} = 48,0562 \text{ cuft/jam}$$

$$= 0,01335 \text{ cuft/s}$$

$$= 5,99142 \text{ gall/menit}$$



berdasarkan volume yang diketahui, dari perry 8ed tabel 18-12 maka diperoleh :

**TABLE 18-12 Specifications and Performance Characteristics of Typical Sedimenting Centrifuges**

Type	Bowl diameter	Speed, r/min	Maximum centrifugal force × gravity	Throughput		Typical motor size, hp
				Liquid, gal/min	Solids, tons/h	
Tubular	1.75	50,000*	62,400	0.05–0.25		•
	4.125	15,000	13,200	0.1–10		2
	5	15,000	15,900	0.2–20		3
Disk	7	12,000	14,300	0.1–10		½
	13	7,500	10,400	5–50		6
	24	4,000	5,500	20–200		7½
Nozzle discharge	10	10,000	14,200	10–40	0.1–1	20
	16	6,250	8,900	25–150	0.4–4	40
	27	4,200	6,750	40–400	1–11	125
	30	3,300	4,600	40–400	1–11	125
Helical conveyor	6	8,000	5,500	To 20	0.03–0.25	5
	14	4,000	3,180	To 75	0.5–1.5	20
	18	3,500	3,130	To 100	1–3	50
	24	3,000	3,070	To 250	2.5–12	125
	30	2,700	3,105	To 350	3–15	200
	36	2,250	2,590	To 600	10–25	300
	44	1,600	1,600	To 700	10–25	400
	54	1,000	770	To 750	20–60	250
Knife discharge	20	1,800	920	†	1.0†	20
	36	1,200	740	†	4.1†	30
	68	900	780	†	20.5†	40

\*Turbine drive, 100 lb/h (45 Kg/h) of steam at 40 lb/in<sup>2</sup> gauge (372 KPa) or equivalent compressed air.

†Widely variable.

‡Maximum volume of solids that the bowl can contain, ft<sup>3</sup>.

NOTE: To convert inches to millimeters, multiply by 25.4; to convert revolutions per minute to radians per second, multiply by 0.105; to convert gallons per minute to liters per second, multiply by 0.063; to convert tons per hour to kilograms per second, multiply by 0.253; and to convert horsepower to kilowatts, multiply by 0.746.

type yang dipilih = nozzle discharge

## 8. Centrifuge II

Fungsi : Memisahkan asam oksalat dihidrat dengan *mother liquor*

Dasar pemilihan : sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi

### Perhitungan :

\*) Menentukan volume

$$\begin{aligned} \rho \text{ campuran} &= 1483,66 \text{ kg/m}^3 \\ &= 92,5803 \text{ lb/cuft} \\ F_v \text{ campuran} &= 0,99376 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 35,0942 \text{ cuft/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ larutan} &= 35,0942 \text{ cuft/jam} \\ \text{overdesign} &= 20\% \\ V \text{ total} &= 42,1131 \text{ cuft/jam} \\ &= 0,0117 \text{ cuft/s} \\ &= 5,25046 \text{ gall/menit} \end{aligned}$$

berdasarkan volume yang diketahui, dari perry tabel 18-12 maka diperoleh :

**TABLE 18-12 Specifications and Performance Characteristics of Typical Sedimenting Centrifuges**

Type	Bowl diameter	Speed, r/min	Maximum centrifugal force × gravity	Throughput		Typical motor size, hp
				Liquid, gal/min	Solids, tons/h	
Tubular	1.75	50,000*	62,400	0.05–0.25		•
	4.125	15,000	13,200	0.1–10		2
	5	15,000	15,900	0.2–20		3
Disk	7	12,000	14,300	0.1–10		½
	13	7,500	10,400	5–50		6
	24	4,000	5,500	20–200		7½
Nozzle discharge	10	10,000	14,200	10–40	0.1–1	20
	16	6,250	8,900	25–150	0.4–4	40
	27	4,200	6,750	40–400	1–11	125
	30	3,300	4,600	40–400	1–11	125
Helical conveyor	6	8,000	5,500	To 20	0.03–0.25	5
	14	4,000	3,180	To 75	0.5–1.5	20
	18	3,500	3,130	To 100	1–3	50
	24	3,000	3,070	To 250	2.5–12	125
	30	2,700	3,105	To 350	3–15	200
	36	2,250	2,590	To 600	10–25	300
	44	1,600	1,600	To 700	10–25	400
54	1,000	770	To 750	20–60	250	
Knife discharge	20	1,800	920	†	1.0‡	20
	36	1,200	740	†	4.1‡	30
	68	900	780	†	20.5‡	40

\*Turbine drive, 100 lb/h (45 Kg/h) of steam at 40 lb/in<sup>2</sup> gauge (372 KPa) or equivalent compressed air.

†Widely variable.

‡Maximum volume of solids that the bowl can contain, ft<sup>3</sup>.

NOTE: To convert inches to millimeters, multiply by 25.4; to convert revolutions per minute to radians per second, multiply by 0.105; to convert gallons per minute to liters per second, multiply by 0.063; to convert tons per hour to kilograms per second, multiply by 0.253; and to convert horsepower to kilowatts, multiply by 0.746.

type yang dipilih = nozzle discharge

## 9. Rotary Dryer

Fungsi : Meringankan bahan baku dengan bantuan udara panas

Dasar pemilihan : Sesuai untuk pengeringan padatan

Waktu proses : *Time passes*

### Perhitungan :

\*) Menghitung fraksi volume campuran

Komponen	Input	x	ρ	ρ.x
	(kg/jam)		(kg/m <sup>3</sup> )	
H <sub>2</sub> O	85,157	0,07805	965,626	75,371
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .6H <sub>2</sub> O	1005,84	0,92195	1604,94	1479,66
Total	1091	1	2570,56	1555,04

ρ campuran = 2570,56 kg/m<sup>3</sup>  
= 1,65842 lb/cuft

Fv campuran	=	0,42442	m <sup>3</sup> /jam
	=	14,9883	cuft/ja
	=		m
	=	0,2498	cuft/menit
V larutan	=	0,2498	cuft/menit

\*) Menghitung diameter dan tinggi

diketahui :

feed	=	1091	kg/jam
	=	2405,24	lb/jam
kebutuhan Q	=	300096	kJ/jam
	=	284431	btu/jam
kebutuhan udara	=	2103,12	kg/jam
	=	4636,59	lb/jam

Mass velocity gas yang diijinkan 200 - 2500 lb/jam.ft<sup>2</sup> sehingga dipilih : (Mc.Cabe hal 795)

G <sub>s</sub>	=	200	lb/jam.ft <sup>2</sup>
A	=	udara masuk/G <sub>s</sub>	
	=	23,183	ft <sup>2</sup>

$$D = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} \quad (\text{Mc.cabe hal 797})$$

D	=	5,43437	ft
	=	1,6564	m
	=	65,2125	in

diketahui :

Tin bahan	=	30	C =	86	F
Tout bahan	=	90	C =	194	F
Tin udara	=	100	C =	212	F
Tout udara	=	120	C =	248	F
$\Delta T_1$	=	36	F		
$\Delta T_2$	=	108	F		

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

$$\begin{aligned} \text{LMTD} &= 65,5372 \text{ F} \\ &= 18,6318 \text{ C} \\ &= 291,782 \text{ K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Panjang (L)} \\ &\text{—} \\ &\text{(Mc.Cabe hal 796)} \\ &\text{Qt} \\ &\text{L} = 13,1292 \text{ ft} \\ &= 4,00179 \text{ m} \end{aligned}$$

\*) Menghitung kecepatan putaran RD

$$\begin{aligned} \text{Batas kecepatan inner} &= 25-35 \text{ m/menit} \\ \text{dipilih} &= 25 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

**rpm**  
**batas kecepatan**

$$\begin{aligned} \text{rpm} &= 15,1 \text{ rpm} \\ \text{diambil} &= 14 \text{ rpm} \end{aligned}$$

\*) *Flight*

Perhitungan berdasarkan Perry 7ed hal 12-56

terdapat ketentuan :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi flight} &= 1/12D-1/8D \\ \text{Panjang flight} &= 0,6-2m \\ \text{Jumlah flight 1 circle} &= 2,4-3D \end{aligned}$$

Pengambilan data :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Flight} &= 1/8D \\ &= 0,20705 \text{ m} \\ \text{Panjang flight} &= 3 \text{ m} \\ \text{Jumlah flight} &= 3D \\ &= 5 \text{ buah/1 circle} \end{aligned}$$

\*) *Hold up padatan*

Volume dryer yang ditempati oleh padatan pada setiap saat berkisar 7 - 8%

$$\begin{aligned} \text{hold up} &= 3,12256 \text{ cuft} \\ &= 0,08842 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

\*) *Waktu rata - rata padatan dalam dryer*

**t** (Walas 3ed hal 249)  
**hold up.  $\rho_{\text{campuran}}$**

$$\begin{aligned} t &= 0,20833 \text{ jam} \\ &= 12,5 \text{ menit} \end{aligned}$$

\*) *Menghitung tekanan desain*

$$\begin{aligned} P_{\text{operasi}} &= 1 \text{ atm} \\ P_{\text{dalam RD}} &= 1,5 \text{ atm} \\ \text{safety factor} &= 25\% \\ P_{\text{desain}} &= 1,875 \text{ atm} \\ &= 27,5625 \text{ psi} \end{aligned}$$

\*) *Menghitung tebal shell*

Dirancang menggunakan 304 stainless steel

$$t_s = \frac{P \cdot r}{fE - 0,6P}$$

Dengan : Brownell, pers 13.1 hal 254)

$$\begin{aligned} T_s &= \text{tebal shell} \\ D &= \text{jari – jari} \\ &= 32,6 \text{ in} \\ E &= \text{efisiensi} \\ &= \text{pengelasan} \\ &= 0,85 \\ C &= \text{faktor korosi} \\ &= 0,125 \\ F &= \text{tegangan yang diizinkan} \\ &= 18750 \text{ psi} \quad (\text{Brownell hal 342}) \\ P &= 27,5625 \text{ psi} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$t_s = 0,18145 \text{ in}$$

Distandarisasi : = 0,1875 in

\*) *Menghitung tinggi bahan*

Berdasarkan perry tabel 10-64 :

$$F_v \text{ campuran} = 0,42442 \text{ m}^3/\text{jam}$$

maka diperoleh :

$$\begin{aligned} H/D &= 0,53 \\ H \text{ bahan} &= 0,87789 \text{ m} \end{aligned}$$

\*) *Isolasi*

Batu isolasi dipakai setebal 4 in (Perry 7ed, hal 12-42)

$$\text{ID rotary} = 65,2125 \text{ in}$$

$$\text{OD} = 65,5875 \text{ in}$$

Maka, diameter terisolasi sebesar :

$$\text{Disolasi} = 73,5875 \text{ in}$$

\*) *Menghitung power*

$$H_p = N \times (4,75 dw + 0,1925 DW + 0,33 W)$$

(Perry 7ed, pers 12-60 hal 12-60)

Dengan :

$$N = \text{putaran rotary}$$

$$d = \text{diameter shell}$$

$$w = \text{berat bahan}$$

$$D = d + 2 \quad \text{m}$$

$$W = \text{berat total}$$

$$= w \text{ bahan} + w \text{ shell} + w \text{ isolasi}$$

$$W = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - D_i^2) L \rho$$

Dengan :

$$w = \text{berat}$$

$$D_o = \text{diameter luar}$$

$$D_i = \text{diameter dalam}$$

$$L = \text{panjang}$$

$$\rho = \text{density}$$

Untuk mencari w shell, maka menggunakan density steel, jadi diketahui :

$$D_o = 65,5875 \text{ in}$$

$$= 5,46562 \text{ ft}$$

$$D_i = 65,2125 \text{ in}$$

$$= 5,43437 \text{ ft}$$

$$L = 13,1292 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ steel} = 482 \text{ lb/cuft}$$

$$w \text{ shell} = 1692,12 \text{ lb}$$

Untuk mencari w isolasi, maka menggunakan density isolasi, jadi diketahui :

$$D_o = 73,5875 \text{ in}$$

	=	6,13229	ft
Di	=	65,5875	in
	=	5,46562	ft
L	=	13,1292	ft
$\rho$ isolasi	=	19	lb/cuft
w isolasi	=	1514,09	lb

Untuk mencari w bahan, diketahui :

w bahan	=	1091	kg
hold up factor	=	8%	
w bahan total	=	1178,28	kg
	=	2597,66	lb

Sehingga diperoleh W atau berat total sebesar :

$$W = 5803,88 \text{ lb}$$

Dengan data yang ada, dapat menentukan power rotary dryer yaitu :

N	=	14	rpm
d	=	5,43437	ft
w	=	1091	kg
	=	2405,24	lb
D	=	7,43437	ft
W	=	5803,88	lb

**Hp**

$$N \times (4,75 dw + 0,1925 DW + 0,33 W)$$

power	=	10,1232	Hp
efisiensi motor	=	75%	(Perry 7ed, pers 12-60 hal 12-60)
power	=	11	Hp

## 10. Cooling Conveyor

Fungsi : untuk mendinginkan produk sampai dengan 30C

Bentuk : *Plain spouts or chutes*

Dasar pemilihan : umum digunakan untuk padatan dengan sistem tertutup

\*) Menghitung fraksi volume

Komponen	Input	X	$\rho$	$\rho \cdot x$
	(kg/jam)		(kg/m <sup>3</sup> )	

H <sub>2</sub> O	4,25785	0,00422	965,626	4,07038
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .6H <sub>2</sub> O	1005,84	0,99578	1604,94	1598,17
Total	1010,1	1	2570,56	1602,24

Massa	=	2226,89	lb/jam
$\rho$ campuran	=	1602,24	kg/m <sup>3</sup>
	=	99,9799	lb/cuft
F <sub>v</sub> campuran	=	22,2734	cuft/jam
V larutan	=	22,2734	cuft/jam
overdesign	=	20%	
V total	=	26,7281	cuft/jam
	=	0,44547	cuft/menit

\*) Menghitung power motor

bahan termasuk kelas D dan F = 3

**Power motor**  
**C. L. W. F**

(Badger, pers 16-5)

Dengan

:

C	=	kapasitas	
L	=	panjang	
	=	8 m	= 26,2467 ft
W	=	densitas bahan	
F	=	faktor bahan	
	=	3	
D	=	0,24 m	= 0,7874 ft

Sehingga :

Power motor	=	0,10627 Hp
efisiensi faktor	=	80%
Power motor	=	0,13284 Hp
Ditandarisasi	=	1 Hp

Dari Perry, tabel 21.6 untuk kapasitas terkait diperoleh data sebagai berikut :

F <sub>v</sub>	=	200 cuft/jam
Diameter flight	=	9 in
Speed putaran	=	40 rpm

Sehingga diperoleh besaran sebagai berikut :



$$\begin{aligned} \text{Diameter flight} &= 1,20276 \text{ in} \\ \text{Speed putaran} &= 5,3 \text{ rpm} \\ &= 5 \text{ rpm} \end{aligned}$$

## 11. Screw Conveyor 1

- Fungsi : untuk memindahkan bahan dari kristalizer ke centrifuge  
 Bentuk : *Plain spouts or chutes*  
 Dasar pemilihan : umum digunakan untuk slurry dengan sistem tertutup

\*) *Menghitung diameter dan panjang*

Digunakan rasio :

$$\begin{aligned} m &= L/D \\ &= 6 \quad (\text{Hugot hal 697}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{\pi}{4} D^2 L \\ &= \frac{\pi}{4} D^2 m \end{aligned} \quad (\text{Hugot pers 35.5})$$

$$\frac{m \cdot D^3}{2 \cdot V}$$

$$\begin{aligned} D &= 0,59605 \text{ m} \\ L &= 3,57631 \text{ m} \end{aligned}$$

\*) *Menghitung power*

$$\begin{aligned} \rho \text{ campuran} &= 1405,59 \text{ kg/m}^3 \\ &= 87,7087 \text{ lb/cuft} \\ C_p \text{ campuran} &= 4034,31 \text{ J/mol.K} \\ &= 58,6074 \text{ J/kg.K} \\ F_v \text{ campuran} &= 1,134 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 40,0468 \text{ cuft/jam} \\ &= 0,66745 \text{ cuft/menit} \\ V \text{ larutan} &= 0,66745 \text{ cuft/menit} \\ \text{overdesign} &= 20\% \\ V \text{ total} &= 0,80094 \text{ cuft/menit} \\ \text{bahan termasuk kelas D dan F} &= 3 \quad (\text{Badger, tabel 16-6}) \end{aligned}$$

**Power motor**  
**C. L. W. F**

(Badger, pers 16-5)

Dengan :

C	=	kapasitas	
L	=	Panjang	
	=	3,57631 m	=
W	=	densitas bahan	
F	=	faktor bahan	
	=	3	

Sehingga :

Power motor	=	0,07493 Hp
efisiensi faktor	=	80%
Power motor	=	0,09367 Hp
Distandarisasi	=	1 Hp

Dari Perry, tabel 21.6 untuk kapasitas terkait diperoleh data sebagai berikut :

Fv	=	200 cuft/jam
Diameter flight	=	9 in
Speed putaran	=	40 rpm

Sehingga diperoleh besaran sebagai berikut :

Diameter flight	=	2,16253 in
Speed putaran	=	9,6 rpm
	=	12 rpm

## 12. Screw Conveyor 2

Fungsi : untuk memindahkan bahan dari centrifuge 1 ke centrifuge 2

Bentuk : *Plain spouts or chutes*

Dasar Pemilihan : Umum digunakan untuk slurry dengan sistem tertutup

\*) *Menghitung fraksi volume*

Komponen	Input	x	$\rho$	$\rho \cdot x$
	(kg/jam)		(kg/m <sup>3</sup> )	
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	38,4499	0,02608	1323,66	34,5191
H <sub>2</sub> O	425,785	0,28879	1022,88	295,392
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	4,31678	0,00293	1683,97	4,93038
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .6H <sub>2</sub> O	1005,84	0,68221	1683,97	1148,82
Total	1474,39	1	5714,48	1483,66

$\rho$ campuran	=	1483,66 kg/m <sup>3</sup>
	=	92,5803 lb/cuft
Fv campuran	=	0,99376 m <sup>3</sup> /jam
	=	35,0942 cuft/jam

	=	0,5849	cuft/menit
V larutan	=	0,5849	cuft/menit
overdesign	=	20%	
V total	=	0,70188	cuft/menit

\*) *Menghitung diameter dan panjang*

Digunakan rasio :

$$m = L/D$$

$$= 6$$

V

$$m \cdot D^3 = \frac{V}{\pi}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{m \cdot D^3}{\pi}}$$

$$D = 0,57039 \text{ m}$$

$$L = 3,42235 \text{ m}$$

\*) *Menghitung power motor*

bahan termasuk kelas D dan F = 3 (Badger, tabel 16-6)

$$\text{Power motor} = C \cdot L \cdot W \cdot F$$

(Badger, pers 16-5)

Dimana :

C = Kapasitas

L = Panjang = 3,42235 m = 11,2282 ft

W = Densitas bahan = 3

Sehingga :

Power Motor = 0,06633 Hp

Efisiensi Faktor = 80%

Power Motor = 0,08291 Hp

Distandarisasi = 1 Hp

Dari Perry, tabel 21.6 untuk kapasitas terkait diperoleh data sebagai berikut :

Fv = 200 cuft/jam

Diameter flight = 9 in

Speed putaran = 40 rpm

Sehingga diperoleh besaran sebagai berikut :

Diameter flight = 1,9 in in

Speed putaran = 8,4 rpm rpm

= 11 rpm rpm

### 13. Screw Conveyor 3

Fungsi : Untuk memindahkan bahan dari centrifuge 2 ke rotary dryer

Bentuk : *Plain spouts or chutes*

Dasar Pemilihan : Umum digunakan untuk slurry dengan sistem tertutup

\*) *Menghitung fraksi volume*

Komponen	Input	x	$\rho$	$\rho \cdot x$
	(kg/jam)		(kg/m <sup>3</sup> )	
H <sub>2</sub> O	85,157	0,07805	1022,88	79,8396
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .6H <sub>2</sub> O	1005,84	0,92195	1683,97	1552,53
Total	1091	1	2706,84	1632,37

$\rho$ campuran	=	1632,37	kg/m <sup>3</sup>
	=	101,86	lb/cuft
Fv campuran	=	0,66835	m <sup>3</sup> /jam
	=	23,6027	cuft/jam
	=	0,39338	cuft/menit
V larutan	=	0,39338	cuft/menit
overdesign	=	20%	
V total	=	0,47205	cuft/menit

\*) *Menghitung diameter dan panjang*

Digunakan rasio :

$$m = L/D$$

$$= 6$$

V

$$m \cdot D^3 = \frac{V}{\pi}$$

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

$$D = 0,4997 \text{ m}$$

$$L = 2,998 \text{ m}$$

\*) *Menghitung power motor*

bahan termasuk kelas D dan F = 3 (Badger, tabel 16-6)

**Power motor**

**C. L. W. F**

(Badger, pers 16-5)

Dimana :

C = Kapasitas

L = Panjang = 2,99847 m = 9,83751 ft

W = Densitas bahan = 3

Sehingga :

Power Motor = 0,043 Hp

Efisiensi Faktor = 80%

Power Motor = 0,05375 Hp

Distandarisasi = 1 Hp

Dari Perry, tabel 21.6 untuk kapasitas terkait diperoleh data sebagai berikut :

Fv = 200 cuft/jam

Diameter flight = 9 in

Speed putaran = 40 rpm

Sehingga diperoleh besaran sebagai berikut :

Diameter flight = 9 in in

Speed putaran = 40 rpm rpm

#### 14. Heater - 01

Fungsi : Memanaskan bahan larutan keluaran dari mixer untuk diumpankan menuju reaktor dari suhu 30C ke 68C

Alat : Heat exchanger tipe Shell and Tube

Letak : Setelah Mixer -01

Memilih tipe heater :

Heater yang dipilih adalah tipe shell and tube dengan pertimbangan.

1. Luas area transfer panasnya lebih luas dibandingkan dengan lainnya.
2. Mudah membersihkannya.
3. Prosedur pengoperasiannya tidak berbelit-belit.
4. Konstruksinya sederhana

Memilih bahan konstruksi :

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

1. Bahan tahan korosi
2. Bahan tahan terhadap tekanan dan suhu (Brownell, 1950)

#### ref : kern hal 149

\*) LMTD

Diketahui data :

1. Q = 106602,5564 kJ/jam

2. Fluida panas : steam

$$\begin{aligned}
 T_{in} &= 150 \text{ C} & = & 423,15 \text{ K} \\
 &= 302 \text{ F} \\
 T_{out} &= 100 \text{ C} & = & 373,15 \text{ K} \\
 &= 212 \text{ F} \\
 \text{Fluida dingin : Glukosa} \\
 T_{in} &= 30 \text{ C} \\
 &= 86 \text{ F} \\
 T_{out} &= 71 \text{ C} \\
 &= 159,8 \text{ F} & = & 344,15 \text{ K}
 \end{aligned}$$

Jadi :

Hot Fluid		Cold Fluid	Diff.	
302	Higher Temp	159,8	142,2	F
212	Lower Temp	86	126	F
90	Differences	73,8	16,2	( $\Delta t_2 - \Delta t_1$ )
(T1-T2)		(t2-t1)		

$$\begin{aligned}
 \Delta T \text{ LMTD} \\
 &= \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{LMTD} &= 134,0872925 \text{ F} \\
 R &= (T_1 - T_2) / (t_2 - t_1) \\
 &= 1,219512195 \\
 S &= (t_2 - t_1) / (T_1 - t_1) \\
 &= 0,341666667 \\
 Ft &= 0,64 \\
 \Delta t &= \text{LMTD} * Ft \\
 &= 85,81586717 \text{ F}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta t_c / \Delta t_h &= 0,82 \\
 K_c &= 0,889862328 \\
 F_c &= 0,43 \\
 T_c &= T_2 + F_c * (T_1 - T_2) \\
 &= 250,7 \\
 T_c &= t_1 + F_c * (t_2 - t_1)
 \end{aligned}$$

$$= 117,734$$

\*) Menentukan densitas

**Hot Fluid**  $\rho = 394,5066052 \text{ kg/m}^3$   
 $= 24,61721217 \text{ lb/cuft}$

\*) Viskositas

$$\mu = 0,182423438 \text{ cP}$$

$$=$$

\*) Harga konduktivitas termal

$$k = 0,68395914 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$0,120532808 \text{ BTU/jam.ft}^2.\text{F}$$

\*) Specific heats

Komponen	BM	Cp	c
		(kJ/mol.K)	(Btu/lb.F)
H2O	18	7619,315778	97,3579

**Cold Fluid**

$$\rho \text{ campuran} = 1346,08 \text{ kg/m}^3$$

$$= 83,9953 \text{ lb/cuft}$$

$$\mu \text{ campuran} = 15,3482 \text{ cP}$$

$$K = 0,2448 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$= 0,04314 \text{ BTU/jam.ft}^2.\text{F}$$

Komponen	BM	Cp	C
		(kJ/mol.K)	(Btu/lb.F)
C6H12O6	180	2923,79	3,73596
H2O	18	7619,32	97,3579
V2O5	181,9	8,62692	0,01091
C2H2O4	90,04	1829,85	4,6742
Total	469,94	12381,6	105,779

\*) Specific gravity

$$s = 1$$

\*) Ringkasan

	HOT FLUID	COLD FLUID
$\rho \text{ camp, (lb/ft}^3)$	24,61721217	83,99530787
$\mu \text{ camp (cp)}$	0,182423438	15,34822148
$k$ (Btu/jam.ft. $^{\circ}$ F)	0,120532808	0,04313988

c (Btu/lb. °F)	97,35792383	105,7789922
s camp	1	1,423873634

\*) Nilai Ud

untuk heater 1 dengan pemanas steam dan fluida dingin merupakan larutan diperoleh nilai Ud :

Ud = 200-700 Btu/Ft<sup>2</sup>.F.jam  
 dipilih = 200 Btu/Ft<sup>2</sup>.F.jam  
 (Kern hal 840)

\*) nilai A

$$A = \frac{Q}{U_d}$$

A = 6,21112155 ft<sup>2</sup>

A < 200ft<sup>2</sup> double pipe, karena A > 200 ft<sup>2</sup> maka digunakan HE jenis Shell And Tube

panjang standart tube = 6, 8, 12,16, 20 ft

dengan:

A = 6,21112155 ft<sup>2</sup>  
 a" = 0,1963 ft/lin.ft  
 L = 6 ft  
 jumlah tube(Nt) = A/a"\*L  
 = 5,273494269  
 standarisasi = 16 (Kern, hal 841)

Tabel 9 Kern hal 841, dirancang square pitch

Parameter Design :

Pipe = 1,0000 in. OD tubes i(Kern tabel 9)  
 Pitch = 1,25 square pitch

Shell side	In	Tube side	in
ID	8	Numb&Length	16
Baffle	3	OD	1,00
Pass	1	BWG	8
		Pitch	1
		Pass	2



Tabel 10, Kern hal 843		In	ft	m
OD pipe	=	1	0,08333	0,0254
ID pipe	=	0,532	0,04433	0,01351
Pitch, PT	=	1 4/16	0,10416	0,03175
Panjang pipa, Lt	=		6	1,8288

		in <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup> /ft	m <sup>2</sup>
Surface per lin ft, a"t (outside)	=	28,2672	0,1963	0,01824
Flow area per tube, a't	=	0,836	0,005805556	0,00054

**koreksi Ud**

$$A = a'' \cdot N_t \cdot L$$

$$= 30,6228 \text{ ft}^2$$

$$U_d = Q/A \cdot \Delta T_{LMTD}$$

$$= 40,56534053 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam}$$

**Cold Fluid : shell side**

4'. Flow area

$$a_s = \frac{ID \times C' \times B}{4}$$

dengan :

$$C' = 0,25 \text{ in}$$

$$B = 3 \text{ in}$$

$$P_t = 1 \frac{4}{16} \text{ in}$$

sehingga :

$$a_s = 0,7666 \text{ ft}^2$$

5'. Mass Vel

$$W = 1208,45 \text{ kg/jam}$$

$$= 2664,185144$$

$$= \text{lb/jam}$$

Gs	=	W/as
	=	3475,024101
		lb/ft <sup>2</sup> .jam
6'. Re		
D	=	8 in
	=	0,666666667 ft
$\mu$	=	15,34822148 Cp
	=	37,14269599
		lb/ft.jam
Re	=	D*Gs/ $\mu$
	=	62,37249808
7'. jH	=	4
8'. Pada:		
tc	=	117,734 F
		105,7789922
c	=	btu/lbF
		0,04313988
k	=	BTU/jam.ft <sup>2</sup> .F
(c $\mu$ /k) <sup>(1/3)</sup>	=	44,99158635
9'. ho	<b>ho</b>	
	$0,74 \cdot k / (c\mu)^{1/3}$	
ho/ $\phi_s$	=	11,64558975
10'. tube wall temperature	$t_w = t_c + \frac{\frac{h_o}{\phi_s}}{\frac{h_{io}}{\phi_t} + \frac{h_o}{\phi_s}} (T_c$	
tw	=	186,3756 F
11'. Pada :		
tw	=	186,3756769 F
	=	358,9142649 K
maka diperoleh :		
$\mu_w$ campuran	=	2,156422375 Cp
		5,218542147
	$\phi_s =$	lb/ft.jam
	$0,36 \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$	
$\phi_s$	=	1,316210624

12'. koreksi ho	$\frac{h_o}{h_o}$	
ho	=	15,32804895 Btu/ft <sup>2</sup> .F.jam
13. clean overall coefficient (Uc)	$U_c$	
Uc	=	6,0722 Btu/ft <sup>2</sup> .F.jam
14. Design overall coefficient (Ud)		
Ud	=	40,565 Btu/ft <sup>2</sup> .F.jam
15. Dirt factor (Rd)	$R_d$	
Rd	=	0,014003269

### Hot Fluid : tube side

4. Flow area	$a_t$	
at	=	$Nt \times a't$ 0,2786667 ft <sup>2</sup>
5. Mass Vel	w	= 422,21145 kg/jam
		= 930,81707 lb/jam
	Gt	= w/at
		= 3340,2526 lb/ft <sup>2</sup> .jam
6. Re	D	= 1 in
		= 0,0833333 ft
	μ	= 0,1824234 cP
		= 0,4414647 lb/ft.jam
	Ret	= $D * Gt / \mu$
		= 630,52464
7. L/D		= 72

	jH	=	2
8.	Pada:		
	Tc	=	250,7 F
	c	=	97,357924 btu/lbF
	k	=	0,1205328 BTU/jam.ft <sup>2</sup> .F
	(cμ/k) <sup>(1/3)</sup>	=	7,0912154
9.	hi		
	$h_i = k / (c\mu)^{1/3}$		
	hi/φt	=	20,513379
10.	hio/φt	=	(hi/φt)*(ID/OD)
		=	10,913117
11.	Pada :		
	tw	=	186,37568 F
		=	358,91426 K

**maka diperoleh viskositas campuran untuk shell :**

Komponen	x	μ	x.μ
C6H12O6	0,39772	1,2	0,47726
H2O	0,30065	0,3272355	0,09838
V2O5	0,00199	2,01	0,004
C2H2O4	0,29965	5,26214	1,57678
Total	1	8,7993755	2,15642

$$\mu_w = 0,3272355 \text{ cP}$$

$$= \phi_s \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} = 0,7919098 \text{ lb/ft.jam}$$

	φs	=	0,921448
12.	koreksi hio		
	$h_{io} = \frac{h_{io}}{\phi_s}$		
	hio	=	10,05587 Btu/ft <sup>2</sup> .F.jam

### Pressure drop

$$l' \cdot Res = 62,37249808$$

$$f = 0,003$$

$$s = 1,423873634$$

$$De = 0,666666667 \text{ ft}$$

2'. No. of crosses, N+1                    12L/B

$$64 \text{ in}$$

$$5,333333333 \text{ ft}$$

3'. Pressure drop

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N + 1)}{0,0004050 \text{ Psi}}$$

Allowable  $\Delta P_s < 10 \text{ psi}$

1. Ret = 630,52464

f = 0,01

s = 1

2. pressure drop

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{0,000078 \text{ Psi}}$$

3. Gt = 3340,2526

$V2/2g'$  = 0,001

$$\Delta P_T = \frac{4n \cdot v^2}{0,0084277 \text{ Psi}}$$

4.  $\Delta t + \Delta T$  = 0,00851 Psi

Allowable  $\Delta P_t < 10 \text{ psi}$

## \*Summary

15,32804895	h outside	10,055870
Uc	Calculated	6,072225
Ud	Trial	200,000000
Ud	Calculated	40,565341
Rd	Calculated	0,014003
Rd	Required	0,003000
$\Delta P_s$	Calculated	0,000405
$\Delta P_t$	Calculated	0,008506

## 15. Heater 2

Fungsi : Memanaskan bahan baku asam nitrat untuk diumpankan menuju reaktor dari suhu 30C ke 71C

Alat : Heat exchanger tipe Shell and Tube

Letak : Setelah tangki 2

Memilih tipe heater :

Heater yang dipilih adalah tipe shell and tube dengan pertimbangan.

1. Luas area transfer panasnya lebih luas dibandingkan dengan lainnya.
2. Mudah membersihkannya
3. Prosedur pengoperasiannya tidak berbelit-belit.
4. Konstruksinya sederhana

Memilih bahan konstruksi :

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

1. Bahan tahan korosi
2. Bahan tahan terhadap tekanan dan suhu

(Brownell, 1950)

**ref : kern hal 149**

\*) *LMTD*

Diketahui data :

1.  $Q = 193065,1657 \text{ kJ/jam}$

2. Fluida panas : steam

Tin = 150 C = 423,15 K

= 302 F =

Tout = 100 C = 373,15 K

= 212 F =

Fluida dingin : asam nitrat

tin = 30 C = 303,15 K

= 86 F =

tout = 68 C = 341,15 K

= 154,4 F =

Jadi :

Hot Fluid		Cold Fluid	Diff.	
302	Higher Temp	154,4	147,6	F
212	Lower Temp	86	126	F
90	Differences	68,4	21,6	( $\Delta t_2 - \Delta t_1$ )

(T1-T2)

(t2-t1)

**$\Delta T$  LMTD**

$\frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}}$

$$\begin{aligned}
 \text{LMTD} &= 136,6687524 & \text{F} \\
 \text{R} &= (T_1 - T_2) / (t_2 - t_1) \\
 &= 1,315789474 \\
 \text{S} &= (t_2 - t_1) / (T_1 - t_1) \\
 &= 0,316666667 \\
 \text{Ft} &= 0,64 \\
 \Delta t &= \text{LMTD} * \text{Ft} \\
 &= 87,46800155 & \text{F} \\
 \Delta t_c / \Delta t_h &= 0,76 \\
 \text{Kc} &= 0,955958549 \\
 \text{Fc} &= 0,43 \\
 \text{Tc} &= T_2 + \text{Fc} * (T_1 - T_2) \\
 &= 250,7 \\
 \text{tc} &= t_1 + \text{Fc} * (t_2 - t_1) \\
 &= 115,412
 \end{aligned}$$

\*) Menentukan densitas

**Hot Fluid**

$$\begin{aligned}
 \rho &= 394,5066052 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 24,61721217 \text{ lb/cuft}
 \end{aligned}$$

\*) Viskositas

$$\mu = 0,182423438 \text{ cP}$$

\*) Harga

*konduktivitas termal*

$$\begin{aligned}
 k &= 0,68395914 \text{ W/m}^2.\text{K} \\
 &= 0,120532808 \text{ BTU/jam.ft}^2.\text{F}
 \end{aligned}$$

\*) Specific heats

Komponen	BM	Cp (kJ/mol.K)	c (Btu/lb.F)
H <sub>2</sub> O	18	7619,315778	97,3579

**Cold Fluid**

$\rho$ campuran	=	1299,813	kg/m <sup>3</sup>
	=	81,10834	lb/cuft
$\mu$ campuran	=	0,758822	cP
$k$	=	0,296538	W/m <sup>2</sup> .K
	=	0,052258	BTU/jam.ft <sup>2</sup> .F

Komponen	BM	Cp (kJ/mol.K)	c (Btu/lb.F)
HNO <sub>3</sub>	63,02	554,0039	2,02191
H <sub>2</sub> O	18	377,4864	4,82344
Total	81,02	931,4902	6,84535

\*) *Spesific gravity*

$$s = 1$$

\*) *Ringkasan*

	HOT FLUID	COLD FLUID
$\rho$ camp, (lb/ft <sup>3</sup> )	24,61721217	81,10834282
$\mu$ camp (cp)	1,82E-01	0,75882163
$k$ (Btu/jam.ft.°F)	0,120532808	0,052258286
$c$ (Btu/lb.°F)	97,35792383	6,845348971
$s$ camp	1	1,29

\*) *Nilai Ud*

untuk heater 1 dengan pemanas steam dan fluida dingin merupakan medium organik diperoleh nilai Ud :

$$Ud = 200 - 700 \text{ Btu/Ft}^2.\text{F.jam}$$

$$\text{Dipilih} = 200 \text{ Btu/Ft}^2.\text{F.jam} \quad (\text{Kern hal 840})$$

\*) *nilai A*

A

$$A = \frac{Q}{\dots}$$

$$A = 11,03633113 \text{ ft}^2$$

$A < 200 \text{ft}^2$  double pipe, karena  $A > 200 \text{ft}^2$  maka digunakan HE jenis Shell And Tube

$$\text{panjang standart tube} = 6,8,12,16,20 \text{ ft}$$



dengan :

$$A = 11,03633113 \text{ ft}^2$$

$$a'' = 0,1963 \text{ ft}^2/\text{lin.ft} \quad (\text{kern hal 843})$$

$$l = 6 \text{ ft}$$

$$\text{jumlah tube}(Nt) = A/a''*L = 9,37$$

$$\text{Distandarisasi} = 16 \quad (\text{Kern, hal 841})$$

Tabel 9 Kern hal 841, dirancang square pitch

Parameter Design :

$$\text{Pipe} = 1,00 \text{ in OD tubes} \quad (\text{Kern tabel 9})$$

$$\text{Pitch} = 1,25 \text{ square pitch}$$

Shell side	in
ID	8
baffle	3
Pass	1

Tube side	in
Numb&Length	16
OD	1,00
BWG	8
Pitch	1
Pass	2

Tabel 10, Kern hal 843		in	ft	m
OD pipe	=	1	0,083333333	0,0254
ID pipe	=	0,532	0,044333333	0,01351
Pitch, PT	=	1 4/16	0,104166667	0,03175
Panjang pipa, Lt	=		6	1,8288

		in <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup> /ft	m <sup>2</sup>
Surface per lin ft, a''t (outside)	=	28,2672	0,1963	0,01824
Flow area per tube, a't	=	0,836	0,005805556	0,00054

### Koreksi UD

$$A = a''*Nt*L = 30,62 \text{ ft}^2$$

$$U_d = Q/A*\Delta T_{LMTD} = 72,08 \text{ Btu/ft}^2.\text{F.jam}$$

**Cold Fluid : shell side**

$$\text{Flow area} \quad a_s = \frac{ID \times C' \times B}{12}$$

dengan :

$$C' = 4/16 \text{ in}$$

$$B = 3 \text{ in}$$

$$Pt = 1 \frac{4}{16} \text{ in}$$

Sehingga :

$$As = 0,76 \text{ ft}^2$$

Mass Vel :

$$W = 1602,07 \text{ kg/jam} = 3531,979481 \text{ lb/jam}$$

$$Gs = \frac{W}{As} = 4606,9297 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$$

$$Re = \frac{D \cdot Gs}{\mu} = 1672,496678$$

$$jH = 30$$

Pada :

$$T_c = 115,41 \text{ F}$$

$$C = 6,85 \text{ btu/lbF}$$

$$K = 0,05 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{F}$$

$$(c\mu/k)^{1/3} = 6,219161491$$

**ho**

$$\text{tube wall temperature} \quad t_w = t_c + \frac{\frac{h_o}{\phi_s}}{\frac{h_{io}}{\phi_t} + \frac{h_o}{\phi_s}} (T_c - t_c)$$

$$t_w = 169,7 \text{ F} = 349,6 \text{ K}$$

Maka diperoleh :

$$\mu_w \text{ campuran} = 0,429959284 \text{ cP}$$

$$\phi_s = \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} = 1,04 \text{ l/ft.jam}$$

$$\phi_s = 1,08$$

$$\text{Koreksi ho} = \frac{h_o}{\phi_s}$$

$$h_o = 15,83 \text{ btu/ft}^2 \cdot \text{F.jam}$$

clean overall coefficient (Uc)

$$U_c = \frac{1}{\frac{1}{h_{io}} + \frac{1}{h_o}}$$

Uc	=	8,795483402	Btu/ft <sup>2</sup> .F.jam
Design overall coefficient (Ud)			
Ud	=	72,07917718	Btu/ft <sup>2</sup> .F.jam
Dirt factor (Rd)			
$R_d = \frac{R_d}{U_c - U_d}$			
Rd	=	0,009982109	

### hot Fluid : tube side

4. Flow area			
$a_t = N_t \times a'_{t}$			
at	=	0,2786667	ft <sup>2</sup>
5. Mass Vel			
w	=	764,65636	kg/jam
	=	1685,779	lb/jam
Gt	=	w/at	
	=	6049,4462	lb/ft <sup>2</sup> .jam
6. Re			
D	=	1	in
	=	0,0833333	ft
$\mu$	=	0,1824234	cP
	=	0,4414647	lb/ft.jam
Ret	=	D*Gt/ $\mu$	
	=	1141,9271	
7. L/D	=	72	
jH	=	4	
8. Pada:			
Tc	=	250,7	F
c	=	97,357924	btu/lbF
k	=	0,1205328	BTU/jam.ft <sup>2</sup> .F
$(c\mu/k)^{(1/3)}$	=	7,0912154	
9. hi			
$h_i = \frac{k}{(c\mu)^{1/3}}$			
hi/ $\phi$ t	=	41,026757	
10. hio/ $\phi$ t	=	(hi/ $\phi$ t)*(ID/OD)	

$$= 21,826235$$

11. Pada :

$$\begin{aligned} tw &= 169,69266 & F \\ &= 349,64592 & K \end{aligned}$$

maka diperoleh viskositas campuran untuk shell :

Komponen	x	$\mu$	$x \cdot \mu$
HNO <sub>3</sub>	0,58	4,75E-01	0,27539
H <sub>2</sub> O	0,42	0,3680177	0,15457
Total	1	0,8428312	0,42996

$$\mu_w = 0,3680177 \text{ cP}$$

$$\phi_s = \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} = 0,8906028 \text{ lb/ft.jam}$$

$$\phi_t = 0,9064204$$

12. koreksi hio

$$\frac{h_{io}}{h_{io} \phi} = 19,783744 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam}$$

**Pressure Drop : Hot Fluid**

$$\begin{aligned} 1'. \text{ Res} &= 1672,496 \\ f &= 0,003 \\ s &= 1,29 \\ De &= 0,66666 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2'. \text{ No. of crosses,} &= 12L/B \\ N+1 &= 64 \text{ in} \\ &= 5,33333 \text{ ft} \end{aligned}$$

3'. Pressure drop

$$\begin{aligned} \Delta P_s &= \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N + 1)}{2 \cdot g_c} \\ &= 0,000670 \text{ Psi} \\ \text{Allowable } \Delta P_s &< 10 \text{ psi} \end{aligned}$$

**Cold Fluid**

$$\begin{aligned} 1. \text{ Ret} &= 1141,9271 \\ f &= 0,01 \\ s &= 1 \end{aligned}$$

2. pressure drop

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{0,0003713 \text{ Psi}}$$

3.  $G_t = 6049,4462$   
 $V^2/2g' = 0,001$

$$\Delta P_T = \frac{4n \cdot V^2}{0,012 \text{ Psi}}$$

4.  $\Delta t + \Delta T = 0,0123713 \text{ Psi}$

Allowable  $\Delta P_t < 10 \text{ psi}$

## 16. Cooler – 01

- Fungsi : Mendinginkan larutan  $C_2H_2O_4$  hingga  $80^\circ C$   
 Alat : Heat exchanger tipe Shell and Tube  
 Letak : Setelah EV-01

Memilih tipe Cooler :

Heater yang dipilih adalah tipe shell and tube dengan pertimbangan.

1. Luas area transfer panasnya lebih luas dibandingkan dengan lainnya.
2. Mudah membersihkannya.
3. Prosedur pengoperasiannya tidak berbelit-belit.
4. Konstruksinya sederhana

Memilih bahan konstruksi :

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

1. Bahan tahan korosi
  2. Bahan tahan terhadap tekanan dan suhu
- (Brownell, 1950) **ref : kern hal 149**

\*) *LMTD*

Diketahui data :

1.  $Q = 82661,11815 \text{ kJ/jam}$
2. Fluida panas : produk evaporator
 

Tin	= 100 C	= 373,15
	= 212 F	
Tout	= 70 C	= 343,15
	= 158 F	

Fluida dingin : cooling

water

$$\begin{aligned}
 \text{tin} &= 30 \text{ C} = 303,15 \\
 &= 86 \text{ F} \\
 \text{tout} &= 45 \text{ C} = 318,15 \\
 &= 113 \text{ F}
 \end{aligned}$$

Jadi :

Hot Fluid		Cold Fluid	Diff.	
212	Higher Temp	113	99	F
158	Lower Temp	86	72	F
54	Differences	27	27	( $\Delta t_2 - \Delta t_1$ )

(T1-T2)

(t2-t1)

$$\begin{aligned}
 \text{LMTD} &= 84,8799813 \text{ F} \\
 R &= \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\Delta t_2} = \frac{(T1-T2)/(t2-t1)}{2} \\
 S &= \frac{(t2-t1)/(T1-t1)}{0,214285714} \\
 Ft &= 0,9 \\
 \Delta t &= \text{LMTD} * Ft = 76,39198317 \text{ F} \\
 3. \Delta tc / \Delta th &= 0,5 \\
 Kc &= 0,876106195 \\
 Fc &= 0,43 \\
 Tc &= T2 + Fc * (T1 - T2) = 181,22 \\
 tc &= t1 + Fc * (t2 - t1) = 97,61
 \end{aligned}$$

\*) Menentukan densitas

cold fluid

$$\begin{aligned}
 \rho &= 1022,875267 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 63,82741667 \text{ lb/cuft}
 \end{aligned}$$

\*) Viskositas

$$\mu = 0,815034472 \text{ cP}$$

\*) Harga konduktivitas termal

$$\begin{aligned}
 k &= 0,613284939 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \\
 &= 0,10807803 \text{ BTU/jam.ft}^2 \cdot \text{F}
 \end{aligned}$$

\*) Spesific heats



Komponen	BM	Cp	c
		(kJ/mol.K)	(Btu/lb.F)
H <sub>2</sub> O	18	377,4863816	4,82344

### Hot fluid

$$\begin{aligned} \rho \text{ campuran} &= 1395,29 \text{ kg/m}^3 \\ &= 87,0659 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

$$\mu \text{ campuran} = 1,05018 \text{ cP}$$

$$\begin{aligned} k &= 1,06122 \text{ W/m}^2.\text{K} \\ &= 0,18702 \text{ BTU/jam.ft}^2.\text{F} \end{aligned}$$

Komponen	BM	Cp	c
		(kJ/mol.K)	(Btu/lb.F)
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	180	15330	19,5883
H <sub>2</sub> O	18	5265,64	67,2831
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	181,9	9142	11,5594
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	90,04	6370	16,2717
Total	469,94	36107,6	114,703

### \*) densitas

Komponen	Massa	x	$\rho$	x. $\rho$
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	48,0624	0,03015	1585,65	47,8124
H <sub>2</sub> O	532,231	0,33391	965,626	322,432
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,40312	0,00151	4526,52	6,82447
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1011,24	0,63443	1604,94	1018,22
Total	1593,94	1	8682,73	1395,29

### \*) viskositas

Komponen	x	$\mu$	x. $\mu$
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	0,03015	0,1	0,00302
H <sub>2</sub> O	0,33391	2,79E-01	0,09305
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00151	1,12E+00	0,00169
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,63443	1,50122	0,95242
Total	1	3,00244	1,05018

\*) *Spesific gravity*

$$s = 1$$

	HOT FLUID	COLD FLUID
$\rho_{\text{camp}}$ , (lb/ft <sup>3</sup> )	87,0659224	63,82741667
$\mu_{\text{camp}}$ (cp)	1,05E+00	8,15E-01
k (Btu/jam.ft.°F)	0,18701666	0,10807803
c (Btu/lb.°F)	114,7025553	4,823437098
s camp	1,434781864	1

\*) *Nilai Ud*

Untuk heater 1 dengan pemanas steam dan fluida dingin merupakan medium organik diperoleh nilai Ud :

$$\begin{aligned} \text{Ud} &= 200-700 \quad \text{Btu/Ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam} \\ \text{dipilih} &= 200 \quad \text{Btu/Ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam} \\ &\quad \text{(Kern hal 840)} \end{aligned}$$

\*) *nilai A*

$$A = \frac{Q}{U_d}$$

$$A = \frac{5,41032675}{9} \text{ ft}^2$$

$A < 200 \text{ft}^2$  double pipe, karena  $A > 200 \text{ft}^2$  maka digunakan HE jenis Shell And Tube

panjang

standart 6, 8, 12,16, 20 ft

tube =

dengan:

$$\begin{aligned} A &= \frac{5,4103267}{59} \text{ ft}^2 \\ a'' &= \frac{0,196}{3} \text{ ft}^2/\text{lin.ft} \\ L &= 6 \text{ Ft} \\ \text{jumlah tube(Nt)} &= \frac{A/a'' \cdot L}{92} \\ &= \frac{4,5935869}{92} \\ \text{standarisasi} &= 16 \\ &\quad \text{(Kern, hal 841)} \end{aligned}$$



Tabel 9 Kern hal 841, dirancang square pitch

Parameter Design :

Pipe = 1,0000 in. OD tubes (Kern tabel 9)  
 Pitch = 1,25 square pitch

Shell side	in
ID	8
baffle	3
Pass	1

Tube side	in
Numb&Length	16
OD	1,00
BWG	8
Pitch	1
Pass	2

Tabel 10, Kern hal 843		in	ft	m
OD pipe	=	1	0,08333	0,0254
ID pipe	=	0,67	0,05583	0,0170
Pitch, PT	=	1,25	0,10416	0,0317
Panjang pipa, Lt	=		6	1,8288

		in <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup> /ft	m <sup>2</sup>
Surface per lin ft, a''t (outside)	=	28,2672	0,1963	0,0182
Flow area per tube, a't	=	0,836	0,0058	0,0005

**koreksi Ud**

$$A = a'' \cdot Nt \cdot L$$

$$= 30,6228 \text{ ft}^2$$

$$Ud = Q/A \cdot \Delta T_{LMTD}$$

$$= 35,33528455 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam}$$

**Hot Fluid : shell side**

4' Flow area

$$a_s = \frac{ID \times C' \times B}{4}$$

dengan :

$$C' = 4/16 \text{ in}$$

$$B = 3 \text{ in}$$

$$Pt = 1 \frac{4}{16} \text{ in}$$

sehingga :

$$a_s = 0,766666667 \text{ ft}^2$$

5' Mass Vel

$$W = 1593,935734 \text{ kg/jam}$$

$$= 3514,027379 \text{ lb/jam}$$

$$Gs = W/a_s$$

$$= 4583,513972 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Re} &= \\
 D &= 8 \text{ in} \\
 &= 0,666666667 \text{ ft} \\
 \mu &= 1,0501757 \text{ cP} \\
 &= 2,541425194 \text{ lb/ft.jam} \\
 \text{Re} &= \frac{D \cdot G_s}{\mu} \\
 &= 1202,347403 \\
 jH &= 20 \\
 \text{Pada:} & \\
 T_c &= 181,22 \text{ F} \\
 C &= 114,7025553 \text{ btu/lbF} \\
 K &= 0,18701666 \text{ BTU/jam.ft}^2.\text{F} \\
 (c\mu/k)^{(1/3)} &= 11,59462507
 \end{aligned}$$

$$\text{Ho} = \frac{h_o}{k} (\frac{c\mu}{k})^{1/3}$$

$$\text{ho}/\phi_s = 65,05164147$$

$$\text{tube wall temperature} \\
 t_w = t_c + \frac{\frac{h_o}{\phi_s}}{\frac{h_{io}}{\phi_t} + \frac{h_o}{\phi_s}} (T_c$$

$$\text{tw} = 172,3390728 \text{ F}$$

Pada :

$$\text{tw} = 172,3390728 \text{ F}$$

$$351,1161515 \text{ K}$$

maka diperoleh :

$$\mu_w = 0,956337022 \text{ cP}$$

=

$$2,314335593 \text{ lb/ft.jam}$$

$$\phi_s = (\frac{\mu}{\mu_w})^{0,14}$$

$$\phi_s = 1,013190571$$

$$\text{koreksi ho} = \frac{h_o}{\phi_s}$$

$$h_o = 65,90970976 \text{ Btu/ft}^2\cdot\text{F}\cdot\text{jam}$$

clean overall coefficient ( $U_c$ )

$$U_c = \frac{h_{i_o} h_o}{U_c}$$

$$U_c = 7,657871185 \text{ Btu/ft}^2\cdot\text{F}\cdot\text{jam}$$

Design overall coefficient ( $U_d$ )

$$U_d = 35,33528455 \text{ Btu/ft}^2\cdot\text{F}\cdot\text{jam}$$

Dirt factor ( $R_d$ )

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c}$$

$$R_d = 0,010228427$$

#### Cold Fluid : tube side

4. Flow area

$$a_t = \frac{N_t \times a' t}{a_t}$$

$$a_t = 0,2786667 \text{ ft}^2$$

5. Mass Vel

$$w = 1318,0438 \text{ kg/jam}$$

$$= 2905,7897 \text{ lb/jam}$$

$$G_t = w/a_t$$

$$= 10427,475 \text{ lb/ft}^2\cdot\text{jam}$$

6. Re

$$D = 1 \text{ in}$$

$$= 0,0833333 \text{ ft}$$

$$\mu = 0,8150345 \text{ cP}$$

$$= 1,9723834 \text{ lb/ft}\cdot\text{jam}$$

$$Re_t = \frac{D \cdot G_t}{\mu}$$

$$= 440,56153$$

7. L/D

$$= 72$$

$$j_H = 2$$

8. Pada:

$$t_c = 97,61 \text{ F}$$

$$c = 4,8234371 \text{ btu/lbF}$$

$$k = 0,108078 \text{ BTU/jam}\cdot\text{ft}^2\cdot\text{F}$$

$$(c\mu/k)^{(1/3)} = 4,4483968$$

9. Hi

$$h_i = k \sqrt[3]{\rho \mu}$$

$$h_i/\phi t = 11,538575$$

10.  $h_{io}/\phi t = (h_i/\phi t) \cdot (ID/OD)$ 

$$= 7,7308452$$

11. Pada :

$$tw = 172,33907 \text{ F}$$

$$= 351,11615 \text{ K} \quad 77,9662$$

**maka diperoleh viskositas untuk shell side :**

Komponen	X	$\mu$	$x \cdot \mu$
C6H12O6	0,03015	0,1	0,00302
H2O	0,33391	3,61E-01	0,12053
V2O5	0,00151	1,12E+00	0,00169
C2H2O4	0,63443	1,31E+00	0,8311
Total	1	2,8935019	0,95634

$$\mu_w = 0,3609572 \text{ cP}$$

$$= 0,8735164 \text{ lb/ft.jam}$$

$$\phi_s = \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

$$\phi_s = 1,1207812$$

12. koreksi hio

$$h_{io} = \frac{h_{io}}{\phi_s}$$

$$h_{io} = 8,664586 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam}$$

**Pressure Drop :**

$$Re_s = 1202,347403$$

$$F = 0,003$$

$$S = 1,434781864$$

$$De = 0,666666667 \text{ ft}$$

$$\text{No. of crosses, } N+1 = 12L/B$$

$$= 64 \text{ in}$$

$$= 5,333333333 \text{ ft}$$

## Pressure drop

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N + 1)}{0,00063787} \text{ Psi}$$

 Allowable  $\Delta P_s < 10$  psi

$$\begin{aligned} 1. \quad \text{Ret} &= 440,56153 \\ f &= 0,01 \\ s &= 1 \end{aligned}$$

2. pressure drop

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{0,0008921} \text{ Psi}$$

$$\begin{aligned} 3. \quad G_t &= 10427,475 \\ V/2g' &= 0,001 \end{aligned}$$

$$\Delta P_T = \frac{4n \cdot v^2}{0,012} \text{ Psi}$$

$$4. \quad \Delta t + \Delta T = 0,0128921 \text{ Psi}$$

 Allowable  $\Delta P_t < 10$  psi

## \*Summary

65,90970976	h outside	8,664586038
Uc	Calculated	7,657871185
Ud	Trial	200
Ud	Calculated	35,33528455
Rd	Calculated	0,010228427
Rd	Required	<b>0,003</b>
$\Delta P_s$	Calculated	0,00063787
$\Delta P_t$	Calculated	0,012892089

## 17. Bucket Elevator

Fungsi : Memindahkan Asam Oksalat Dihidrat dari Cooling Conveyor ke tempat penyimpanan produk

Tipe : *Countinuous Discharge Bucket Elevator*

Dasar pemilihan : Untuk meminahkan dengan bahan ketinggian tertentu

**Perhitungan :**

**Diketahui :**

Laju massa	=	1010,1	kg/jam
	=	1,0101	ton/jam
H bucket	=	H silo + jarak dari dasar	
	=	6,3636	m
	=	1	m
	=	20,878	ft

**Perhitungan power**

(Perry 7 tabel 21-8)

Kapasitas max	=	14	ton/jam
Power head shaft	=	1	Hp
Power tambahan	=	0,02	Hp tiap ft
	=	0,41756	Hp

sehingga

:			
Power total	=	1,41756	Hp
Efisiensi	=	80%	
Power seharusnya	=	1,77195	Hp
Standarisasi	=	2	Hp

**Dari Perry 7ed tabel 21-8 sesuai kapasitas dipilih spesifikasi sebagai berikut :**

Ukuran	=	6 in x 4 in x 4 ¼ in	
	=	0,1524 m x 0,1016 m x 0,1080 m	
Bucket spacing	=	12 in	= 30,48 cm
Elevator center	=	25 ft	= 7,6200 m
Tinggi tumpukan bahan	=	¾ in	= 1,9050 cm
Bucket speed	=	225	ft/min
Putaran head saft	=	43	rpm
Lebar belt	=	7 in	= 0,1778 cm

## 18. Silo

Fungsi : Menyimpan produk asam oksalat dihidrat

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. Bahan yang disimpan merupakan jenis asam organik kuat.
2. Tahan korosi

(Brownell, hal. 342)

\*) Menentukan fraksi volume

Komponen	Input	x	$\rho$	$\rho \cdot x$
	(kg/jam)		(kg/m <sup>3</sup> )	
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ·6H <sub>2</sub> O	1005,84	0,995785	1683,97	1676,87
H <sub>2</sub> O	4,25785	0,004215	1022,88	4,3117
Total	1010,1	1	2706,84	1681,18

$$\begin{aligned} \rho \text{ campuran} &= 1681,182 \text{ kg/m}^3 \\ &= 104,9058 \text{ lb/cuft} \\ F_v \text{ campuran} &= 0,600828 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 21,21805 \text{ cuft/jam} \end{aligned}$$

\*) Menentukan kapasitas tangki

$$\begin{aligned} \text{lama penyimpanan} &= 7 \text{ hari} \\ \text{jumlah tangki} &= 2 \text{ buah} \\ V \text{ 1 tangki, 7 hari} &= 3564,633 \text{ cuft} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{overdesign} &= 20\% \\ V \text{ 1 tangki} &= 4277,559 \text{ cuft} \\ &= 121,1269 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

\*) *Menghitung tinggi dan diameter*

karena termasuk small and medium tank maka berdasarkan persamaan (3.1) di Brownell hal 41 :

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

karena termasuk small and medium tank maka  $H=D$  di Brownell hal 43, jadi persamaannya :

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

Jadi,	D =	17,59714	ft
	=	211,1657	in
	=	5,363609	m
	H =	17,59714	ft
	=	211,1657	in
	=	5,363609	m

\*) *Menghitung tekanan desain*

$$P \text{ operasi} = P_B + P_L$$

dengan :

PB = tekanan vertikal dasar bejana

PL = tekanan lateral

$$P_B = \frac{r \cdot \rho_{\text{bahan}} \cdot \left(\frac{g}{g_c}\right)}{2\mu' \cdot k'} \cdot [1]$$

(McCabe, pers 26-24)

dengan :

r =	jari - jari
=	8,798571 ft
$\rho$ bahan =	densitas solid campuran
=	104,9058 lb/cuft
g/gc =	percepatan gravitasi
=	1 ft/s <sup>2</sup>

$\mu'$	=	koefisien gesek	
	=	0,35-0,55	(McCabe, hal 299)
	=	0,45	
$k'$	=	rasio tekanan normal (sudut 30)	
	=	0,21191	
$Z_t$	=	tinggi total material	
	=	14,078 ft	
$P_B$	=	1272,778 lbf/ft <sup>2</sup>	
	=	8,838737 psi	
$P_L$	=	$k'.P_B$	(McCabe, hal 302)
	=	1,873015 psi	

sehingga :

$P$ operasi	=	10,71175 psi
safety factor	=	20%
$P$ desain	=	12,8541 psi

\*) Menghitung tebal shell

Dirancang menggunakan 304 stainless steel

(Brownell, pers 13.1 hal 254)

Dengan :	$t_s = \frac{P \cdot r}{fE - 0,6P}$	
$t_s$	=	tebal shell
$r$	=	jari - jari
	=	105,5828 in
$E$	=	efisiensi pengelasan
	=	0,85
$C$	=	faktor korosi
	=	0,125
$f$	=	tegangan yang diizinkan
	=	18750 psi
		(Brownell hal 342)
$P$	=	12,8541 psi

Sehingga :

$$t_s = 0,21020 \text{ in}$$

Distandarisasi : = 0,1875 in

Sehingga OD :

$$OD = ID + 2t_s$$

$$= 18,01754 \text{ ft}$$

\*) *Menghitung tinggi dan tebal tutup bawah tangki*

Tebal conical bottom dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$th = \frac{Pd \times D}{2\text{Cos } \alpha ((f.E) - (0,6.Pd))}$$

dengan  $\alpha$  adalah  $1/2$  sudut conis yaitu  $30/2=15$

$$\begin{aligned} \text{th} &= 0,123364 \text{ In} \\ \text{tebal terstandarisasi} &= 0,1875 \text{ In} \end{aligned}$$

### Tinggi conical

tinggi conical bottom dapat dihitung menggunakan rumus aturan tangensial:

$$\begin{aligned} \text{Tan } \theta &= Hh/0,5.(D-m) \\ \text{Hh} &= \text{Tan } \alpha*(0,5.D) \\ &= 7,5 \text{ ft} \end{aligned}$$

\*) *Menghitung tinggi tangki*

Jadi tinggi total

$$\begin{aligned} \text{tangki} &= \text{H bottom} + \text{H tangki} \\ &= 25 \text{ ft} \\ &= 8 \text{ m} \end{aligned}$$

## 19. Filter Udara

Fungsi : Menyaring debu yang terdapat dalam udara yang akan digunakan sebagai pengering rotary dryer

Bentuk : *Dry throwaway*

Bahan : 304 Stainless steel

## \*) Menghitung kadar debu dalam udara

$$\begin{aligned}
 \text{Rate bahan masuk} &= 1091 \text{ kg/jam} \\
 &= 2405,24 \text{ lb/jam} \\
 \text{Densitas udara} &= 0,07589 \text{ lb/cuft} \\
 F_v &= 31693,8 \text{ cuft/jam} \\
 &= 528,23 \text{ cuft/menit}
 \end{aligned}$$

(App. A.3-3,  
Geankoplis hal  
866)

Dari tabel 17-8 Perry 7ed, diketahui kadar debu dalam udara adalah 1gr/1000cuft sehingga kadar debu dalam udara :

**berat debu****1**

$$w \text{ debu} = 0,52823 \text{ gram/menit}$$

## \*) Menghitung dimensi filter udara

Dari tabel 17-9 Perry 7th ed, hal 17-50.

didapat:

digunakan ukuran standar

$$\begin{aligned}
 \text{face dimensions} &= 24 \times 24 \text{ in} \\
 \text{depth less gaskets} &= 11 \frac{1}{2} \text{ in}
 \end{aligned}$$

**20. Blower**

- Fungsi : Memindahkan udara kering ke rotary dryer  
 Type : centrifugal blower  
 Dasar pemilihan : sesuai dengan jenis bahan, efisiensi tinggi

## \*) Menghitung fraksi volume udara

$$\begin{aligned}
 \text{massa udara} &= 2103,12 \text{ kg/jam} \\
 &= 4636,59 \text{ lb/jam} \\
 \text{BM udara} &= 29 \\
 P &= 1 \text{ atm} \\
 \rho &= 0,07589 \text{ lb/cuft} \\
 F_v &= 61096,2 \text{ cuft/jam} \\
 &= 1018,27 \text{ cuft/menit} \\
 &= 1730,05 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

\*) Menghitung power

$$\begin{aligned}
 P1 &= 14,7 \text{ psi} \\
 &= 101,352 \text{ kPa} \\
 P2 &= P1 + 15 \text{ kPa} \\
 &= 116,352 \text{ kPa} \\
 &= 16,8755 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

$$H_p = 1,57 \cdot 10^{-4} Q \cdot (P_2) \quad (\text{Perry 7ed hal 10-46})$$

$$\begin{aligned}
 H_p &= 0,5909 \text{ Hp} \\
 \text{efisiensi motor} &= 40-80\% \\
 &= 80\% \\
 \text{power total} &= 0,73862 \text{ Hp} \\
 \text{Distandarisasi} &= 1 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

## 21. Screw Conveyor – 01

- Fungsi : untuk memindahkan bahan dari kristalizer ke centrifuge  
 Bentuk : *Plain spouts or chutes*  
 Dasar pemilihan : umum digunakan untuk slurry dengan sistem tertutup

\*) Menghitung power

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ campuran} &= 1405,59 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 87,7087 \text{ lb/cuft} \\
 C_p \text{ campuran} &= 4034,31 \text{ J/mol.K} \\
 &= 58,6074 \text{ J/kg.K} \\
 F_v \text{ campuran} &= 1,134 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 40,0468 \text{ cuft/jam} \\
 &= 0,66745 \text{ cuft/menit} \\
 V \text{ larutan} &= 0,66745 \text{ cuft/menit} \\
 \text{overdesign} &= 20\% \\
 V \text{ total} &= 0,80094 \text{ cuft/menit} \\
 \text{bahan termasuk kelas D dan} & \\
 F &= 3
 \end{aligned}$$

**Power motor**  
**C. L. W. F**

(Badger, pers 16-5)

Dengan :

$$C = \text{kapasitas}$$

$$\begin{aligned}
 L &= \text{panjang} \\
 &= 3,57631 \quad \text{m} \quad = 11,7333 \quad \text{ft} \\
 W &= \text{densitas bahan} \\
 F &= \text{faktor bahan} \\
 &= 3
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 \text{Power motor} &= 0,07493 \quad \text{Hp} \\
 \text{efisiensi faktor} &= 80\% \\
 \text{Power motor} &= 0,09367 \quad \text{Hp} \\
 \text{Distandarisasi} &= 1 \quad \text{Hp}
 \end{aligned}$$

Dari Perry, tabel 21.6 untuk kapasitas terkait diperoleh data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_v &= 200 \quad \text{cuft/jam} \\
 \text{Diameter flight} &= 9 \quad \text{in} \\
 \text{Speed putaran} &= 40 \quad \text{rpm} \\
 \text{Sehingga diperoleh besaran sebagai berikut :} \\
 \text{Diameter flight} &= 2,16253 \quad \text{in} \\
 \text{Speed putaran} &= 9,6 \quad \text{rpm} \\
 &= 12 \quad \text{rpm}
 \end{aligned}$$

\*) Menghitung diameter dan panjang

Digunakan rasio :

$$\begin{aligned}
 m &= L/D \\
 &= 6 \quad \text{(Hugot hal 697)} \\
 V &= \frac{\pi \cdot D^3 \cdot L}{2} \quad \text{(Hugot pers 35.5)} \\
 &= \frac{\pi \cdot D^3 \cdot L}{2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= 0,59605 \quad \text{m} \\
 L &= 3,57631 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

## 22. Heater Udara

Fungsi : Memanaskan udara dari 30 C menjadi 120 C  
 Bentuk : 1-2 shell and tube heat exchanger (fixed tube)  
 Dasar : umum digunakan dan mempunyai range perpindahan panas  
 pemilihan : yang besar

Kondisi operasi :

T : 120 C  
 P : 1 Atm  
 Waktu proses : kontinyu

\*) Menentukan steam yang dibutuhkan

Massa udara =	2103,12	kg/jam
=	4636,59	lb/jam
Q yang dibutuhkan =	7020,9	kJ/jam
=	6654,41	btu/jam
steam yang digunakan =	20,4299	kg/jam
=	45,0401	lb/jam

\*) Menentukan  $\Delta T$

Tin udara =	30 C	=	86 F
Tout udara =	140 C	=	284 F
Tin steam =	150 C	=	302 F
$\Delta T_1$ =	18 F		
$\Delta T_2$ =	216 F		

$\Delta T$  LMTD  
 —  $\frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$

$\Delta T$  LMTD = 79,6811 F

$\Delta T = FT \cdot LMTD$

untuk 1-2 shell and tube nilai FT :

FT = 0,75-0,8 (Kern hal 225)

Dipilih = 0,8

Sehingga :

$\Delta T = 63,7448$  F

\*) Menentukan jumlah tube

diketahui :

$$\begin{aligned} T_c &= T_{av \text{ media}} \\ &= 302 \text{ F} \\ t_c &= t_{av \text{ bahan}} \\ &= 185 \text{ F} \end{aligned}$$

Dipilih : (Kern hal 842-843)

$$\begin{aligned} OD &= 0,75 \text{ in} \\ BWG &= 16 \\ Pitch &= 1 \text{ in} \\ L &= 7 \text{ ft} \\ a &= 0,1963 \text{ ft}^2 \\ UD &= 5 \text{ btu/jam.ft}^2 \quad (\text{Kern, tabel 8}) \end{aligned}$$

sehingga :

A

Q

$$A = 22,0281 \text{ ft}^2$$

Nt

A

$$\begin{aligned} N_t &= 16,031 \text{ buah} \\ \text{digunakan } N_t &= 26 \text{ buah} \quad (\text{Kern, tabel 9}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tube passes} &= 2 \\ \text{ID Shell} &= 8 \text{ in} \\ \text{Pitch} &= 1 \text{ in}^2 \\ \text{A baru} &= 30,6228 \text{ ft}^2 \\ \text{UD baru} &= 3,59669 \text{ btu/jam.ft}^2 \\ \text{shell passes} &= 1 \end{aligned}$$

### 23. Pompa – 01

Fungsi : Mengalirkan bahan baku glukosa dari truk ke tangki penyimpanan  
 Tipe : centrifugal pump  
 Bahan : commercial steel

#### Langkah Perencanaan

##### a. Menentukan Tipe Pompa

Dalam perancangan ini dipilih pompa sentrifugal dengan pertimbangan : (Peters, hal 521)

- Dapat digunakan untuk kapasitas 15-5000 gpm





- Konstruksinya sederhana, harganya relatif murah dan banyak tersedia di pasaran
- Kecepatan putarannya stabil
- Biaya perawatan paling murah dibandingkan dengan tipe pompa yang lain

#### b. Menentukan Bahan Konstruksi Pompa

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Commercial Steel* karena :

- Tahan korosi
- Memiliki batas tekanan yang diijinkan besar (s.d 22500 psi)
- Memiliki batas suhu yang diijinkan besar (-65 °F - 650 °F)

\*) Menentukan *properties of pipe*

diketahui :

T	=	30	C
	=	303,15	K
P	=	1	atm
Rate massa	=	508,8955772	kg/jam
	=	0,311645248	lb/s
$\rho$ campuran	=	1278,545395	kg/m <sup>3</sup>
	=	79,78123268	lb/cuft

Komponen	x	$\mu$ (cP)	x. $\mu$
C6H12O6	0,85	14	11,9
H2O	0,15	8,15E-01	0,12225517
Total	1	14,81503447	12,0222552

Viskositas camp	=	12,02225517	cP
	=	0,008078582	lb/ft.s
Fv campuran	=	0,398026991	m <sup>3</sup> /jam
Dalam 24 jam yang dipompa	=	9,552647795	m <sup>3</sup> /hari
V truk	=	53,49482765	m <sup>3</sup>

(kapasitas tangki 1,5 lipat dari tangker/truk berdasarkan Carl Branen hal 459)

Apabila glukosa tersebut harus dipompa dari truk ke tangki penyimpanan dalam waktu 60 menit, Maka :

$$\begin{aligned} Q \text{ pompa} &= 53,49482765 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,524764942 \text{ cuft/s} \\ &= 235,5308622 \text{ gall/menit} \end{aligned}$$

Diperkirakan aliran fluida turbulen :

$$N_{re} = >2100$$

sehingga menggunakan persamaan :

$$D_i \text{ opt} = 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \quad (\text{Peters, pers 45 hal 365})$$

Dengan :

$D_i \text{ opt}$  = diameter dalam optimum, in

$Q$  = kecepatan volumetrik, cuft/s

$\rho$  = densitas fluida, lb/cuft

sehingga diperoleh :

$$D_i \text{ opt} = 5,155797712 \text{ In}$$

Dari data tersebut, berdasarkan properties of pipe di Brownell hal 387 diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{NPS} &= 4 \text{ in} \\ \text{OD} &= 4,5 \text{ in} = 0,375 \text{ ft} \\ \text{ID} &= 4,216 \text{ in} = 0,35133 \text{ ft} = 0,10709 \text{ m} \\ \text{A} &= 1,944 \text{ in}^2 \\ &= 0,0135 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

\*) Menentukan kecepatan linier

$$v = Q/A$$

Dengan :

$v$  = kecepatan linier aliran fluida

$Q$  = laju alir volumetrik

$A$  = inside sectional area

sehingga :

$$\begin{aligned} v &= 38,87147716 \text{ ft/s} \\ &= 11,84802624 \text{ m/s} \end{aligned}$$

\*) Menentukan  $N_{Re}$

$$\frac{N_{Re}}{\rho v D} \quad (\text{Cuolson Vol 6, pers 5.4 hal 202})$$

sehingga :

$$N_{re} = 134870,2 \quad (N_{re} > 2100, \text{ jadi aliran turbulen})$$

Dari  $N_{Re}$  yang ada, untuk commercial steel maka diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{absolute roughness} &= 0,046 \text{ mm} && \text{(Cuolson Vol 6, tabel 5.2)} \\ \text{Relative roughness} &= 0,00042956 && \\ f = \text{friction factor} &= 0,0025 && \text{(Cuolson Vol 6, fig 5.7 hal 203)} \end{aligned}$$

\*) Menentukan *pressure drop*

Komponen		Jumlah	Le/D		L atau Le (m)
			(ft)	(m)	
Pipa lurus	horizontal	3	10,9361	3,3333	10
	vertikal	3	3,5550	1,0835	3
Fitting	standar elbow 90°	3	35	10,668	1,1424
	coupling	3	2	0,6096	0,0652
	gate valve (wide open)	1	9	2,7432	0,2937
Total					14,7521

$$\Delta P_f = f \left( \frac{L}{D} \right) \rho \cdot v^2 \quad \text{(Cuolson Vol 6, pers 5.3 hal 201)}$$

$$\Delta P_f = 247245,7916 \text{ N/m}^2$$

\*) Menghitung perbedaan tinggi

$$\begin{aligned} z_1 &= 0 \text{ Ft} \\ z_2 &= 9 \text{ Ft} \\ &= 2,750704181 \text{ M} \\ \Delta z &= -9 \text{ Ft} \\ &= -2,750704181 \text{ M} \end{aligned}$$

\*) Menghitung perbedaan tekanan

$$\begin{aligned} P_1 &= 1 \text{ atm} \\ P \text{ tangki} &= 1,675186434 \text{ atm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta P &= -0,675186434 \text{ atm} \\ &= -68413,2638 \text{ N/m}^2\end{aligned}$$

\*) Menentukan static head

$$\begin{aligned}\text{static head} &= \frac{\Delta P}{\rho} \\ &= 5,460068379 \text{ m}\end{aligned}$$

\*) Menentukan dynamic head

$$\begin{aligned}\text{dynamic head} &= \frac{\Delta P_f}{\rho} \\ &= 19,73270758 \text{ m}\end{aligned}$$

\*) Menghitung total head

$$\begin{aligned}\text{Head total} &= \text{static head} + \text{dynamic head} \\ &= 25,19277596 \text{ m} \\ &= 82,65346442 \text{ ft}\end{aligned}$$

Dari data yang ada, diperoleh jenis centrifugal pump :

$$\begin{aligned}\text{Jenis centrifugal pump} &= \text{single - stage} \\ \text{kecepatan putaran} &= 3500 \text{ rpm}\end{aligned}$$

\*) Menghitung energi mekanik pompa

$$g\Delta z + \frac{\Delta P}{\rho} - \frac{\Delta P_f}{\rho} - W$$

dengan :

$$\begin{aligned}W &= \text{energi} \\ \Delta z &= \text{perbedaan tinggi} \\ &= 2,750704181 \text{ m} \\ \Delta P &= \text{perbedaan tekanan operasi} \\ &= -68413,2638 \text{ N/m}^2 \\ \Delta P_f &= \text{pressure drop} \\ &= 247245,7916 \text{ N/m}^2 \\ \rho &= \text{densitas fluida} \\ &= 1278,545395 \text{ kg/m}^3 \\ g &= \text{percepatan gravitasi} \\ &= 9,8 \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

sehingga :

$$-W = 273,8461053 \text{ J/kg}$$

\*) Menghitung specific speed

$$N_s = \frac{N Q^{1/2}}{1.73 \cdot 10^4}$$

dengan :

$$\begin{aligned} N &= 3500 \text{ rpm} \\ Q &= 0,014859674 \text{ m}^3/\text{s} \\ h &= 25,19277596 \text{ m} \end{aligned}$$

sehingga :

$$N_s = 2003 \text{ Rpm}$$

Menurut Coulson and Richardson (halaman 200), impeller pompa dapat dipilih berdasarkan Specific Speed-nya, jika:

1.  $N_s < 1000$ , pilih Radial Flow Impellers
2.  $N_s = 1001 - 7000$ , pilih Mixed Flow Impellers
3.  $N_s > 7000$ , pilih Axial Flow Impellers

Sehingga, untuk pompa dengan  $N_s = 2.003 \text{ rpm}$ , digunakan pompa jenis:

Mixed flow impellers

\*) Menghitung power pompa

$$\text{Power} = \frac{W \cdot m}{\eta} \quad (\text{Coulson Vol 6, pers 5.6a hal 207})$$

dengan :

$$\begin{aligned} m &= \text{mass flow rate} \\ &= 0,141359883 \text{ kg/s} \\ \eta &= \text{Efisiensi} \\ &= 70\% \end{aligned}$$

(Coulson Vol 6, fig 5.9 hal

sehingga :

$$\text{Power} = 55,30121898 \text{ W}$$

$$= 0,074160041 \text{ Hp}$$

$$\text{safety factor} = 25\%$$

$$\text{power total} = 0,1 \text{ Hp}$$

$$\text{Distandarisasi} = 1 \text{ Hp}$$

## LAMPIRAN C UTILITAS

Utilitas berfungsi untuk menyediakan bahan – bahan penunjang untuk mendukung kelancaran pada sistem produksi di seluruh pabrik. Unit – unit yang ada di Utilitas terdiri dari :

1. Unit penyediaan dan pengolahan air (water treatment system)
2. Unit pembangkit dan pendistribusian listrik (Power Plant and Power Distribution System)
3. Unit pembangkit steam (Steam Generation System)
4. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

### 1. Penyediaan Air Untuk Proses

#### A. Kebutuhan air proses untuk keperluan pendingin

$$\text{Density} = A. B^{-(1-T/Tc)^n}$$

$$T = 30^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K}$$

$$t_a = 86^\circ\text{F} = 30,0^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K}$$

$$\rho = 1022,8753 \text{ kg/m}^3$$

No.	Nama Alat	Kebutuhan Air
1	R-01	24,828 kg/jam
2	HE-03	24,278 kg/jam
3	CR-01	9,916 kg/jam
Jumlah Kebutuhan		59,023 kg/jam

Over design 10%, kebutuhan air pendingin = 64,925 kg/jam

#### b. Kebutuhan Make Up Water (Wm)

Laju massa air masuk menara pendingin

$$W_c = 64,925 \text{ kg/jam}$$

Make Up Water

$$W_m = W_e + W_d + W_b \quad (\text{Perry's, Eq 12-9})$$

#### c. Menghitung Jumlah air yang menguap (We)

$$T_{in} = 40^\circ\text{C}$$

$$W_e = 0,00085 * W_c * (T_{in} - T_{out})$$

$$T_{out} = 28^\circ$$

$$= 0,662237982 \text{ kg/jam}$$

## d. Menghitung Blow Down (Wb)

$$Wb = We / (\text{siklus} - 1) \quad (\text{Perry's, Eq 12-2})$$

$$= 0,331118991 \text{ kg/jam}$$

siklus berkisar 3-5 putaran, dipilih 3 putaran

## e. Menghitung Jumlah Air terbawa aliran uap keluar tower (Wd)

$$Wd = 0,15\% * Wc \text{ drift loss mempunyai harga antara } 0,1 - 0,2\%$$

$$Wc = 0,0974 \text{ kg/jam} \quad \text{dipilih } 0,15\%$$

Sehingga Jumlah Air Make Up (Wm)

$$Wm = 1,0907 \text{ kg/jam}$$

Total Air yang dibutuhkan (awal) = 66,016 kg/jam

## B. Penyediaan Air Untuk Steam (Saturated Steam)

## a. Air untuk pembuatan uap air (Steam) (Boiler Feed Water)

Kebutuhan meliputi :

No.	Nama Alat	Kebutuhan Steam
1	HE-01	14,413 kg/jam
2	HE-02	22,644 kg/jam
3	HE-04	10,167 kg/jam
Jumlah Kebutuhan		47,224 kg/jam

## b. Menghitung besarnya air make up, blowdown, dan air yang menguap Jumlah air make up yang digunakan untuk menyediakan uap (steam) adalah sebesar 20%

$$M \text{ air make up} = 20\% * (\text{steam})$$

$$= 9,4448 \text{ kg/jam}$$

Blowdown pada boiler adalah 10% dari kebutuhan air boiler

$$\text{Blowdown} = 10\% * (\text{steam})$$

$$= 4,7224 \text{ kg/jam}$$

Air yang menguap adalah 5% dari kebutuhan air di boiler

$$\text{Air yang menguap} = 5\% * (\text{steam})$$

$$= 2,361196265 \text{ kg/jam}$$



Kebutuhan total air untuk steam = 56,67 kg/jam

## 2. Penyediaan Air Domestik

### A. Air Kantor

Jumlah karyawan = 168 orang

Kebutuhan air masing-masing orang diperkirakan = 110 lt/hari

(Menurut WHO setiap orang membutuhkan 100-110 L/hari)

Total kebutuhan air untuk karyawan = 787,6140 kg/jam

Total kebutuhan air untuk kantor = 1020,8333 kg/jam

B. Bengkel = 500 kg/hari = 20,83 kg/jam

C. Poliklinik = 1.000 kg/hari = 41,67 kg/jam

D. Laboratorium = 1.000 kg/hari = 41,67 kg/jam

E. Pemadam kebakaran = 10.000 kg/hari = 416,6667 kg/jam

F. Keperluan kantin, mushola, kebun, dll = 12.000 kg/hari = 500,0000 kg/jam

Total Kebutuhan Air untuk Kebutuhan Domestik = 1808,45 kg/jam

Kebutuhan air Make Up untuk sanitasi = 361,6894578 kg/jam

**Kebutuhan Air Total** = 1931,13 kg/jam

Diambil angka keamanan 20% = 2317,3584 kg/jam

**Kebutuhan Air Total secara Kontinyu** = 1818,983 kg/jam

Diambil angka keamanan 20% = 2182,7794 kg/jam

= 0,6063 kg/detik

= 0,0006 m<sup>3</sup>/detik

## 3. Perancangan Alat Pengolah Air

### a. filter (X-01)

Fungsi : Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar, misalnya : daun, ranting atau sampah-sampah lainnya.

Bahan : Aluminium

Ukuran lubang saringan yang digunakan berdiameter 1 cm.

Ukuran saringan yang digunakan panjang 15 ft dan lebar 10 ft. (Brown, 1961)

luas area = 150 ft<sup>2</sup>

### b. Bak Pengendap Awal (X-02)

Fungsi : Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai.

~~Alat : Bak persegi panjang yang diperkuat beton~~

bertulang.

Asumsi : Turbidity Raw Water = 850 ppm

(Powell ST, hal 14)

Kapasitas :

Jumlah kebutuhan air kontinyu  $W = 2.182,78 \text{ kg/jam}$

Suspended Solid,  $W_s = (850/10^6) * W$

$= 1,855 \text{ kg/jam}$  (Powell ST, hal 14)

Densitas,  $\rho = 1.022,88 \text{ kg/m}^3$

Over Design = 20 %

Kapasitas,  $Q = 1,2 * (W+W_s) / \rho = 2,563 \text{ m}^3/\text{jam}$

Waktu tinggal air dalam bak agar diperoleh % removal turbidity yang optimum sekitar 4 - 24 jam

Dirancang : Waktu tinggal masing-masing settling pond yaitu 12 jam.

Waktu tinggal  $t = 12 \text{ jam}$

Volume sebuah settling pond,

$V = Q * t = 30,755 \text{ m}^3 = 8.124,6645 \text{ gallon}$

Dimensi bak dirancang sebagai berikut :

Panjang = 4 X Tinggi

Lebar = 2 X Tinggi

$V = P \times L \times T = 4T \times 2T \times T = 8 T^3$

$T = (V / 8)^{(1/3)}$

Sehingga diperoleh :

Tinggi = 1,5665 m , Lebar = 3,1331 m , Panjang = 6,2662m

Untuk waktu tinggal 12 jam, % suspended solid yang terendapkan sekitar 52 % dari Initial Turbidity. Sehingga Turbidity Raw Water setelah diendapkan =  $850 \times 52 \% = 442 \text{ ppm}$  (Fig. 4. Powell ST, hal 14)

c. Flokulator/ Bak Penggumpal (X-03)

Fungsi : menggumpalkan dan mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan

Bahan kimia yang digunakan : Tawas  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  sebagai koagulan

Waktu pengendapan = 1 jam



$$\text{Volume liquid} = \rho_{\text{air}}$$

$$= 2,1340 \text{ m}^3$$

$$= 2.133,9644 \text{ liter}$$

Over design 20%,

$$\text{volume bak} = 1,2 \times \text{Volume liquid} = 2,5608 \text{ m}^3$$

Dimensi bak bentuk silinder tegak dengan  $D = H$

$$\text{Volume bak} = V = 1/4 \cdot \pi \cdot D^3$$

$$D = 1,4831 \text{ m}, H = 1,4831 \text{ m}$$

Kebutuhan alum ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) = 110 lb tiap 750000 gal. air =

$$1,9846 \text{ lb/hari} = 0,9002 \text{ kg/hari} = 297,0580708 \text{ kg/thn}$$

Pengaduk :

Jenis : Marine propeller 3 Blade. (Brown p.507)

$$\text{Diameter Impeller (Di)} = 1/3 D = 0,4944 \text{ m} = 1,6219 \text{ ft}$$

$$\text{Jarak tangki dengan impeller (Zi)} = 0,75 \text{ Di}$$

$$= 0,3708 \text{ m} = 1,2164 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi cairan dalam tanki (Zt)} = 2,7 \text{ Di} = 1,3348 \text{ m} = 4,3792 \text{ ft}$$

Jumlah baffle 4 buah

$$\text{Lebar Baffle (w)} = 0,1 \text{ Di} = 0,0494 \text{ m} = 0,1622 \text{ ft}$$

Dari Fig.10.57 Coulson and Ricardson didapat kecepatan

$$\text{putaran} = 120 \text{ rpm} = 2,0000 \text{ rpm}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1.022,88 \text{ kg/m}^3 = 63,8560 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_{\text{air}} = 0,81503 \text{ cp} = 0,0005 \text{ lb/ft.s} = 0,0008 \text{ Ns/m}^2$$

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

$$\text{Nre} = \frac{n D_i^2 \rho}{\mu}$$

$$\text{Nre} = 613.404,2$$

Dari fig. 8.8, Rase didapat :  $N_p = 5,5$

$$\text{Power pengadukan (P)} = \frac{N_p \cdot \rho \cdot n^3 \cdot D_i^5}{g_c} \quad (\text{Brown p.506})$$

$$= 979,3747 \text{ lb.ft/s} = 1,7807 \text{ Hp}$$

$$\eta_m = 80,00\% \text{ (Grafik 1438 Peters hal. 516)}$$

$$\text{Power Motor} = \frac{P}{\eta_m} = 2,2259 \text{ Hp} = 15 \text{ Hp}$$

Digunakan motor listrik 15 Hp dengan putaran pengadukan 120 rpm.

Spesifikasi :



$$\text{Volume} = 2,5608 \text{ m}^3 = 676,5 \text{ gallon}$$

$$\text{Diameter} = 1,4831 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 1,4831 \text{ m}$$

Jenis pengaduk = Marine propeler 3 blade

$$\text{Power pengaduk} = 2 \frac{2}{9} \text{ Hp}$$

d. Tangki larutan alum (F-01)

Fungsi : menyiapkan dan menyimpan larutan alum 8 % untuk 1 minggu operasi

konsentrasi alum dalam air yang diolah = 100 ppm

$$\text{Kebutuhan alum} = 0,2183 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Kebutuhan larutan alum 8 \%} = 2,7285 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Density larutan dianggap} = 2.672 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Keperluan satu minggu operasi} = 0,1716 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tanki dirancang (over design 20\%)} = 0,2059 \text{ m}^3 = 54,3827 \text{ galon}$$

Dipilih tanki silinder tegak, dengan H/D = 2

$$V \text{ tanki} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot 2D$$

$$D = 0,5080 \text{ m}, H = 1,0161 \text{ m}$$

e. Clarifier (H-01)

Fungsi : Mengendapkan gumpalan-gumpalan kotoran (flokulan) yang terbentuk di bak penggumpal.

Jenis : Circular Clarifiers

Bentuk : berbentuk silinder terpancung

Waktu pengendapan = 4 jam

$$\begin{aligned} \text{Volume liquid} &= \frac{\text{Debit aliran air}}{\rho \text{ air}} \times \text{Waktu pengendapan} \\ &= 8,5359 \text{ m}^3 = 8.535,858 \text{ lt} \end{aligned}$$

Over design 20%,

$$\text{volume bak} = 1.2 \times \text{Volume liquid} = 10,2430 \text{ m}^3$$

Ditetapkan ukuran bak D=H

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

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

$$D = 2,3543 \text{ m}, H = 2,3543 \text{ m}$$

Dimensi kerucut :

Tinggi/kedalaman (Hk)



$$H_k = \left(\frac{D}{2,5}\right) \times \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)$$

$$H_k = 0,5437 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Bak Clarifier} &= \text{Tinggi tangki} + \text{Tinggi kerucut} \\ &= 2,8979 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi :

Jenis = Bak silinder tegak berbentuk kerucut

Volume = 10,2430 m<sup>3</sup> = 2.705,9215 gallon

Diameter atas (D1) = 2,3543 m

Diameter bawah (D2) = 1,4361 m

Tinggi = 2,8979 m

f. Sand Filter (H-02)

Fungsi : Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai.

$$\rho_{\text{air}} = 1.022,8753 \text{ kg/m}^3 = 63,8560 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_{\text{air}} = 0,8150 \text{ cp} = 0,0005 \text{ lb/ft.s}$$

$$g_c = 32,2000 \text{ ft/s}^2$$

Asumsi : air yang hilang terikut pada saat pengendapan = 0,05 dari total air yang masuk Clarifier

$$\text{Debit aliran} = 2.073,6404 \text{ kg/jam} = 9,1302 \text{ gpm}$$

$$\text{Kecepatan penyaringan (V)} = 4 \text{ gal/min.ft}^2 \text{ (Brown p.230)}$$

$$\begin{aligned} (\text{kecepatan penyaringan } 3\text{-}5 \text{ gpm/ft}^2) &= 0,5347 \text{ ft}^3/\text{ft}^2 \cdot \text{min} = \\ &= 0,0089 \text{ ft}^3/\text{ft}^2 \cdot \text{s} \end{aligned}$$

Luas Permukaan Saringan,

$$A = Q/V = 9,1302 \text{ gpm} / 4 \text{ gal/min.ft}^2 = 2,283 \text{ ft}^2$$

Dipakai material jenis Spheres. Digunakan :

2. Ukuran Pasir = 35 mesh
3. Porositas bed = 0,45 (Tabel 26 Brown p.214)
4. Sphericity = 0,8 (Fig 223 Brown p.214)
5. Fre = 46 (Fig 219 Brown p.211)
6. Ff = 1200 (Fig 220 Brown p.212)

Pers 170 Brown diperoleh

$$L_p = \frac{g_c \times D_p^2 \times F_{Re} \times \rho \times L_{vf}}{32 \times F_f \times V \times \mu}$$

diketahui :

V : Superficial velocity



$L_p$  : Ketebalan pasir penyaringan

$L_{wf}$  : Pressure drop , diambil :  $1 \text{ lb/ft}^2$

$\mu$  : Viskositas cairan =  $0,0005 \text{ lb/ft.s}$

$D_p$  : Diameter partikel =  $0,0014 \text{ ft}$

$L_p = 0,9891 \text{ ft} = 0,3015 \text{ m}$

Luas Permukaan Saringan : Dirancang alat dengan ukuran  $P = L$ , sehingga luas =  $P \times L = P \times P = P^2$

$P = 1,5108 \text{ ft} = 0,4605 \text{ m}$

$L = 0,4605 \text{ m}$

Tinggi dan Komposisi Tumpukan Saringan Pasir :

Menurut Powell pada hal 54 bahwa untuk mendapatkan air bersih, maka digunakan filter dengan komposisi

- Batuan Koral = 25 in
- Gravel = 10 in
- Antrachite = 15 in
- Pasir kuarsa = 15 in
- Pasir Besi = 15 in
- Tinggi total = 80 in = 2,032 m

Tinggi Bak =  $2,032 \text{ m} + 0,3015 \text{ m} + 0,5000 \text{ m} = 2,8335 \text{ m}$

= Volume Tangki.  $VT = P \times L \times T = 0,6009 \text{ m}^3 = 158,72 \text{ gall}$

Spesifikasi :

Jenis = Gravity Sand Filter (Bak berbentuk persegi panjang)

Volume =  $0,6009 \text{ m}^3$

Panjang =  $0,4605 \text{ m}$

Lebar =  $0,4605 \text{ m}$

Tinggi =  $2,8335 \text{ m}$

Tinggi lapisan pasir =  $0,3015 \text{ m}$

- g. Bak Penampung Sementara (X-04)

Fungsi : Menampung sementara Raw Water setelah disaring di sand filter.

Alat : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang dan dilapisi porselen.

Kapasitas :

Jumlah Air yang harus diolah,  $W = 2.073,6404 \text{ kg/jam}$

Densitas,  $\rho = 1.022,88 \text{ kg/m}^3$

Over Design = 20 %

Kapasitas,  $Q = 1.2 * W / \rho = 2,4327 \text{ m}^3 / \text{jam}$




---



---

Dimensi :

Diambil : Waktu Tinggal  $t = 2$  jam

Volume Bak,  $V = Q * t = 4,8654 \text{ m}^3$

Diambil over design 20 %

Volume bak =  $5,8385 \text{ m}^3 = 1.542,3752$  gallon

Dimensi Bak dirancang :

Panjang = 2 X Tinggi

Lebar = 2 X Tinggi

$V = P * L * T = 2T * 2T * T = 4 T^3$

$T = (V / 4)^{(1/3)}$

Sehingga diperoleh :

Tinggi = 1,1344 m

Lebar = 2,2687 m

Panjang = 2,2687 m

h. Tangki karbon aktif (F-02)

Fungsi : Membersihkan air dari bau dan rasa yang kurang sedap.

Bahan = Carbon Stell (SA-283)

Air yang diolah sebanyak =  $1.808,4473 \text{ kg/jam} = 1,8084 \text{ m}^3/\text{jam} = 477,7665$  gallon/jam

=  $11466,3949 \text{ gal/hari} = 343991,8480$  gallon/bulan

Kebutuhan karbon aktif :

Kebutuhan karbon aktif = 6 lb/100000 gallon

=  $15 \times 343991,8480 / 100000$

= 51,598 lb/bulan

$\rho$  karbon aktif = 27 lb/ft<sup>3</sup>

Volume =  $51,5988 \text{ lb/bulan} / 27 \text{ lb/ft}^3 \times 1 \text{ bulan}$

= 1,9111 ft<sup>3</sup>

Over design = 20 %

$V = 2,2933 \text{ ft}^3 = 0,0649 \text{ m}^3 = 17,1558$  gall

Perhitungan diameter dan tinggi tangki :

Bentuk tangki silinder vertikal (H/D = 2)

Diameter packing :

$V = (\pi / 4) \times D^2 \times (2 \times D)$

$D = (2 \times V / \pi)^{1/3} = 1,1346 \text{ ft} = 0,3458 \text{ m}$

H = 2,2693 m

- i. Tangki Air bersih (F-04)  
 Fungsi : Menampung airbersih untuk keperluan sanitasi  
 Alat : Tangki Silinder Tegak  
 Jumlah Air yang harus diolah,  
 $W = 1.808,4473 \text{ kg/jam}$   
 Densitas,  $\rho = 1.022,8753 \text{ kg/m}^3$   
 Over Design = 20 %  
 Debit,  $Q = 1.2 * W / \rho = 2,1216 \text{ m}^3/\text{jam}$   
 Waktu Tinggal  $t = 12 \text{ jam}$   
 Volume Tangki  $V = Q * t = 25,4593 \text{ m}^3 = 6725,621977$   
 gallon  
 Dirancang :  $H = 1,0 D$   
 sehingga,  
 $V = \pi / 4 * D^2 * H$   
 $V = \pi / 4 * D^3$   
 $D = (4 V / \pi)^{(1/3)}$   
 Diperoleh :  
 Diameter,  $D = 3,1890 \text{ m}$ .  
 Tinggi,  $H = 3,1890 \text{ m}$   
 Spesifikasi :  
 Jenis = Tangki silinder tegak  
 Volume =  $25,4593 \text{ m}^3$   
 Diameter =  $3,1890 \text{ m}$   
 Tinggi =  $3,1890 \text{ m}$   
 Jumlah air yang diolah =  $1808,447289 \text{ kg/jam}$
- j. Tangki kaporit (F-03)  
 Fungsi = menyiapkan dan menyimpan larutan kaporit 5% untuk persediaan 1 bulan  
 Bahan = Fiber  
 Konsentrasi kaporit dalam air yang diolah = 5 ppm  
 Kebutuhan kaporit =  $0,0090 \text{ kg/jam}$   
 Kebutuhan larutan kaporit 5 % =  $0,1808 \text{ kg/jam}$   
 Density larutan dianggap =  $997 \text{ kg/m}^3$   
 Keperluan 1 Bulan operasi  
 Volume cairan =  $0,1306 \text{ m}^3$   
 Overdesign = 20%





Dipilih tangki silinder tegak, dengan  $H/D = 2$

$$V \text{ tangki} = (\pi/4) \times D^2 \times (2 \times D)$$

$$D = (2 \times V / \pi)^{1/3} = 0,4639 \text{ m}$$

$$H = 0,9278 \text{ m}$$

k. Kation Exchanger-KEU (A-01)

Fungsi : Menurunkan kesadahan air umpan boiler yang disebabkan oleh kation seperti Ca, Mg, Na yang dapat menimbulkan kerak, mengakibatkan penyumbatan aliran pada plat dan terhambatnya perpindahan panas.

Jenis : Down Flow Cation Exchanger

Resin : Natural Greensand Zeolit

Kapasitas :

Jumlah Air yang harus diolah,  $W = 9,4448 \text{ kg/jam}$

Densitas,  $\rho = 1022,8753 \text{ kg/m}^3$

Over Design = 20 %

Kapasitas,  $Q = 1.2 \cdot W / \rho = 0,0111 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,048785 \text{ gpm}$

Perancangan Waktu Siklus Kation Exchanger

Waktu operasi,  $t_o = 16 \text{ jam}$

Waktu pencucian,  $t_w = 4 \text{ jam}$

Waktu regenerasi,  $t_r = 4 \text{ jam}$

Waktu siklus,  $t_c = 24 \text{ jam}$

Kisaran Laju Air melalui Bed Zeolit : 3 - 4 gpm/ft<sup>2</sup>

(Powell ST, hal 171)

Dirancang :

Kecepatan Air,  $u_l = 3 \text{ gpm/ft}^2 = 7,33342 \text{ m}^3/\text{jam.m}^2$

Luas Penampang Kolom,  $A = Q / u_l = 0,0015 \text{ m}^2$

Diameter,  $D = (4 A / \pi)^{0.5} = 0,0439 \text{ m}$

- Setelah proses pelunakan awal di BU-01, kesadahan air biasanya berkisar 50 - 70 ppm (Powell ST, hal 90)

- Kapasitas Natural Green Sand Zeolit = 2800 grain hardness/ft<sup>3</sup> (Powell ST, hal 170)

Diperkirakan :

Kesadahan Air sebelum lewat KEU = 70 ppm

Kesadahan Air setelah lewat KEU = 0 ppm



~~Kesadahan yang dihilangkan = 0,011 kg = 163.2459445 gram~~

= 3,49079255 kg/tahun

Volume Bed,  $V = (\text{Kesadahan Air yang dihilangkan})/(\text{Kapasitas Zeolit}) = 0,0583 \text{ ft}^3 = 1,6 \text{ L} = 0,0017 \text{ m}^3 = 0,4361 \text{ gallon}$

Tinggi Bed Zeolit = 1,0927 m

Tinggi Cairan di atas Bed = 0,25 m

Tinggi Cairan di bawah Bed = 0,25 m

Tinggi Kolom = 1,5927 m

Kebutuhan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  untuk regenerasi :

Efisiensi Regenerasi = 0,45 lb/1000 grain Hardness (Powell ST, hal 152)

Jumlah  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 0,0735 \text{ lb/waktu siklus} = 0,0333 \text{ kg/waktu siklus} = 0,233 \text{ kg/minggu} = 10,9960 \text{ kg/tahun operasi}$

l. Tangki  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (F-05)

Menghitung Volume tangki  $\text{H}_2\text{SO}_4$  4% (Kirk Othmer)

densitas :  $1,84 \text{ g/cm}^3 = 1840 \text{ kg/m}^3$

$V = 0,00317 \text{ m}^3 = 0,83720 \text{ gallon (1 minggu)}$

over desain 20%  $V = 0,00380 \text{ m}^3$

$V = 1/4 \times \pi \times D^2 \times H$

$D = H = 0,16921 \text{ m}$

m. Anion Exchanger-AEU (A-02)

Fungsi : Menghilangkan Anion dari air keluaran kation exchanger

Jenis : Down Flow Anion Exchanger

Resin : Strongly Basic Anion Exchanger

Kapasitas :

Jumlah Air yang harus diolah,  $W = 9,4448 \text{ kg/jam}$

Densitas,  $\rho = 1022,8753 \text{ kg/m}^3$

Over Design = 20 %

Kapasitas,  $Q = 1.2 * W / \rho = 0,0111 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,048785 \text{ gpm}$

Perancangan Waktu Siklus Anion Exchanger

Waktu operasi,  $t_o = 22 \text{ jam}$

Waktu pencucian,  $t_w = 1 \text{ jam}$



Waktu regenerasi,  $t_r = 1$  jam

Waktu siklus,  $t_c = 24$  jam

Karakteristik Strongly Basic Anion Exchanger (Table 6, Powell ST, hal 176)

- Kapasitas = 9000 - 13000 grain / ft<sup>3</sup>

- Kecepatan Aliran Air = 5 - 7.5 gpm/ft<sup>2</sup>

- Kebutuhan Regenerasi dengan NaOH = 12 lb/ft<sup>3</sup>

Dirancang :

Kecepatan Air,  $u_l = 5$  gpm/ft<sup>2</sup> = 12,2224 m<sup>3</sup>/jam.m<sup>2</sup>

Luas Penampang Kolom  $A = Q / u_l = 0,0009$  m<sup>2</sup>

Diameter,  $D = (4 A / \pi)^{0.5} = 0,0340$  m

- Setelah proses pelunakan awal di BU-01, kesadahan air biasanya berkisar 50 - 70 ppm (Powell ST, hal 90)

Dipakai Kapasitas Resin = 10000 grain/ft<sup>3</sup>

Diperkirakan :

Total Anion sebelum lewat AEU = 70 ppm

Total Anion setelah lewat AEU = 0 ppm

Total Anion yang dihilangkan = 0,0145 kg = 224,4629068 grain

Volume Bed Resin,  $V = (\text{Kesadahan Air yang dihilangkan}) / (\text{Kapasitas Resin}) = 0,0224$  ft<sup>3</sup>

= 0,635607124 L = 0,0006 m<sup>3</sup> = 0,167909865 gallon

= 0,209750676 L/thn

Tinggi Bed = 0,7011 m

Tinggi Cairan di atas Bed = 0,25 m

Tinggi Cairan di bawah Bed = 0,25 m

Tinggi Kolom = 1,2011 m

n. Tangki NaOH (F-06)

Kebutuhan NaOH untuk Regenerasi

Efisiensi Regenerasi = 12 lb/ft<sup>3</sup> (Powell ST, hal 152)

Jumlah NaOH = 0,2694 lb/waktu siklus = 0,1222 kg/waktu

siklus = 1,88549 lb/minggu = 40,3187kg/tahun operasi

Menghitung Volume tangki NaOH 4% (Kirk Othmer)

densitas : 62,40 lb/ft<sup>3</sup>

$V = 0,75540$  ft<sup>3</sup> = 0,02139 m<sup>3</sup> = 5,650812774 gallon

Over desain 20%,  $V = 0,02567$  m<sup>3</sup> (1 minggu)

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

$$D = H = 0,31978 \text{ m}$$

o. Deaerator (A-03)

Fungsi : Menghilangkan Kandungan Gas dalam Air terutama  $O_2$ ,  $CO_2$  dan  $H_2S$

Jenis : Spray Deaerator

Kapasitas :

Kebutuhan air,  $W = 9,4448 \text{ kg/jam}$

Densitas,  $\rho = 1022,8753 \text{ kg/m}^3$

Over Design = 20 %

Kapasitas,  $Q = 1.2 * W / \rho = 0,0111 \text{ m}^3/\text{jam}$

Kondisi Operasi :

Residual Oksigen = 0,007 mg / L

Suhu = 100C

Dari Fig. 19. (Powell ST, hal 236) diperoleh :

Tekanan Absolute = 1 atm

Dirancang :

Kecepatan Air,  $u_l = 1 \text{ gpm/ft}^3 = 2,4445 \text{ m}^3/\text{jam.m}^2$

Waktu Tinggal,  $t = 2 \text{ jam}$

Luas Penampang Kolom,  $A = Q/u_l = 0,0045 \text{ m}^2$

dimension

Diameter,  $D = (4 A / \pi)^{0.5} = 0,0760 \text{ m}$  0,031117133 m3

Volume Packing,  $V = Q * t = 0,0222 \text{ m}^3$

= 5,854198272 gallon

Tinggi Packing,  $Z = V / A = 4,8889 \text{ m}$

Tinggi Ruang Kosong di atas Packing = 0,25 m

Tinggi Ruang Kosong di bawah Packing = 0,25 m

Tinggi Kolom Total = 5,3889 m

Menghitung kebutuhan steam untuk memanaskan air, menurunkan kelarutan gas-gas yang terdapat dalam air sehingga dapat dipisahkan.

Dari steam table : (Kern, tabel 7)

$h_2$  = entalpi feed water pada suhu yang ditentukan (100oC)

$h_2 = 180,07 \text{ kJ/kg}$

$h_g$  = entalpi steam pada tekanan 182,152 psi

$h_g = 1195,2 \text{ kJ/kg}$

$h_1$  = entalpi feed water pada suhu umpan (30C)



$$h_1 = 54,12 \text{ kJ/kg}$$

$m$  = massa flow rate air make up ke deaerator

$$= 9,4448 \text{ kg/jam}$$

$$m_s = m \times (h_2 - h_1)/(h_g - h_2) = 1,172 \text{ kg/jam}$$

Maka jumlah steam yang dibutuhkan adalah 1,172 kg/jam

Jenis nozzle : Steel fan flat spray nozzle

Ukuran lubang = 0,25 in

Ketebalan = 0,8 mm

p. Bak Penampung air umpan boiler (X-05)

Fungsi : Menampung sementara air pemanas yang disirkulasi sebelum diumpankan ke boiler

Jenis : Bak persegi panjang yang diperkuat beton bertulang dan dilapisi porselen

Kapasitas :

Jumlah Air yang harus diolah,  $W = 9,445 \text{ kg/jam}$

Densitas,  $\rho = 955,6107 \text{ kg/m}^3$

Over Design = 20%

Kapasitas,  $Q = 1.2 \times W / \rho = 0,012 \text{ m}^3/\text{jam}$

Dimensi :

Diambil : Waktu Tinggal,  $t = 6 \text{ jam}$

Volume Bak  $V = Q \times t = 0,071 \text{ m}^3 = 17,5178 \text{ gallon}$

Dimensi Bak dirancang :

Panjang = 2 X Tinggi

Lebar = 2 X Tinggi

$$V = P \times L \times T = 2T \times 2T \times T = 4 T^3$$

$$T = (V / 4)^{(1/3)}$$

Sehingga diperoleh :

$$\text{Tinggi} = 0,261 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 0,522 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 0,522 \text{ m}$$

q. Boiler (G-01)

Fungsi : Membuat steam jenuh dengan tekanan 114,94 psi

Jenis : Fire Tube Boiler (tekanan < 200 psi)

5. Menghitung Kapasitas Boiler

$$Q = M \times \lambda$$

Dimana :

$M_s$  = Massa steam yang dihasilkan (kg/jam)

Untuk steam pada suhu,  $T = 170\text{C} = 338^\circ\text{F}$

Dari tabel steam diperoleh :  $\lambda = 881,112 \text{ Btu/lb}$  (Geankoplis, hal 8589)

Kebutuhan Steam = 47,224 kg/jam

Asumsi : Massa air umpan boiler yang menjadi steam 80 %

$Q = M \text{ air} \times C_pL (T - T_o) + 0,8 \times M \text{ air} \times l$

m air sesungguhnya = 59,0299 kg/jam = 130,1373lb/jam

$C_pL = 1,0059 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$

T air umpan = 86,00  $^\circ\text{F}$

T steam = 170,00  $^\circ\text{C} = 338,00 ^\circ\text{F}$

$\lambda = 81,1120 \text{ Btu/lb}$

Sehingga,

$$\begin{aligned} Q &= 41431,25 \text{ Btu/jam} \\ &= 43712279,70 \text{ joule/jam} \\ &= 12142,29 \text{ Watt (Joule/dtk)} \\ &= 16,28 \text{ Hp} \end{aligned}$$

6. Perhitungan luas penampang perpindahan panas (A)

Konversi panas menjadi daya (Hp).

$$Q = 43712279,70 \text{ joule/jam} = 16,28 \text{ Hp}$$

Ditentukan luas bidang pemanasan adalah 10 ft<sup>2</sup>/Hp (Severn, halaman 126)

$$A = 10 \text{ ft}^2/\text{Hp} = 490,1645502 \text{ ft}^2$$

7. Perhitungan kebutuhan bahan bakar

$$\text{Kapasitas boiler} = 41431,24 \text{ Btu/jam}$$

Digunakan bahan bakar solar dengan spesifikasi :

$$\text{Normal heating value (F)} = 19187,757 \text{ Btu/lb}$$

$$= 44630,722 \text{ kJ/kg (Sub-bituminous B)}$$

$$\text{Densitas} = 54,2600 \text{ lb/ft}^3 = 869,164 \text{ kg/m}^3$$

Kebutuhan batu bara = Efisiensi Pembakaran, 70 - 80

Dirancang :

Efisiensi 80%

Jumlah solar yang dibutuhkan,

$$W_m = Q / (\text{Efisiensi}) * (\text{Heating Value})$$

$$W_m = 1,2243 \text{ kg/jam}$$

Kebutuhan solar dalam 1 th = 9696,27 kg

Sehingga, kebutuhan bahan bakar perhari = 29,383 kg/hari

r. Blower (G-01)

Fungsi : Mengalirkan udara segar ke dalam Boiler (Bo)

Jenis : Centrifugal Blower

Kebutuhan Udara Menurut Nelson (Fig. 18.10), kebutuhan udara untuk pembakaran bahan bakar sekitar 20 lb/lb fuel

Jumlah fuel yang dibakar,  $W_m = 2,4850$  kg/jam

Jumlah udara pembakaran,  $W_u = 20 * W_m = 49,69$  kg/jam

Over design = 10 % = 120,526 lb/jam

Kapasitas Blower,  $W_b = 1.1 * W_u = 54,6700$  kg/jam = 2,0088 lb/min = 0,03ft<sup>3</sup>/min

Maximum Compression Ratio untuk Centrifugal Blower sekitar 1,4.(Ullrich, hal 120)

Didesign :

Compression Ratio,  $R_c = P_2/P_1 = 1,1$

dengan Tekanan Inlet,  $P_1 = 1$  atm

dan Suhu Inlet,  $T_1 = 30^\circ\text{C} = 303\text{K}$

Data-data Termodinamika

BM udara = 28,84 kg/kmol

$\gamma = C_p / C_v = 1,4$

Head Blower (W) (Wahyudi, hal 130)

Head =  $W = 1568,3457$  ft-lbf/lbm

Gas Horse Power :

Efisiensi Blower berkisar antara 70 - 80 %. (Ullrich, hal 120)

Dirancang :

$\epsilon_b = 80\%$

GHP = 0,012 Hp

Power Motor :

Dianggap :

Efisiensi Motor,  $\epsilon_m = 80\%$

Power Motor,  $P_m = 0,015$  Hp

Dipakai power motor standar : 1 Hp

## s. Cooling Tower (CT-01)

Fungsi : Mendinginkan air pendingin setelah digunakan untuk proses pendinginan dari suhu 104 °F menjadi 86 °F

Jenis : Induced Draft Cooling Tower dengan Bahan Isian Berl Saddle 1 in

Kapasitas :

Kebutuhan air pendingin  $W = 70,82759168 \text{ kg/jam}$

Apabila air dapat diambil refrigerant 90% = 63,74483251

Densitas,  $\rho = 1022,8753 \text{ kg/m}^3 = \text{Make up} = 7,082759168$

Over Design = 10%

Kapasitas,  $Q = 1.2 * W / \rho = 0,0762 \text{ m}^3/\text{jam}$

Suhu air yang akan didinginkan,  $TL2 = 40^\circ\text{C} = 104^\circ\text{F}$

Suhu akhir yang diinginkan,  $TL1 = 20^\circ\text{C} = 68^\circ\text{F}$

Kapasitas Panas pada suhu rata2,  $CpL = 4042,778 \text{ J/kg.oC}$

Laju alir cairan pada kapasitas,

$L = Q * \rho = 77,9104 \text{ kg/jam} = 0,02 \text{ kg/dtk}$

TG2  $TL2 = 40^\circ\text{C}$  Pada Perancangan Cooling Tower biasanya (  $TL1 - Tw1$  ) berkisar antara ( 2,5 - 5 ) °C

Dipakai udara dengan suhu wet bulb ( $Tw$ ) :

$Tw1 = 25^\circ\text{C} = 77^\circ\text{F}$

Kebutuhan Minimum Udara

Neraca Panas =  $L * CpL * (TL2 - TL1) = G_{min} * (HG2' - HG1)$

Pada kondisi udara minimum maka,  $Tw2' = TL2 = 20^\circ\text{C} = 68^\circ\text{F}$

Dari Tabel 17.2 Kern (hal 585) diperoleh :

pd  $Tw1 = 77^\circ\text{F}$ ;  $HG1 = 41,1 \text{ Btu/lb} = 95598,8621 \text{ J/kg}$

pd  $Tw1' = 68^\circ\text{F}$ ;  $HG1' = 51,6 \text{ Btu/lb} = 120021,9291 \text{ J/kg}$

pd  $Tw2' = 104^\circ\text{F}$ ;  $HG2' = 80,5 \text{ Btu/lb} = 187243,5134 \text{ J/kg}$

Sehingga diperoleh :  $G_{min} = 68,73816377 \text{ kg/jam}$

Dirancang :

$G = 1,2 G_{min} = 82,48579653 \text{ kg/jam} = 181,8812 \text{ lb/jam} = 0,02 \text{ kg/dtk}$

Luas Penampang Kolom :

Kisaran :

- Laju Alir Air,  $ul = 0.7 - 3.5 \text{ kg/m}^2.\text{dtk}$

- Laju Alir Udara,  $ug = 1.6 - 2.8 \text{ kg/m}^2.\text{dtk}$

(Treybal, hal 259-261)



Dirancang :

- Laju Alir Udara,  $u_g = 1,8 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{dtk}$

Sehingga,  $A = G / u_g = 0,013 \text{ m}^2$

Cek Laju Alir Air,  $u_l = L/A = 1,70 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{dtk}$  (masih sesuai kisaran)

Diameter Kolom,  $D = (4A/\pi)^{0.5} = 0,1273 \text{ m}$

Persamaan Garis Operasi :

$L * C_{pL} * (TL_2 - TL_1) = G * (HG_2 - HG_1)$

$HG_2 = HG_1 + (L / G) * C_{pL} * (TL_2 - TL_1)$

Sehingga diperoleh,  $HG_2 = 171969,4048 \text{ J/kg} \cdot \text{C}$

Number of Diffusion Unit :

$(HG' - HG) = 19492,0418 \text{ J/kg} = 57,0196 \text{ Btu/lb}$

$nd = 0.64$  (Harga yang diizinkan  $nd = (0.5-2.5)$  jadi memenuhi syarat)

Tinggi Kolom :

Dari Table 17.5 (Kern, hal 600)

Untuk Berl saddle 1 in,

$L = 6120,5577 \text{ kg/jam} \cdot \text{m}^2 = 1253,587445 \text{ lb/j} \cdot \text{ft}^2$

$G = 6480 \text{ kg/jam} \cdot \text{m}^2 = 1327,206947 \text{ lb/j} \cdot \text{ft}^2$

Diperoleh :

$C_1 = 12,7$  (Tabel 17.5, Kern hal. 600)

$\gamma = 0,69$

$K_{xa} = C_1 * G^\gamma = 569 \text{ lb/j} \cdot \text{ft}^3$

$Z = nd * L / K_{xa} = 9,4645 \text{ ft} = 2,8848 \text{ m}$

height of diffusion,  $HDU = Z/nd = 2,2031 \text{ ft} = 0,6715 \text{ m}$

Fan pada Puncak Kolom (F-02)

Dianggap: Percent of Standard Performance = 100 %

Dari Fig. 12-8d (Perry, hal 12-19) diperoleh :  $0,03 \text{ Hp/ft}^2$

Power Fan,  $P = 0,0342 \text{ Hp}$

Power Motor :

Dianggap : Efisiensi Motor,  $\epsilon_m = 80 \text{ %}$

Power Motor,  $P_m = 0,0428 \text{ Hp}$

Dipakai power motor standar :  $1 \text{ Hp} = 2544,43 \text{ btu/jam} = 0,00254443 \text{ million Btu/jam}$

t. Bak Penampung Air Pendingin (X-06)

Fungsi : Menampung sementara air pendingin yang disirkulasi sebelum di recovery di cooling tower

Jenis : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang dan dilapisi porselen.

Kapasitas

Jumlah air make up,  $W = 59,02299306$  kg/jam

Densitas,  $\rho = 1022,8753$  kg/m<sup>3</sup>

Over Design = 10 %

Kapasitas,  $Q = 1.2 * W / \rho = 0,0635$  m<sup>3</sup>/jam

Dimensi :

Diambil : Waktu Tinggal,  $t = 0,5$  jam

Volume Bak  $V = Q * t = 0,032$  m<sup>3</sup> = 8,383937361 gallon

Dimensi Bak dirancang sebagai berikut :

Panjang = 3 X Tinggi

Lebar = 3 X Tinggi

$V = P * L * T = 3T * 3T * T = 9 T^3$

$T = (V / 9)^{(1/3)}$

Sehingga diperoleh :

Tinggi = 0,152208735 m

Lebar = 0,456626206 m

Panjang = 0,456626206 m

## LAMPIRAN D EKONOMI TEKNIK

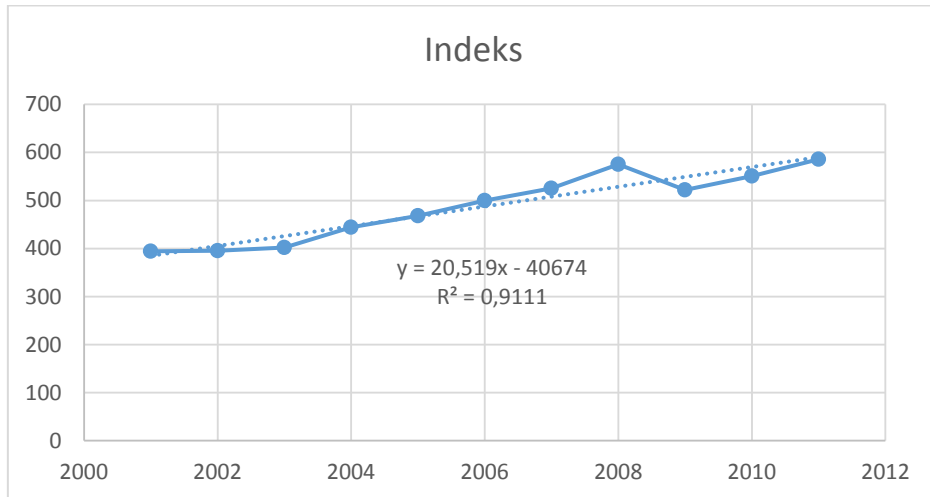
Dalam prarancangan pabrik kimia diperlukan adanya analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan kelayakan investasi modal suatu kegiatan produksi dalam pabrik, dengan survei kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, jangka waktu modal investasi dapat dikembalikan dapat dilihat dari titik impas atau suatu titik dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa kelayakan ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan atau tidak serta layak atau tidak apabila didirikan

Dasar perhitungan :

Kapasitas produksi : 8.000 ton / tahun  
 Pabrik beroperasi : 330 hari kerja  
 Umur alat : 10 tahun  
 Nilai kurs 1 USD : Rp 14.840,00 ( kursdollar.net )  
 Tahun evaluasi : 2021  
 Harga alat pada tahun : 2021  
 Pabrik didirikan pada tahun 2026

Tahun ke	Tahun	Indeks
1	2001	394,3
2	2002	395,60
3	2003	402,00
4	2004	444,2
5	2005	468,2
6	2006	499,6
7	2007	525,4
Tahun ke	Tahun	Indeks
8	2008	575,4
9	2009	521,9
10	2010	550,8
11	2011	585,7

Indeks dari CEPCI.com, dibuat grafik indexes VS tahun di excel



Dari grafik diatas diperoleh persamaan  $y = 20,519 x + 40674$

Tahun 2021 adalah tahun ke 28 maka x masukkan angka 28, ketemu indeks tahun 2026

Tahun 2026 = 488,691

Tahun 2021 = 470,336

Present cost = original cost x index value at time/ indext value at time original cost

Harga upah buruh di Tasikmalaya Rp 2.363.389= 11,362.4471 / jam

Harga alat di [www.Matche.com](http://www.Matche.com)

No.	Nama Alat	Kapasitas	Satuan	Jumlah	Indeks		Harga		Harga Total
					2021	2026	2021	2026	
1	Mixer M-01	284,63	gallon	1	470,3	488,7	\$ 19.900	\$ 20.677	20.677
2	Reaktor (R)	970,28	gallon	1	470,3	488,7	\$ 73.600	\$ 73.700	73.700
3	Evaporator-01	9,85	ft2	1	470,3	488,7	\$ 6.400	\$ 6.850	6.850
4	Pompa (P-01)	4,22	inchi	1	470,3	488,7	\$ 7.300	\$ 7.347	7.347
5	Pompa (P-02)	7,83	inchi	1	470,3	488,7	\$ 7.300	\$ 7.585	7.585
6	Pompa (P-03)	0,87	inchi	1	470,3	488,7	\$ 2.600	\$ 2.701	2.701
7	Pompa (P-04)	0,87	inchi	1	470,3	488,7	\$ 4.000	\$ 4.156	4.156
8	Pompa (P-05)	0,87	inchi	1	470,3	488,7	\$ 4.000	\$ 4.156	4.156
9	Pompa (P-06)	1,07	inchi	1	470,3	488,7	\$ 9.500	\$ 9.871	9.871
10	Pompa (P-07)	1,07	inchi	1	470,3	488,7	\$ 4.600	\$ 4.780	4.780
11	Pompa (P-08)	0,87	inchi	1	470,3	488,7	\$ 4.601	\$ 4.781	4.781
12	Pompa (P-09)	0,87	inchi	1	470,3	488,7	\$ 4.602	\$ 4.782	4.782
13	Kristalizer (H)	353,43	gallon	1	470,3	488,7	\$ 53.900	\$ 56.003	56.003
14	Centrifuge (CF)	353,43	gallon	1	470,3	488,7	\$ 6.900	\$ 7.169	7.169
15	Centrifuge (CF) II	315,03	gallon	1	470,3	488,7	\$ 6.900	\$ 7.169	7.169
16	Rotary Dryer (B)	563,64	cuft	1	470,3	488,7	\$ 171.900	\$ 178.608	178.608
17	Screw Conveyor (SC-01)	48,06	cuft	1	470,3	488,7	\$ 4.900	\$ 5.091	5.091
18	Screw Conveyor (SC-02)	42,11	cuft	1	470,3	488,7	\$ 4.500	\$ 4.676	4.676
19	Screw Conveyor (SC-03)	28,32	cuft	1	470,3	488,7	\$ 4.500	\$ 4.676	4.676
20	Heater udara	30,62	h2	1	470,3	488,7	\$ 17.600	\$ 18.287	18.287
21	Cooler-01	6,00	h2	1	470,3	488,7	\$ 300	\$ 312	312
22	Cooler-02	6,00	h2	1	470,3	488,7	\$ 300	\$ 312	312
23	Silo Glukosa	2197,76	gallon	2	470,3	488,7	\$ 38.600	\$ 40.106	80.213
24	Silo H2O3	65641,77	gallon	2	470,3	488,7	\$ 177.900	\$ 184.842	363.685
25	Blower	457031,36	gallon	1	470,3	488,7	\$ 28.900,00	\$ 30.028	30.028
26	Buckle Elevator	20,88	ft	1	470,3	488,7	\$ 7.000,00	\$ 7.273	7.273
27	Cooling Conveyor	28,25	ft	1	470,3	488,7	\$ 3.300,00	\$ 3.429	3.429
28	Gudang C2H2O4.2H2O	906,09	gallon	1	470,3	488,7	\$ 118.300,00	\$ 120.839	120.839
Total								\$ 820.004	\$ 1.044.953

**Gambar 6. Harga Alat Proses**

No.	Nama Alat	Kapasitas	Satuan	Jumlah	Indeks 2014	Indeks 2019	Harga		Harga Total
							2014	2019	
1	Bar screen (X-01)	150	m <sup>2</sup>	1	470,34	488,69	\$ 11.000,00	\$ 11.423,27	\$ 11.423,27
2	Bak pengendap (X-02)	1.385,1	gallon	1	470,34	488,69	-	\$ 6.184,00	\$ 20.180,00
3	Tangki Pengumpul, agitated (X-03)	1.383,9	gallon	1	470,34	488,69	\$ 8.300,00	\$ 8.623,90	\$ 8.623,90
4	Tangki larutan alum (F-01)	111,25	gallon	1	470,34	488,69	\$ 2.900,00	\$ 3.013,17	\$ 3.013,17
5	Clarifier (H-01)	5.535,53	gallon	1	470,34	488,69	\$ 1.700,00	\$ 1.766,34	\$ 1.766,34
6	Sand filter (H-02)	324,714	gallon	1	470,34	488,69	\$ 790,00	\$ 820,83	\$ 820,83
7	Bak penampung sementara (X-04)	2155,25	gallon	1	470,34	488,69	-	\$ 978,00	\$ 978,00
8	Tangki Karbon aktif (F-03)	6,58	gallon	1	470,34	488,69	\$ 1.200,00	\$ 1.246,83	\$ 1.246,83
9	Tangki Kaporit (F-03)	39,67	gallon	1	470,34	488,69	\$ 1.400,00	\$ 1.454,63	\$ 1.454,63
10	Tangki air bersih (F-04)	6444,740	gallon	1	470,34	488,69	\$ 19.300,00	\$ 20.053,17	\$ 20.053,17
11	Kation Exchanger (A-01)	53,214	gpm	1	470,34	488,69	\$ 157,00	\$ 163,13	\$ 163,13
12	Tangki H2SO4 (F-05)	130,458	gallon	1	470,34	488,69	\$ 2.100,00	\$ 2.181,95	\$ 2.181,95
13	Anion Exchanger (A-02)	53,214	gpm	1	470,34	488,69	\$ 253,00	\$ 262,87	\$ 262,87
14	Tangki NaOH (F-06)	6163,826	gallon	1	470,34	488,69	\$ 750,00	\$ 779,27	\$ 779,27
15	Deaerator (A-03)	6385,68	gallon	1	470,34	488,69	\$ 680,00	\$ 706,54	\$ 706,54
16	Bak Penampung BFV (X-05)	19108,127	gallon	1	470,34	488,69	-	\$ 870,00	\$ 870,00
17	Boiler (G-02)	28.390,39	lb/jam	1	470,34	488,69	\$ 22.700,00	\$ 23.585,85	\$ 23.585,85
18	Blower (G-01)	26293,71	lb/jam	2	470,34	488,69	\$ 2.600,00	\$ 2.701,46	\$ 5.402,93
19	Bak penampung air pendingin (X-06)	17.373	gallon	1	470,34	488,69	-	\$ 4.000,00	\$ 4.000,00
20	Cooling tower (CT-01)	11618,191	lb/jam	1	470,34	488,69	\$ 106.300,00	\$ 111.071,69	\$ 111.071,69
21	Generator	400	kWh	1	470,34	488,69	\$ 2.500,00	\$ 2.597,56	\$ 2.597,56
22	Kompresor	3	HP	1	470,34	488,69	\$ 5.000,00	\$ 5.195,12	\$ 5.195,12
23	Tangki bahan bakar	53,331	gallon	1	470,34	488,69	\$ 35.400,00	\$ 36.781,46	\$ 36.781,46
24	Pompa Centrifugal, P-01	1,944	inchi	2	470,34	488,69	\$ 4.700,00	\$ 4.883,41	\$ 9.766,83
25	Pompa Centrifugal, P-02	1,944	inchi	2	470,34	488,69	\$ 4.700,00	\$ 4.883,41	\$ 9.766,83
26	Pompa Centrifugal, P-03	1,944	inchi	2	470,34	488,69	\$ 4.700,00	\$ 4.883,41	\$ 9.766,83
27	Pompa Centrifugal, P-04	1,944	inchi	2	470,34	488,69	\$ 4.700,00	\$ 4.883,41	\$ 9.766,83
28	Pompa Centrifugal, P-05	1,944	inchi	2	470,34	488,69	\$ 4.700,00	\$ 4.883,41	\$ 9.766,83
29	Pompa Centrifugal, P-06	1,477	inchi	2	470,34	488,69	\$ 4.400,00	\$ 4.571,71	\$ 9.143,41
30	Pompa Centrifugal, P-07	1,477	inchi	2	470,34	488,69	\$ 4.400,00	\$ 4.571,71	\$ 9.143,41
31	Pompa Centrifugal, P-08	1,477	inchi	2	470,34	488,69	\$ 4.400,00	\$ 4.571,71	\$ 9.143,41
32	Pompa Centrifugal, P-09	1,288	inchi	2	470,34	488,69	\$ 400,00	\$ 415,61	\$ 831,22
33	Pompa Centrifugal, P-10	1,288	inchi	2	470,34	488,69	\$ 1.000,00	\$ 1.033,02	\$ 2.078,05
34	Pompa Centrifugal, P-11	1,288	inchi	2	470,34	488,69	\$ 1.000,00	\$ 1.033,02	\$ 2.078,05
35	Pompa Centrifugal, P-12	1,944	inchi	2	470,34	488,69	\$ 400,00	\$ 415,61	\$ 831,22
36	Pompa Centrifugal, P-13	1,944	inchi	2	470,34	488,69	\$ 400,00	\$ 415,61	\$ 831,22
37	Pompa Centrifugal, P-14	1,944	inchi	2	470,34	488,69	\$ 400,00	\$ 415,61	\$ 831,22
38	Pompa Centrifugal, P-15	1,288	inchi	2	470,34	488,69	\$ 400,00	\$ 415,61	\$ 831,22
39	Pompa Centrifugal, P-16	1,288	inchi	2	470,34	488,69	\$ 400,00	\$ 415,61	\$ 831,22
40	Pompa Centrifugal, P-17	1,944	inchi	2	470,34	488,69	\$ 400,00	\$ 415,61	\$ 831,22
TOTAL									\$ 349.403,5

Gambar 7. Harga Alat Utilitas

### Physical Plant Cost (PPC) Alat Proses

Purchased equipment cost total (PEC) = 1319357,813 \$  
= Rp19.579.269.944,94

i. Delivered equipment cost (DEC)

Diperkirakan biaya transportasi alat sampai tempat = 10% PEC  
(Peters, hal 244), sehingga :  
DEC = Rp1.957.926.994,49

ii. Instalasi (Biaya pasang alat) = 25 – 55% PEC (Peters, hal 245)

Material = 20% PEC  
= Rp3.915.853.988,99

Buruh = 20% PEC  
= Rp3.915.853.988,99

Jumlah manhour = buruh/Rp19317,31/manhour  
= 159034,7897/manhour

Buruh lokal = 100%  
= Rp1.604.979.097,76

Total cost = Rp5.520.833.086,74

- iii. Pemipaan (biaya pasang pipa) untuk cairan = 80% PEC (Peters, hal 245)
- |                |                       |
|----------------|-----------------------|
| Material       | = 43% PEC             |
|                | = Rp8.419.086.076,33  |
| Buruh          | = 37% PEC             |
|                | = Rp7.244.329.879,63  |
| Jumlah manhour | = 294214,361/manhour  |
| Buruh lokal    | = 100%                |
|                | = Rp2.969.211.330,85  |
| Total cost     | = Rp11.388.297.407,17 |
- iv. Instrumentasi (biaya pasang alat kontrol) = 8 – 50% PEC (Peters, hal 245)
- |                |                      |
|----------------|----------------------|
| Material       | = 20%                |
|                | = Rp3.915.853.988,99 |
| Buruh          | = 20% PEC            |
|                | = Rp3.915.853.988,99 |
| Jumlah manhour | = 159.034,79/manhour |
| Buruh lokal    | = 100%               |
|                | = Rp1.604.979.097,76 |
| Total cost     | = Rp5.520.833.086,74 |
- v. Listrik = 15 – 30% PEC (Peters, hal 273)
- |                |                      |
|----------------|----------------------|
| Material       | = 15%                |
|                | = Rp2.936.890.491,74 |
| Buruh          | = 15% PEC            |
|                | = Rp2.936.890.491,74 |
| Jumlah manhour | = 119.276,09/manhour |
| Buruh lokal    | = 100%               |
|                | = Rp1.203.734.323,32 |
| Total cost     | = Rp4.140.624.815,06 |

## vi. Bangunan :

Bangunan	Ukuran (m)		Luas
	Panjang	lebar	
Kantor	20	15	300
Gedung Pertemuan	10	15	150
Tempat Ibadah	10	10	100
Kantin	10	10	100
Utilitas	30	15	450
Laboratorium	10	10	100
Ruang Kontrol	15	15	225
Daerah Proses	50	30	1500
Warehouse	20	15	300
UPL	15	10	150
Bengkel	10	10	100
K3 and Fire Hidrant	10	10	100
Pos Keamanan	5	5	25
Tempat Parkir Truk	20	20	400
Tempat Parkir Karyawan	15	15	225
Warehouse raw material	20	15	300
Taman	0	0	350
Jalan	0	0	2000
Area Perluasan	100	30	3000
Jarak Jalan ke Pabrik	6	6	36
TOTAL			9911

Harga bangunan di tasikmalaya = Rp20.250.000.000,00 /5000 m<sup>2</sup>

Harga bangunan = Rp 4.224.030,04 /m<sup>2</sup>

Biaya bangunan = Rp41.864.361.702,13

vii. Isolasi = 8%  
= Rp1.566.341.595,60

## viii. Tanah

Harga tanah di tasikmalaya = Rp109.000,00 /m<sup>2</sup>

Kebutuhan tanah = 9911 m<sup>2</sup>

Total harga tanah = Rp1.080.299.000,00

## PPC Peralatan utilitas

Peralatan utilitas								
Nama Alat	Variabel Penentu	Jumlah	Kapasitas	Satuan	Harga 2014 (Rp)	Harga 2026 (Rp)	Harga Total (Rp)	Harga Pp (Rp)
Filer	A		150	m <sup>2</sup>	126700	197778,09	197778,09	Rp 2.335.026.853,93
Bak pengendap awal		1	16620,69711	gallon	800	1248,7961	1248,7961	Rp 18.532.134,83
Bak koagulasi		1	1383,881519	gallon	67	103,97794	103,97794	Rp 1.543.032,69
Tangki tawas		1	111,2511293	gallon	9500	14829,454	14829,454	Rp 220.069.101,12
Clarifier		1	5535,527172	gallon	3478	5428,6805	5428,6805	Rp 80.561619,04
Sand filter		1	4,669448778	m <sup>2</sup>	22100	34497,994	34497,994	Rp 511.950.224,72
Bak penampung sementara		1	3155,243663	gallon	152	237,06971	237,06971	Rp 3.518.114,52
Tangki karbon aktif		1	6,575727552	gallon	4400	6868,3788	6868,3788	Rp 101.926.741,57
Tangki kaport		1	39,6741008	gallon	1500	2341,4328	2341,4328	Rp 34.747.752,81
Tangki air bersih		1	6444,740112	gallon	43300	67591,091	67591,091	Rp 1.003.051.797,75
Kation exchanger		1	475,7244174	gallon	43377	67710,781	67710,781	Rp 1.004.827.986,18
Anion exchanger		1	183,1536823	gallon	16700	26068,62	26068,62	Rp 386.859.314,61
Tangki asam sulfat		1	130,451766	gallon	2600	4058,5875	4058,5875	Rp 60.229.436,20
Tangki NaOH		1	6163,825667	gallon	23400	36527,287	36527,287	Rp 542.064.943,82
Deaerator		1	6385,675863	gallon	800	1248,7961	1248,7961	Rp 18.532.134,83
Bak penampung umpan boiler		1	19108,12746	gallon	920	1435,6892	1435,6892	Rp 21.305.628,29
Boiler		1	28390,38865	bjljam	604300	943309,39	943309,39	Rp 13.998.711.348,31
Blower		1	7,04	cut/menit	200	312,19304	312,19304	Rp 4.633.033,71
Bak penampung air pendingin		1	17,37261338	gallon	1	1.3052314	1.3052314	Rp 19.370,52
Cooling tower		1	0,01272215	million btl/jam	97600	152353,13	152353,13	Rp 2.260.920.449,44
Pompa-01		2	3,270726842	in	6300	9834,2697	19668,539	Rp 291.881.123,60
Pompa-02		1	3,270726842	in	6300	9834,2697	9834,2697	Rp 145.940.561,80
Pompa-03		1	3,270726842	in	6300	9834,2697	9834,2697	Rp 145.940.561,80
Pompa-04		1	3,270726842	in	6300	9834,2697	9834,2697	Rp 145.940.561,80
Pompa-05		2	1,584706828	in	4900	7648,8764	15297,753	Rp 227.018.651,69
Pompa-06		1	1,584706828	in	4900	7648,8764	7648,8764	Rp 113.509.325,84
Pompa-07		2	1,059228532	in	3200	4995,1846	9990,3692	Rp 148.257.078,65
Pompa-08		1	1,059228532	in	3200	4995,1846	4995,1846	Rp 74.128.539,33
Pompa-09		2	1,839981488	in	4900	7648,8764	15297,753	Rp 227.018.651,69
Pompa-10		1	1,839981488	in	4900	7648,8764	7648,8764	Rp 113.509.325,84
Pompa-11		2	0,321282054	in	3200	4995,1846	9990,3692	Rp 148.257.078,65
Pompa-12		2	2,362426964	in	4900	7648,8764	15297,753	Rp 227.018.651,69
Pompa-13		1	2,362426964	in	4900	7648,8764	7648,8764	Rp 113.509.325,84
Pompa-14		1	2,362426964	in	4900	7648,8764	7648,8764	Rp 113.509.325,84
Pompa-15		2	1,054049079	in	3200	4995,1846	9990,3692	Rp 148.257.078,65
Pompa-16		1	1,054049079	in	3200	4995,1846	4995,1846	Rp 74.128.539,33
Pompa-17		2	2,611968269	in	4900	7648,8764	15297,753	Rp 227.018.651,69
TOTAL							1744670,2	Rp 25.893.873.054,61

## Physical Plant Cost (PPC)

Purchased equipment cost total (PEC) = 1744870,152 \$

= Rp25.893.873.054,61

### 1. Delivered equipment cost (DEC)

Diperkirakan biaya transportasi alat sampai tempat 10% PEC (Peters, hal 244), sehingga :

DEC = Rp2.589.387.305,46

### 2. Instalasi (Biaya pasang alat) 25 – 55% PEC (Peters, hal 245)

Material = 20% PEC

= Rp5.178.774.610,92

Buruh = 20% PEC

= Rp5.178.774.610,92

Jumlah manhour = buruh/Rp19317,31/manhour

= 210325,8532/manhour



- Buruh lokal = 100%  
 = Rp2.122.608.510,40  
 Total cost = Rp7.301.383.121,32
3. Pemipaan (biaya pasang pipa) untuk cairan 80% PEC (Peters, hal 245)
- Material = 43% PEC  
 = Rp11.134.365.413,48  
 Buruh = 37% PEC  
 = Rp9.580.733.030,21  
 Jumlah manhour = 389102,8284/manhour  
 Buruh lokal = 100%  
 = Rp3.926.825.744,24  
 Total cost = Rp15.061.191.157,73
4. Instrumentasi (biaya pasang alat kontrol) 8 – 50% PEC (Peters, hal 245)
- Material = 20%  
 = Rp5.178.774.610,92  
 Buruh = 20% PEC  
 = Rp5.178.774.610,92  
 Jumlah manhour = Rp210.325,85/manhour  
 Buruh lokal = 100%  
 = Rp2.122.608.510,40  
 Total cost = Rp7.301.383.121,32
5. Listrik 15 - 30% PEC (Peters, hal 273)
- Material = 15%  
 = Rp3.884.080.958,19  
 Buruh = 15% PEC  
 = Rp3.884.080.958,19  
 Jumlah manhour = Rp157.744,39/manhour  
 Buruh lokal = 100%  
 = Rp1.591.956.382,80  
 Total cost = Rp5.476.037.340,99
6. Limbah
- Karyawan = 731,4 kg/jam  
 = 5792338,063 kg/tahun  
 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 11994,3 kg/tahun  
 NaOH = 43979,0kg/tahun

Total = 5848311,4 kg/tahun  
 Pengolahan limbah = Rp6.433.142.502  
**PPC Utilitas = Rp36.861.141.427,41**

Fixed Capital Investment	Rupiah
PEC	Rp 19.579.269.944,94
Instalasi	Rp 5.520.833.086,74
Pemipaan	Rp 11.388.297.407,17
Instrumen	Rp 5.520.833.086,74
Listrik	Rp 4.140.624.815,06
Tanah	Rp 1.080.299.000,00
Bangunan	Rp 41.864.361.702,13
Utilitas	Rp 36.861.141.427,41
<b>Jumlah PPC</b>	Rp125.955.660.470,21
Engineering & Construction, 5%	Rp 25.191.132.094,04
<b>Jumlah DPC</b>	Rp151.146.792.564,25
Constructor's fee, 10%	Rp 22.672.018.884,64
Contingency, 8%	Rp 22.672.018.884,64
<b>Jumlah FCI</b>	Rp196.490.830.333,52

### *Manufacturing Cost*

#### 4. Bahan Baku

Bahan Baku	Kebutuhan (kg/jam)	Harga/kg	Total Harga
Glukosa 85%	432,6	Rp89.040.000,00	Rp 38.515.252.864,05
HNO <sub>3</sub> 58%	929,2	Rp 6.232,80	Rp 5.791.552,84
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,4	Rp 118.720,00	Rp 285.298,17
<b>Total</b>			Rp124.771.526.732,21

#### 2. Gaji karyawan

Gaji karyawan/tahun = Rp6.942.720.000

#### 3. Supervisi karyawan = 15%

Total gaji = Rp1.041.408.000

4. Maintenance = 2 – 10% FCI  
= 5%  
= Rp9.824.541.516,68
5. Plant supplies = 15% Maintenance  
= Rp1.473.681.227,50
6. Harga produk  
C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O = 1,65 \$/kg  
= Rp24.486,00/kg  
Produk yang dihasilkan = 1010,10101 kg/jam  
Total = Rp195.888.000.000,00/th
7. Royalty dan patent = 0 – 6% total produk  
= 6%  
= Rp11.753.280.000,00

#### 8. Kebutuhan utilitas

	bahan	kebutuhan (kg/jam)	(kg/tahun)	harga/kg	pembelian/th
kg/th	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,514430589	11994,29026	Rp 50.500,00	Rp 605.711.658,16
kg/th	NaOH	5,552905554	43979,01199	Rp 28.200,00	Rp 1.240.208.138,06
kg/th	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> .18H <sub>2</sub> O	0,446532997	3536,541335	Rp 2.300,00	Rp 8.134.045,07
kg/th	Karbon aktif	0,299031382	2368,328544	Rp 20.000,00	Rp 47.366.570,88
kg/th	Kaporit	0,173292118	1372,473576	Rp 25.000,00	Rp 34.311.839,40
m <sup>3</sup> /th	Solar	0,02898183	229,5360927	Rp 5.150,00	Rp 1.182.110,88
KWh/th	Listrik	177,61	1406653,979	Rp 1.114,74	Rp 1.568.053.457,08
	Total				Rp 3.504.967.819,56

**Total Direct Manufacturing Cost (DMC) = Rp73.061.928.278,80**

#### Indirect Manufacturing Cost

1. Payroll Overhead 10-20% dari labor cost (Peters, hal 273)  
10% kary = Rp1.041.408.000,00
2. Laboratorium 10-20% dari labor cost (Peters, hal 273)  
10% kary = Rp1.041.408.000,00
3. Packing dan Shipping 10-20% FCI (Peters, hal 274)  
10% FCI= Rp29.473.624.550,03
4. Plant Overhead 50-70% dari labor cost (Peters, hal 274)  
50% kary = Rp3.471.360.000,00
5. Total Indirect Manufacturing Cost (IMC) = Rp35.027.800.550,03

### Fixed manufacturing Cost

1. Depreciation = 10% FCI = Rp19.649.083.033,35 (10 % FCI, Hal 273 peter)
2. Property tax = 1% FCI = Rp1.964.908.303,34 (1-4% FCI hal 273 peter)
3. Asuransi = 0,4% FCI = Rp785.963.321,33 (0,4-1% FCI hal 273 peter)
4. Total Fixed Manufacturing Cost (FMC) = Rp22.399.954.658,02

Total Manufacturing Cost = Rp130.489.683.486,85

Rangkuman :

Manufacturing Cost	Rp
Bahan Baku	Rp 38.521.329.715,06
Buruh(Labor)	Rp 6.942.720.000,00
Supervisi	Rp 1.041.408.000,00
Perawatan	Rp 9.824.541.516,68
Plant Suplies	Rp 1.473.681.227,50
Royalty	Rp 11.753.280.000,00
Utilitas	Rp 3.504.967.819,56
<b>Direct Manufacturing Cost</b>	<b>Rp 73.061.928.278,80</b>
Payroll	Rp 1.041.408.000,00
Laboratorium	Rp 1.041.408.000,00
Plant Overhead	Rp 3.471.360.000,00
Packed	Rp 29.473.624.550,03
<b>Indirect Manufacturing Cost</b>	<b>Rp 35.027.800.550,03</b>
Depresiasi	Rp 19.649.083.033,35
Pajak	Rp 1.964.908.303,34
Asuransi	Rp 785.963.321,33
<b>Fixed Manufacturing Cost</b>	<b>Rp 22.399.954.658,02</b>
<b>Manufacturing Cost</b>	<b>Rp130.489.683.486,85</b>

### Working Capital (modal kerja)

1. Persediaan bahan baku =  $1/12 * \text{bahan baku}$  = Rp3.210.110.809,59
2. Bahan baku dlm proses =  $0,5/330 * MC$  = Rp197.711.641,65
3. Biaya sebelum terjual =  $1/12 * MC$  = Rp10.874.140.290,57
4. Persediaan uang =  $1/12 * MC$  = Rp10.874.140.290,57
5. Total Working Capital = Rp25.156.103.032,38

### General Expense

1. Administrasi = 3% MC = Rp3.914.690.504,61
  2. Sales = 5% MC = Rp6.524.484.174,34
  3. Riset = 5% MC = Rp6.524.484.174,34
- Total general expense = Rp16.963.658.853,29

$$\begin{aligned} \text{Total biaya produksi} &= \text{MC} + \text{General expense} \\ &= \text{Rp}147.453.342.340,14 \end{aligned}$$

$$\text{Penjualan (Sa)} = \text{Rp}195.888.000.000,00$$

$$\text{Total cost} = \text{Rp}147.453.342.340,14$$

$$\text{Keuntungan sebelum pajak} = \text{Rp}48.434.657.659,86$$

$$\text{Keuntungan sesudah pajak} = \text{Rp}33.904.260.361,90$$

$$\text{Pajak 30\% dari keuntungan} = \text{Rp}14.530.397.297,96$$

### Return On Investment (ROI)

Sebelum pajak :

$$\text{Pr b} = \text{Pb/If}$$

Sesudah pajak :

$$\text{Pr b} = \text{Pb/If}$$

dengan :

$$\text{Prb} = \text{ROI sebelum pajak}$$

$$\text{Pra} = \text{ROI sesudah pajak}$$

$$\text{Pb} = \text{Keuntungan sebelum pajak}$$

$$\text{Pa} = \text{Keuntungan sesudah pajak}$$

$$\text{If} = \text{fixed capital investment}$$

### Pay Out Time (POT)

Sebelum pajak :

$$\text{POT} = \frac{\text{If}}{\text{Pb} + 0,1 \cdot \text{If}}$$

Sesudah pajak :

$$\text{POT} = \frac{\text{If}}{\text{Pa} + 0,1 \cdot \text{If}}$$

### Break Even Point (BEP)

$$\text{BEP} = \frac{\text{Fa} + 0,3\text{Ra}}{\text{Sa} - \text{Va} - 0,7\text{Ra}} \cdot 100\%$$

### Shut Down Point (SDP)

$$SDP = \frac{0,3Ra}{Sa - Va - 0,7Ra} \cdot 100\%$$

### Discounted Cash Flow

$$(FC + WC)(1 + i)^n - (SV + WC) = C((1 + i)^{n-1} + (1 + i)^{n-2} + \dots + (1 + i) + 1)$$

dengan :

C = Annual cost  
= Profit after tax + depreciation + finance

SV = Salvage value  
= 0,1\*FCI

WC = Working capital

FC = Fixed capital

i dicari dengan trial

### PERHITUNGAN :

ROI sebelum pajak = 25 (untuk resiko rendah sebelum pajak minimal 11%)

ROI sesudah pajak = 17

POT sebelum pajak = 3 Tahun (untuk resiko rendah sebelum pajak <5 tahun)

POT sesudah pajak = 4 Tahun

Diketahui :

FCI = Rp196.490.830.333,52

Keuntungan sebelum pajak = Rp48.434.657.659,86

Keuntungan sesudah pajak = Rp33.904.260.361,90

<b>Fixed Cost (Fa)</b>	<b>Rp</b>
Depreciation	Rp19.649.083.033,35
Pajak	Rp1.964.908.303,34
Insurance	Rp785.963.321,33
	<b>Rp22.399.954.658,02</b>

<b>Variable cost (Va)</b>	<b>Rp</b>
Bahan Baku	Rp38.521.329.715,06
Royalty and Patent	Rp11.753.280.000,00
Utilitas	Rp3.504.967.819,56
Packaging and Shipping	Rp29.473.624.550,03
	<b>Rp83.253.202.084,65</b>

<b>Regulateted Cost (Ra)</b>	<b>Rp</b>
Labour	Rp6.942.720.000,00
Maintenance	Rp9.824.541.516,68
Plant Suplies	Rp1.473.681.227,50
Labolatory	Rp1.041.408.000,00
Payroll Overhead	Rp3.471.360.000,00
Plant Overhead	Rp3.471.360.000,00
General Expense	Rp16.963.658.853,29
	<b>Rp40.758.777.597,47</b>

BEP = Masukkan rumus diatas = 42%

SDP = Masukkan rumus diatas = 15%

C = Rp60.926.010.512,26

SV = Rp19.649.083.033,352

WC = Rp25.156.103.032,00

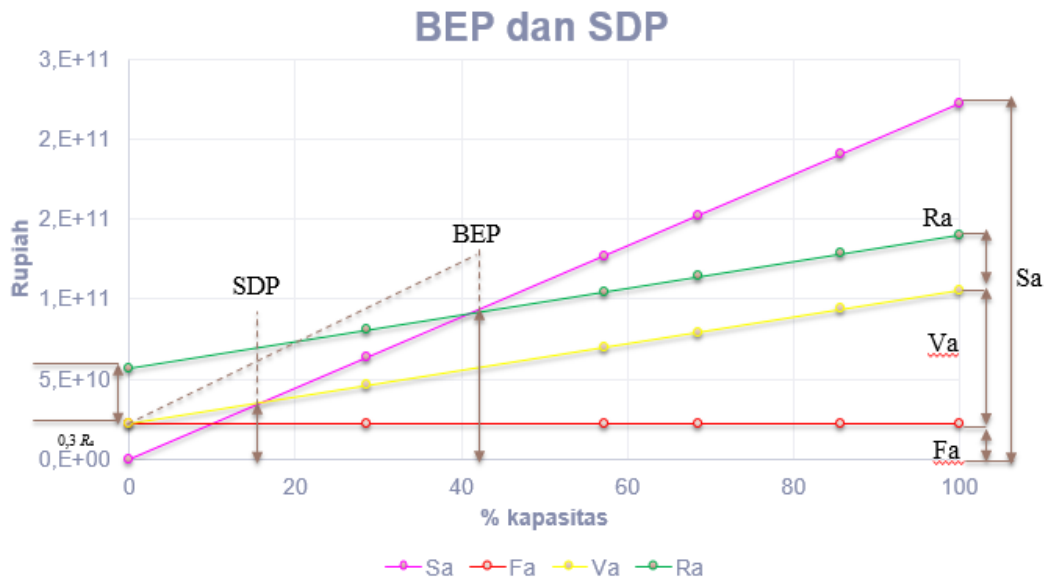
FC = Rp196.490.830.333,52

Rata – rata bunga bank per 2022 = 5,25%, untuk 1,5kali = 7,88%

Hasil trial bunga = 8%

Ruas kiri = 1,08 E+12

Ruas kanan = 1,08 E+12



Dimana :

Sa = Harga penjualan

Fa = Fixed cost

Va = Variabel cost

Ra = Regulated cost



