



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

APPENDIX A
NERACA MASSA

Kapasitas produksi	=	60000	ton/th
	=	7575,7576	kg/jam
Waktu operasi	=	1	jam operasi
	=	330	hari kerja
	=	1	tahun kerja
Basis kebutuhan bahan baku	=	6821,2974	kg/jam

Komposisi bahan baku

1. Garam

Komponen	%Berat
NaCl	95,533
CaSO ₄	0,612
MgSO ₄	0,574
MgCl ₂	0,281
H ₂ O	3
Total	100

Berat Molekul (g/mol)	
NaCl	58,5
H ₂ SO ₄	98
H ₂ O	18
HCl	36,5
Na ₂ SO ₄	142
SO ₃	80
CaSO ₄	136
MgSO ₄	120
MgCl ₂	95

2. Asam Sulfat (H₂SO₄)

Komponen	%Berat
H ₂ SO ₄	98
H ₂ O	2
Total	100

H₂SO₄ yang digunakan 60° Be (Keyes) = 77,67%

Sedangkan yang tersebar dipasaran = 98%

Basis = 6821,297377 kg/jam NaCl



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

1. TANGKI PENGECER H₂SO₄ 77,67% (M-130)



$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan H}_2\text{SO}_4 &= \frac{5884,0909}{98\%} \text{ kg/jam} \\ &= 6004,1744 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Komposisi H₂SO₄

Komponen	% Berat	Berat (kg/jam)
H ₂ SO ₄	98	5884,0909
H ₂ O	2	117,6818
Total	100	6001,7727

Neraca massa total = F = L

Neraca massa total = F = L

dimana

F	=	Feed	
X _f	=	Konsentrasi feed	98%
L	=	Larutan	
X _l	=	Konsetrasi Larutan	77,67%

$$L = (F \times X_f) / (X_l) = 7575,7576 \text{ kg/jam}$$

H ₂ O pada 77.67%	=	H ₂ SO ₄ 77.67%	-	H ₂ SO ₄ 98%
H ₂ O pada 77.67%	=	7575,7576 kg/jam	-	5884,0909 kg/jam
H ₂ O pada 77.67%	=	1691,6667 kg/jam		

Penambahan air proses	=	H ₂ O pada 77.67%	-	H ₂ O pada feed
Penambahan air proses	=	1691,6667 kg/jam	-	117,6818 kg/jam
Penambahan air proses	=	1573,9848 kg/jam		

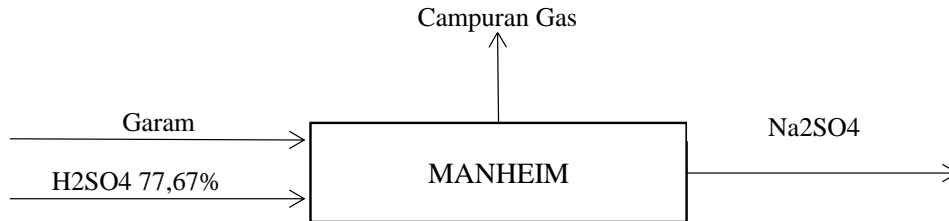
Neraca Massa :

Komponen Masuk	kg/jam	Komponen Keluar	kg/jam
H ₂ SO ₄ 98%	5884,0909	H ₂ SO ₄ 77.67%	5884,0909
H ₂ O	117,6818	H ₂ O	1691,6667
	6001,7727		7575,7576
Penambahan air proses			
H ₂ O	1573,9848		
TOTAL	7575,7576	TOTAL	7575,7576



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

2. MANHEIM FURNACE (Q-210)

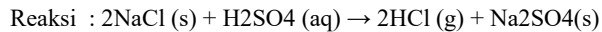


Feed masuk :

Komponen	Berat (kg/jam)
NaCl	6516,5900
CaSO4	41,7463
MgSO4	39,1542
MgCl2	19,1678
H2O	204,6389
Total	6821,2974

Reaksi yang terjadi :

Konversi = 98%



$$\text{mol NaCl} = \frac{\text{massa NaCl masuk}}{\text{Berat molekul}} = \frac{6516,5900 \text{ kg}}{58,5 \text{ kg/kmol}} = 111,3947 \text{ kmol}$$

$$\begin{aligned} \text{mol NaCl bereaksi} &= 98\% \times 111,3947 \text{ kmol} = 109,1668 \text{ kmol} \\ \text{massa NaCl bereaksi} &= 109,1668 \text{ kmol} \times 58,5 \text{ kg/kmol} = 6386,25822 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{mol NaCl sisa reaksi} &= 111,3947 \text{ kmol} - 109,1668 \text{ kmol} = 2,2279 \text{ kmol} \\ \text{massa NaCl sisa reaksi} &= 2,2279 \text{ kmol} \times 58,5 \text{ kg/kmol} = 130,3318 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{mol H}_2\text{SO}_4 \text{ dibutuhkan} &= \frac{1}{2} \times 109,1668 \text{ kmol} = 54,5834 \text{ kmol} \\ \text{massa H}_2\text{SO}_4 &= 54,5834 \text{ kmol} \times 98 \text{ kg/kmol} = 5349,17355 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Dibutuhkan H₂SO₄ berlebih 10% untuk menyempurnakan reaksi:

$$\text{massa H}_2\text{SO}_4 = 5349,1736 \text{ kg/jam}$$

$$\text{kebutuhan H}_2\text{SO}_4 = (100\% + 10\%) \times 5349,1736 = 5884,0909 \text{ kg/jam}$$

$$\text{sisa H}_2\text{SO}_4 \text{ bereaksi} = 5884,0909 \text{ kg/jam} - 5349,1736 \text{ kg/jam} = 534,9174 \text{ kg/jam}$$

$$\text{mol HCl yg terbentuk} = 1 \times 109,1668 \text{ kg/jam} = 109,1668 \text{ kmol}$$

$$\text{massa HCl terbentuk} = 109,1668 \text{ kmol} \times 36,5 \text{ kg/kmol} = 3984,58846 \text{ kg/jam}$$



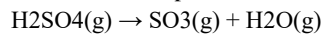
Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} \text{mol Na}_2\text{SO}_4 \text{ terbentuk} &= \frac{1}{2} \times 109,1668 \text{ kmol} = 54,5834 \text{ kmol} \\ \text{massa Na}_2\text{SO}_4 &= 54,5834 \text{ kmol} \times 142 \text{ kg/kmol} = 7750,84331 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Komponen	Titik didih (°C)
Na ₂ SO ₄	884
MgSO ₄	3600
MgCl ₂	1412
NaCl	1413
CaSO ₄	1193
H ₂ SO ₄	d.340
HCl	-85
H ₂ O	100
SO ₃	44,6

Berdasarkan titik didih komponen, H₂SO₄ terdekomposisi pada Suhu 340°C

Reaksi terdekomposisi :



$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ yg terdekomposisi} = 534,9174 \text{ kg/jam}$$

$$\text{mol H}_2\text{SO}_4 = \frac{534,9174 \text{ kg/jam}}{98 \text{ kg/kmol}} = 5,4583 \text{ kmol}$$

$$\text{mol SO}_3 = 1 \times \text{mol H}_2\text{SO}_4 = 1 \times 5,4583 \text{ kmol} = 5,4583 \text{ kmol}$$

$$\text{mol H}_2\text{O} = 1 \times \text{mol H}_2\text{SO}_4 = 1 \times 5,4583 \text{ kmol} = 5,4583 \text{ kmol}$$

$$\text{massa SO}_3 = 5,4583 \text{ kmol} \times 80 \text{ kg/kmol} = 436,6672 \text{ kg/jam}$$

$$\text{massa H}_2\text{O} = 5,4583 \text{ kmol} \times 18 \text{ kg/kmol} = 98,2501 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Total H}_2\text{O} &= \text{H}_2\text{O pada garam} + \text{H}_2\text{O pada H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O yg terbentuk} \\ &= 204,6389 \text{ kg/jam} + 1691,6667 \text{ kg/jam} + 98,2501 \text{ kg/jam} \\ &= 1994,5557 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Neraca Massa :

Komponen Masuk	kg/jam	Komponen Keluar	kg/jam
Garam dari gudang		Ke Rotary Cooler	
NaCl	6516,5900	Na ₂ SO ₄	7750,8433
CaSO ₄	41,7463	NaCl	130,3318
MgSO ₄	39,1542	CaSO ₄	41,7463
MgCl ₂	19,1678	MgSO ₄	39,1542
H ₂ O	204,6389	MgCl ₂	19,1678
	6821,29738		7981,2435
H ₂ SO ₄ dari tangki pengencer		Ke silika tower campuran gas	
H ₂ SO ₄	5884,0909	HCl	3984,5885
H ₂ O	1691,6667	SO ₃	436,6672
	7575,7576	H ₂ O	1994,5557
			6415,8114
TOTAL	14397,0550	TOTAL	14397,0550

3. ROTARY COOLER



Asumsi solid terikut udara pendingin : 10%

(Perry, 6th ed 20-32)

Feed masuk :

Komponen	Berat (kg)
Na ₂ SO ₄	7750,8433
NaCl	130,3318
CaSO ₄	41,7463
MgSO ₄	39,1542
MgCl ₂	19,1678
Total	7981,2435

Komposisi solid ke cyclone :

Na ₂ SO ₄	=	1%	x	7750,8433	kg	=	77,5084	kg
NaCl	=	1%	x	130,3318	kg	=	1,3033	kg
CaSO ₄	=	1%	x	41,7463	kg	=	0,4175	kg
MgSO ₄	=	1%	x	39,1542	kg	=	0,3915	kg
MgCl	=	1%	x	19,1678	kg	=	0,1917	kg

Komposisi solid ke screw conveyor :

Na ₂ SO ₄	=	7750,8433	kg	-	77,5084	kg	=	7673,3349	kg
NaCl	=	130,3318	kg	-	1,3033	kg	=	129,0285	kg
CaSO ₄	=	41,7463	kg	-	0,4175	kg	=	41,3289	kg



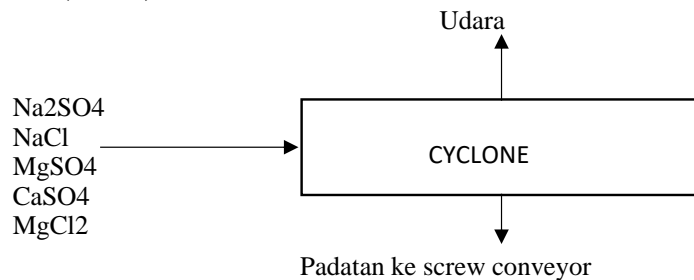
Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

MgSO₄ = 39,1542 kg - 0,3915 kg = 38,7627 kg
 MgCl = 19,1678 kg - 0,1917 kg = 18,9762 kg

Neraca massa:

Komponen masuk	kg/jam	Komponen Keluar	kg/jam
Dari manheim furnace		Ke cyclone	
Na ₂ SO ₄	7750,8433	Na ₂ SO ₄	77,5084
NaCl	130,3318	NaCl	1,3033
CaSO ₄	41,7463	CaSO ₄	0,4175
MgSO ₄	39,1542	MgSO ₄	0,3915
MgCl ₂	19,1678	MgCl ₂	0,1917
	7981,2435		79,8124
		Udara keluar	34462,1079
Udara masuk	34462,1079	Ke Ball Mill	
		Na ₂ SO ₄	7673,3349
		NaCl	129,0285
		CaSO ₄	41,3289
		MgSO ₄	38,7627
		MgCl ₂	18,9762
			7901,4311
TOTAL	42443,3514	TOTAL	42443,3514

4. CYCLONE (H - 215)



Effisiensi cyclone : 99% (Ludwig, hal 165)
 Debu lolos ke udara : 1%

Feed masuk :

Komponen	Berat (kg)
Na ₂ SO ₄	77,5084
NaCl	1,3033
CaSO ₄	0,4175
MgSO ₄	0,3915
MgCl ₂	0,1917
Total	79,8124



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Komposisi solid ke ball mill :

Na ₂ SO ₄	=	99%	x	77,5084	kg	=	76,7333	kg
NaCl	=	99%	x	1,3033	kg	=	1,2903	kg
CaSO ₄	=	99%	x	0,4175	kg	=	0,4133	kg
MgSO ₄	=	99%	x	0,3915	kg	=	0,3876	kg
MgCl ₂	=	99%	x	0,1917	kg	=	0,1898	kg

Komposisi debu ke udara bebas :

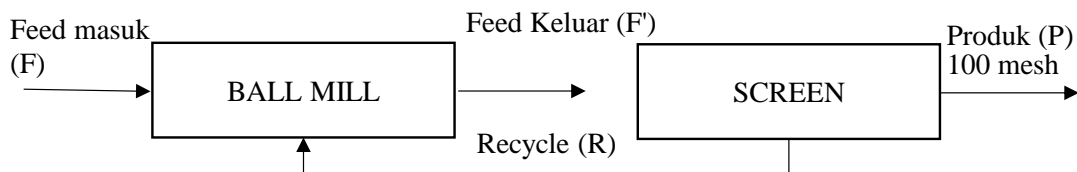
Na ₂ SO ₄	=	1%	x	77,5084	kg	=	0,7751	kg
NaCl	=	1%	x	1,3033	kg	=	0,0130	kg
CaSO ₄	=	1%	x	0,4175	kg	=	0,0042	kg
MgSO ₄	=	1%	x	0,3915	kg	=	0,0039	kg
MgCl ₂	=	1%	x	0,1917	kg	=	0,0019	kg

Udara dari Rotary Cooler masuk Cyclone	=	79,8124	kg/jam
Udara dari Rotary Cooler keluar Cyclone	=	79,8124	kg/jam

Neraca massa:

Komponen masuk	kg/jam	Komponen Keluar	kg/jam
Dari Cyclone		Ke udara	
Na ₂ SO ₄	77,5084	Na ₂ SO ₄	76,7333
NaCl	1,3033	NaCl	1,2903
CaSO ₄	0,4175	CaSO ₄	0,4133
MgSO ₄	0,3915	MgSO ₄	0,3876
MgCl ₂	0,1917	MgCl ₂	0,1898
	79,8124		79,0143
		Udara keluar	79,8124
Udara masuk	79,8124	Ke Ball Mill	
		Na ₂ SO ₄	0,7751
		NaCl	0,0130
		CaSO ₄	0,0042
		MgSO ₄	0,0039
		MgCl ₂	0,0019
			0,7981
TOTAL	159,6249	TOTAL	159,6249

5. BALL MILL (C - 216)



Neraca Massa Total : Feed masuk + Recycle = Feed Keluar

$$F + R = F'$$

$$F' = P + R$$

$$P = F' - R$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Feed Masuk :

Dari Rotary Cooler :

Dari Cyclone :

Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Na ₂ SO ₄	7673,3349	Na ₂ SO ₄	0,7751
NaCl	129,0285	NaCl	0,0130
CaSO ₄	41,3289	CaSO ₄	0,0042
MgSO ₄	38,7627	MgSO ₄	0,0039
MgCl ₂	18,9762	MgCl ₂	0,0019
TOTAL	7901,4311	TOTAL	0,7981

$$\begin{aligned} \text{Total Feed masuk ke ball mill} &= 7901,4311 + 0,7981 \\ &= 7902,2292 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Asumsi ukuran yang tidak sesuai (reject) = 5%

Bahan dengan ukuran sesuai = 95%

$$\begin{aligned} F + 5\% F &= F' \\ F &= 7902,2292 \text{ kg} \\ R = 5\% F &= 5\% \times 7902,2292 \text{ kg} \\ &= 395,1115 \text{ kg} \\ F' = F + R &= 7902,2292 \text{ kg} + 395,1115 \text{ kg} \\ &= 8297,3407 \text{ kg} \end{aligned}$$

Komposisi Produk Keluar :

Komponen	Feed (F) (kg/j)	Recycle (R) (kg/j)	Produk (F') (kg/j)
Na ₂ SO ₄	7674,1100	383,7055	8057,8155
NaCl	129,0415	6,4521	135,4936
CaSO ₄	41,3331	2,0667	43,3997
MgSO ₄	38,7666	1,9383	40,7050
MgCl ₂	18,9781	0,9489	19,9270
TOTAL	7902,2292	395,1115	8297,3407

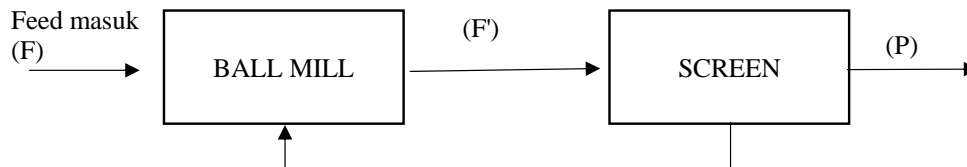


Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Neraca Massa :

Komponen masuk	kg/jam	Komponen keluar	kg/jam
Dari Rotary Cooler		Ke Screen	
Na ₂ SO ₄	7673,3349	Na ₂ SO ₄	8057,8155
NaCl	129,0285	NaCl	135,4936
CaSO ₄	41,3289	CaSO ₄	43,3997
MgSO ₄	38,7627	MgSO ₄	40,7050
MgCl ₂	18,9762	MgCl ₂	19,9270
	7901,4311		8297,3407
Dari Cyclone			
Na ₂ SO ₄	0,7751		
NaCl	0,0130		
CaSO ₄	0,0042		
MgSO ₄	0,0039		
MgCl ₂	0,0019		
	0,7981		
Dari Recycle			
Na ₂ SO ₄	383,7055		
NaCl	6,4521		
CaSO ₄	2,0667		
MgSO ₄	1,9383		
MgCl ₂	0,9489		
	395,1115		
TOTAL	8297,3407	TOTAL	8297,3407

6. SCREEN (S - 217)



Feed masuk :

Komponen	Berat (kg/jam)	Recycle (R) (kg/j)
Na ₂ SO ₄	8057,8155	383,7055
NaCl	135,4936	6,4521
CaSO ₄	43,3997	2,0667
MgSO ₄	40,7050	1,9383
MgCl ₂	19,9270	0,9489
Total	8297,3407	395,1115

Berdasarkan perhitungan pada ball mill :

Neraca massa total :

$$\begin{aligned}
 8297,3407 \text{ kg/jam} &= 395,1115 \text{ kg/jam} + P \\
 P &= 8297,3407 \text{ kg/jam} - 395,1115 \text{ kg/jam} \\
 &= 7902,2292 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Terdiri dari :

Komponen	Feed (F) (kg/j)	Recycle (R) (kg/j)	Produk (P) (kg/j)
Na ₂ SO ₄	8057,8155	383,7055	7674,1100
NaCl	135,4936	6,4521	129,0415
CaSO ₄	43,3997	2,0667	41,3331
MgSO ₄	40,7050	1,9383	38,7666
MgCl ₂	19,9270	0,9489	18,9781
Total	8297,3407	395,1115	7902,2292

Neraca Massa :

Komponen masuk	kg/jam	Komponen keluar	kg/jam
Dari Ball Mill		Ke Gudang Penyimpanan	
Na ₂ SO ₄	8057,8155	Na ₂ SO ₄	7674,1100
NaCl	135,4936	NaCl	129,0415
CaSO ₄	43,3997	CaSO ₄	41,3331
MgSO ₄	40,7050	MgSO ₄	38,7666
MgCl ₂	19,9270	MgCl ₂	18,9781
	8297,3407		7902,2292
		Ke Ball Mill	
		Na ₂ SO ₄	383,7055
		NaCl	6,4521
		CaSO ₄	2,0667
		MgSO ₄	1,9383
		MgCl ₂	0,9489
			395,1115
TOTAL	8297,3407	TOTAL	8297,3407

7. SILICA TOWER (D - 230)



Neraca massa :

Komponen masuk	kg/jam	Komponen Keluar	kg/jam
Dari manheim		Ke Coke Tower	
Campuran gas		Campuran gas	
HCl	3984,5885	HCl	3984,5885
SO ₃	436,6672	SO ₃	436,6672
H ₂ O	1994,5557	H ₂ O	1994,5557
	6415,8114		6415,8114
TOTAL	6415,8114	TOTAL	6415,8114



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

8. COKE TOWER (D - 240)



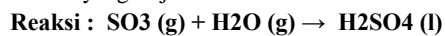
Feed masuk :

Komponen	kg/jam
HCl	3984,5885
SO3	436,6672
H2O	1994,5557
Total	6415,8114

Pada suhu 175C H2SO4 terkondensasi dengan rate 70%

(US Patent)

Reaksi yang terjadi :



$$\begin{aligned}
 \text{massa SO3} &= 436,6672 \text{ kg/jam} \\
 &= \frac{436,6672}{80} \text{ kg/kmol} \\
 &= 5,4583 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

$$\text{mol SO3} = 70\% \times 5,4583 = 3,8208 \text{ kmol}$$

$$\begin{aligned}
 \text{mol H2O} &= 1 \times \text{mol SO3} = 1 \times 3,8208 \text{ kmol} = 3,8208 \text{ kmol} \\
 \text{mol H2SO4} &= 1 \times \text{mol SO3} = 1 \times 3,8208 \text{ kmol} = 3,8208 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{massa SO3} &= 3,8208 \times 80 = 305,6671 \text{ kg/jam} \\
 \text{massa H2O} &= 3,8208 \times 18 = 68,7751 \text{ kg/jam} \\
 \text{massa H2SO4} &= 3,8208 \times 98 = 374,4421 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{H2SO4 terkondensasi 70\%} = 374,4421 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat SO3 pada uap} &= 436,6672 \text{ kg/jam} - 305,6671 \text{ kg/jam} \\
 &= 131,0002 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat H2O pada uap} &= 1994,5557 \text{ kg/jam} - 68,7751 \text{ kg/jam} \\
 &= 1925,7806 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

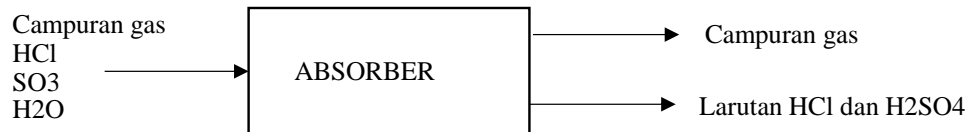


Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Neraca massa :

Komponen masuk	kg/jam	Komponen Keluar	kg/jam
Dari silika tower		Ke kolom absorber	
Campuran gas		Campuran gas	
HCl	3984,5885	HCl	3984,5885
SO3	436,6672	SO3	131,0002
H2O	1994,5557	H2O	1925,7806
	6415,8114		6041,3693
		Ke tangki Penyimpanan H2SO4	
		H2SO4	374,4421
			374,4421
TOTAL	6415,8114	TOTAL	6415,8114

9. ABSORBER (D - 250)



Feed masuk :

Komponen	kg/jam
HCl	3984,5885
SO3	131,0002
H2O	1925,7806
Total	6041,3693

$$\begin{aligned}
 \text{Uap H}_2\text{O yg terkondensasi} &= 100\% \text{ dari uap H}_2\text{O yg masuk} \\
 \text{H}_2\text{O yg terkondensasi} &= 100\% \times 1925,7806 \\
 &= 1925,78063 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan air proses :

Data Kelarutan HCl dalam H2O pada Suhu 38°C (Perry 7ed;T.2-120)

$$\text{Kelarutan HCl} = 64,1 \text{ Kg/ 100 Kg H}_2\text{O}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gas HCl} &= 3984,5885 \text{ kg/jam} \\
 \text{Kebutuhan air} &= 3984,5885 \text{ kg/jam} \times \frac{100}{64,1} \text{ kg} \\
 &= 6216,2067 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Data Kelarutan SO3 dalam H2O pada Suhu 38°C (Perry 7ed;T.2-120)

$$\begin{aligned}
 \text{Kelarutan SO}_3 &= 5,89 \text{ Kg/ 100 Kg H}_2\text{O} \\
 \text{Gas SO}_3 &= 131,0002 \text{ kg/jam} \\
 \text{Kebutuhan air} &= 131,0002 \text{ kg/jam} \times \frac{100}{5,89} \text{ kg} \\
 &= 2224,1115 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Total kebutuhan air proses	=	6216,2067	kg/jam +	2224,1115	kg/jam -	1925,7806	kg/jam
	=	6514,5375	kg/jam				
Penyerapan gas HCl dengan air proses	=			99%			
Gas HCl pada feed	=	3984,5885	kg/jam				
Gas HCl yg terserap	=	99%	x	3984,5885	kg/jam		
	=	3944,7426	kg/jam				
Gas HCl yg lolos	=	3984,5885	-	3944,7426	kg/jam		
	=	39,8459	kg/jam				
H2O pelarut	=	99%	x	6216,2067	kg/jam		
	=	6154,0446	kg/jam				
Penyerapan gas SO3 dengan air proses	=			99%			
Gas SO3 pada feed	=	131,0002	kg/jam				
Gas SO3 yg terkondensasi	=	99%	x	131,0002	kg/jam		
	=	129,6902	kg/jam				
Gas SO3 yg lolos	=	131,0002	-	129,6902	kg/jam		
	=	1,3100	kg/jam				
H2O pelarut	=	99%	x	2224,1115	kg/jam		
	=	2201,8704	kg/jam				
Total H2O	=	6216,2067	+	2224,1115	kg/jam		
	=	8440,3182	kg/jam				
H2O sisa	=	8440,3182	kg/jam -	6154,0446	kg/jam -	2201,8704	kg/jam
	=	84,4032	kg/jam				

Neraca massa :

Komponen masuk	kg/jam	Komponen keluar	kg/jam
Dari coke tower		ke Scrubber	
Campuran gas		Campuran gas	
HCl	3984,5885	HCl	39,8459
SO3	131,0002	SO3	1,3100
H2O	1925,7806		41,1559
	6041,3693		
Air dari proses utilitas		Ke Tangki Pengencer	
H2O	6514,5375	HCl	3944,7426
		H2O	6154,0446
			10098,7872
		SO3 terdekomposisi	
		SO3	129,6902
		H2O	2201,8704
			2331,5606
		H2O sisa	84,4032
TOTAL	12555,9068	TOTAL	12555,9068



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

10. SCRUBBER (D - 320)



Feed masuk :

Komponen	Berat(kg/jam)
HCl	39,8459
SO3	1,3100
Total	41,1559

Effisiensi penyerapan gas = 99%

Kebutuhan air proses :

Data Kelarutan HCl dalam H2O pada Suhu 30°C

(Perry 7ed;T.2-120)

Kelarutan HCl	=	67,3	kg/100 kg H2O	
Gas HCl yg terserap	=	39,8459	kg/jam	
Kebutuhan air	=	39,8459	kg/jam	x $\frac{100}{67,3}$ kg
	=	59,2064	kg/jam	

Kebutuhan Air Proses :

Data Kelarutan SO3 dalam H2O pada Suhu 30°C

(Perry 7ed;T.2-120)

Kelarutan SO3	=	7,81	kg/100 kg / 100	
Gas SO3 yg terserap	=	1,3100	kg/jam	
Kebutuhan air	=	1,3100	kg/jam	x $\frac{100}{7,81}$ kg
	=	16,7734	kg/jam	
Kebutuhan air proses	=	59,2064	kg/jam	+ 16,7734 kg/jam
	=	75,9798	kg/jam	
Gas HCl pada feed	=	39,8459	kg/jam	
Gas HCl yg terserap	=	99%	x 39,8459	kg/jam
	=	39,44742579	kg/jam	
Gas HCl yg lolos	=	39,8459	kg/jam	- 39,4474258 kg/jam
	=	0,3985	kg/jam	
H2O pelarut	=	99%	x 59,2063665	kg/jam
	=	58,61430281	kg/jam	
Gas SO3 pada feed	=	1,3100	kg/jam	
Gas SO3 yg terkondensasi	=	99%	x 1,3100	kg/jam
	=	1,2969	kg/jam	
Gas SO3 yg lolos	=	1,3100	kg/jam	- 1,2969 kg/jam
	=	0,0131	kg/jam	



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

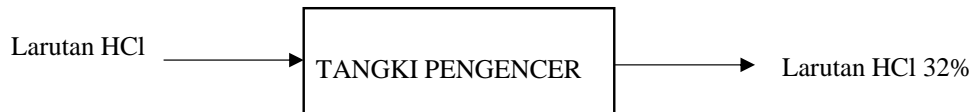
$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O pelarut} &= 99\% \times 16,7733891 \\ &= 16,6057 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O sisa} &= 75,9798 \text{ kg/jam} - 58,6143 \text{ kg/jam} + 16,6057 \text{ kg/jam} \\ &= 0,7598 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca massa :

Komponen masuk	kg/jam	Komponen keluar	kg/jam
Dari kolom absorber		Limbah gas	
HCl	39,8459	HCl	0,3985
SO ₃	1,3100	SO ₃	0,0131
	41,1559		0,4116
Air proses dari utilitas		Ke Tangki Pengencer	
H ₂ O	75,9798	Larutan HCl	
		HCl	39,4474
		H ₂ O	58,6143
			98,0617
		SO ₃ terkondensasi	
		SO ₃	1,2969
		H ₂ O	16,6057
			17,9026
		H ₂ O sisa	0,7598
TOTAL	117,1356	TOTAL	117,1356

11. TANGKI PENGENCER HCL 32% (M - 270)



Feed masuk :

Komponen	Berat(kg/jam)
HCl	3984,1900
H ₂ O	2294,4389
Total	6278,6289

Direncanakan produk larutan HCl dengan kadar = 32%

$$\begin{aligned} \text{Berat HCl} &= 3984,1900 \text{ kg/jam} \\ \text{Berat total HCl 32\%} &= \frac{3984,1900}{32\%} \text{ kg/jam} \\ &= 12450,59376 \text{ kg/jam} \\ \text{Berat H}_2\text{O pada HCl} &= 12450,59376 \text{ kg/jam} - 3984,1900 \text{ kg/jam} \\ &= 8466,4038 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Kebutuhan air proses = 8466,4038 kg/jam - 2294,4389 kg/jam
 = 6171,9648 kg/jam

Neraca massa :

Komponen masuk	kg/jam	Komponen keluar	kg/jam
Dari Decanter:		Ke tangki HCl 32% :	
Larutan HCl		Larutan HCl 32%	
HCl	3984,1900	HCl	3984,1900
H ₂ O	2294,4389	H ₂ O	8466,4038
	6278,6289		12450,5938
Air proses dari utilitas			
H ₂ O	6171,9648		
TOTAL	12450,5938	TOTAL	12450,5938

Spesifik Produk :

Komponen	Berat(kg/jam)	% Berat
HCl	3984,1900	32
H ₂ O	8466,4038	68
TOTAL	12450,5938	100

Produk larutan HCl 32% = 12450,5938 kg/jam
 = 298814,25 kg/hari
 = 98608702,6 kg/th
 = 98608,7026 ton/th

Kapasitas produksi : 60000 ton/th
 Scale up = $\frac{7575,7576}{12450,5938}$ kg/jam
 = 0,608465565



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”



**APPENDIX B
 NERACA PANAS**

Kapasitas produksi	= 60000 ton/th
	= 7575,7576 kg/jam
Waktu operasi	= 1 jam operasi
	= 330 hari kerja
	= 1 tahun kerja
Basis kebutuhan bahan baku	= 6821,2973 kg/jam
Suhu refrence	= 25 °C
	= 298,2 °K

Persamaan panas untuk kondisi aliran steady; $Q = \Delta H = H_2 - H_1$

$$\Delta H = C_p \cdot \Delta T = n \int_{T_{ref}}^T C_p dT \quad \text{(Himmelblau : 386)}$$

Dengε H	= Panas	; Kkal
n	= Berat bahan	; Kmol
Cp	= Spesific Heat	; Kkal/Kmol Kelvin
T _{ref}	= Suhu reference	; Kelvin
T	= Suhu Bahan	; Kelvin

$$C_p = A + B.T + C.T^2 + D.T^3 \quad \text{(Sherwood, Appendix A)}$$

Dengε Cp = Specific Heat ; Kkal/Kmol.Kelvin

A,B,C,D = Konstanta

T = Suhu bahan ; Kelvin

Perhitungan intergrasi ΔH, (Himmelblau : 386) :

$$C_p = A + B.T + C.T^2 + D.T^3 \quad \text{(Sherwood, Appendix A)}$$

Cp = Kkal/Kmol.Kelvin

$$\Delta H = n \int_{T_{ref}}^T C_p dT = n \int_{T_{ref}}^T (A + B.T + C.T^2 + D.T^3) dT$$

$$= n \left[(A(T - T_{ref})) + \left(\frac{B}{2}(T^2 - T_{ref}^2)\right) + \left(\frac{C}{3}(T^3 - T_{ref}^3)\right) + \left(\frac{D}{4}(T^4 - T_{ref}^4)\right) \right]$$

$$= \text{Kmol} \times \frac{\text{Kkal}}{\text{Kmol.K}} \times \text{K} = \text{Kkal}$$



Perhitungan Intergrasi ΔH (Perry 7th Ed. : T.2-194) :

$$C_p = A + B.T + C/T^2$$

$$c_p = \text{Kkal/Kmol.K}$$

$$\Delta H = n \int_{T_{ref}}^T C_p dT = n \int_{T_{ref}}^T (A + B.T + C/T^2) dT$$

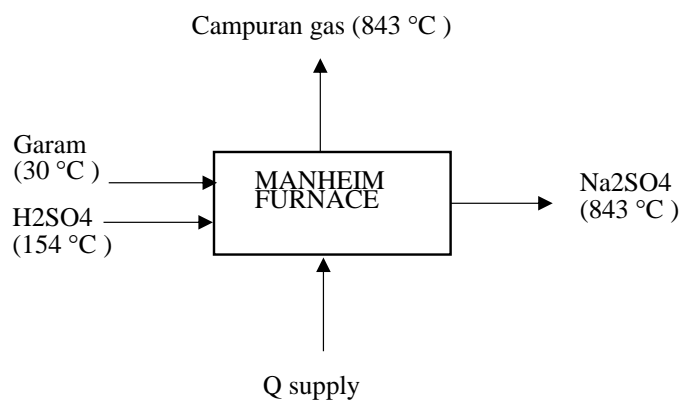
$$= n \left[(A(T - T_{ref})) + \left(\frac{B}{2} (T^2 - T_{ref}^2) \right) - \left(C \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right) \right) \right]$$

$$= \text{Kmol} \times \frac{\text{Kkal}}{\text{Kmol.K}} \times K = \text{Kkal}$$

Data Konstanta A,B,C,D

Komponen	BM	A	B	C	D
NaCl	58,5	10,79	0,0042		
H2SO4 (l)	98	58			
H2O (g)	18	8,22	0,00015	0,00000134	
H2O (l)	18	7,7	0,00045	0,00000252	
HCl (g)	36,5	6,7	0,00084		
HCl (l)	36,5	7,2	-0,0017	2,976E-06	-9E-10
Na2SO4	142	32,8			
SO3	80	7,7	0,0053	-8,3E-07	
CaSO4	136	18,52	0,02197	-156800	
MgSO4	120	26,7			
MgCl2	95,21	17,3	0,00377		

3. MANHEIM FURNACE (Q-210)





Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Entalpi masuk :

1. Entalpi NaCl dari gudang penyimpanan pada suhu 30°C

$$T_{\text{mas}} = 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{reff}} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT \text{ NaCl} = 10,79 \text{ kmol/jam} (303.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,0042 \text{ Kkal/kmol.K} (303.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2))$$

$$= 60,2637 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT \text{ CaSO}_4 = 18,52 \text{ kmol/jam} (303.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,02197 \text{ Kkal/kmol.K} (303.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2) - (-156800 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/303.15\text{K} - 1/298.15\text{K}))$$

$$= 116,9523 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT \text{ MgSO}_4 = 26,7 \text{ kmol/jam} (303.15\text{K}-298.15\text{K})$$

$$= 133,5000 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT \text{ MgCl}_2 = 17,3 \text{ kmol/jam} (303.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00377 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (303.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2)$$

$$= 92,1673 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT \text{ H}_2\text{O} = 8 \text{ kmol/jam} (303.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00045 \text{ Kkal/kmol.K} (303.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2) - 0,00000252 \text{ Kkal/kmol.K} (1/303.15\text{K} - 1/298.15\text{K}))$$

$$= 39,1815 \text{ Kkal/Kmol}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/kmol)	$\Delta H = n \cdot C_p \cdot \Delta T$ (kkal)
NaCl	111,3947	60,2637	6713,0512
CaSO4	0,3070	116,9523	35,8995
MgSO4	0,3263	133,5	43,5591
MgCl2	0,2013	92,1673	18,5553
H2O	11,3688	39,1815	445,4473
TOTAL			7256,5124



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

2. Entalpi H₂SO₄ 77.67% dari tangki pengencer pada suhu 154 °C

$$T_{\text{mas}} = 30 \quad ^\circ\text{C} = 303,15 \quad \text{K}$$

$$T_{\text{reff}} = 25 \quad ^\circ\text{C} = 298,2 \quad \text{K}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_{\text{pdT}} \text{H}_2\text{SO}_4 (l) = 58 \quad \text{kmol/jam (303.15K-298.15K)}$$

$$T_{\text{ref}} = 290,0000 \quad \text{Kkal/gmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_{\text{pdT}} \text{H}_2\text{O} = 7.701 \quad \text{kmol/jam (303.15K-298.15K) + ((0,00045}$$

$$T_{\text{ref}} \quad \text{Kkal/kmol.K (303.15K}^2\text{-298.15K}^2) - (-0,00000252}$$

$$\quad \text{Kkal/kmol.K (1/303.15K - 1/298.15K)}$$

$$= 39,1815 \quad \text{Kkal/Kmol}$$

Komponen	n(kgmol)	C _{pdT} (kkal/kmol)	$\Delta H = n \cdot C_p \cdot \Delta T$ (kkal)
H ₂ SO ₄	60,0417	290,0000	17412,1056
H ₂ O	93,9815	39,1815	3682,3319
Total			21094,4374

$$\text{Total Entalpi masuk} = 7256,5124 + 21094,4374 \quad (\text{Kkal})$$

$$= 28350,9498 \quad \text{Kkal}$$

Entalpi Keluar :

1. Entalpi produk salt cake ke rotary cooler pada suhu 843 °C

$$T_{\text{mas}} = 843 \quad ^\circ\text{C} = 1116,15 \quad \text{K}$$

$$T_{\text{reff}} = 25 \quad ^\circ\text{C} = 298,2 \quad \text{K}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_{\text{p}} dT \text{Na}_2\text{SO}_4 = 32,8 \quad \text{kmol/jam (1116.15K-298.15K)}$$

$$T_{\text{ref}} = 26830,4000 \quad \text{Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_{\text{p}} dT \text{CaSO}_4 = 18,52 \quad \text{Kmol/jam (1116.15K-298.15K)+((0,02197}$$

$$T_{\text{ref}} \quad \text{Kkal/kmol.K/2) (1116.15K}^2\text{-298.15K}^2)\text{-(-156800 Kkal/kmol}$$

$$\quad \text{K) x (1/1116.15 - 1/298.15) = 27472 Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_{\text{p}} dT \text{MgSO}_4 = 26,7 \quad \text{kmol/jam (1116.15K-298.15K)}$$

$$T_{\text{ref}} = 21840,6000 \quad \text{Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_{\text{p}} dT \text{MgCl}_2 = 17,3 \quad \text{kmol/jam (1116.15K-298.15K) + ((0,00377}$$

$$T_{\text{ref}} \quad \text{Kkal/kmol.K/2) (1116.15K}^2\text{-298.15K}^2)$$

$$= 16332,1516 \quad \text{Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_{\text{p}} dT \text{NaCl} = 10,79 \quad \text{kmol/jam (1116.15K-298.15K) + ((0,0042}$$

$$T_{\text{ref}} \quad \text{Kkal/kmol.K (1116.15K}^2\text{-298.15K}^2)$$

$$= 11255,7045 \quad \text{Kkal/Kmol}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	ΔH = n.Cp.ΔT(kkal)
Na2SO4	54,5834	26830,4000	1464494,5358
CaSO4	0,3070	27472,4511	8432,8990
MgSO4	0,3263	21840,6000	7126,2686
MgCl2	0,2013	16332,1516	3288,0176
NaCl	2,2279	11255,7045	25076,5166
TOTAL			1508418,2377

2. Entalpi produk campuran gas ke silika tower pada suhu 843 °C

$$T_{\text{mas}} = 843 \text{ } ^\circ\text{C} = 1116,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{reff}} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,2 \text{ K}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^T T \text{ Cp dT HCl} = 6,7 \text{ kmol/jam} (1116,15\text{K}-298,15\text{K}) + ((0,00084 \text{ Kkal/kmol.K} (1116,15\text{K}^2-298,15\text{K}^2))$$

$$= 5966,496908 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^T T \text{ Cp dT SO}_3 = 7,7 \text{ kmol/jam} (1116,15\text{K}-298,15\text{K}) + ((0,0053 \text{ Kkal/kmol.K} (1116,15\text{K}^2-298,15\text{K}^2)-(-0,00000083 \text{ Kkal/kmol.K} (1/1116,15\text{K} - 1/298,15\text{K}))$$

$$= 9364,3781 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\Delta l = n \int_{T_{\text{ref}}}^T \text{Cp} \Delta T + n \lambda \text{ (untuk perubahan fase liquid ke gas)}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^T T \text{ Cp dT H}_2\text{O} = 8,22 \text{ kmol/jam} (1116,15\text{K}-298,15\text{K}) + ((0,00015 \text{ Kkal/kmol.K} (1116,15\text{K}^2-298,15\text{K}^2)-(0, 0,00000134 \text{ Kkal/kmol.K} (1/1116,15\text{K} - 1/298,15\text{K}))$$

$$= 6810,7273 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\lambda_{\text{H}_2\text{O}} = 9,729 \text{ Kkal/kg (Perry 7ed ; T-2.190)}$$

$$\Delta H_{\text{H}_2\text{O}} = n \int_{T_{\text{ref}}}^T \text{Cp} \Delta T + n \lambda$$

$$= 33,7116 \times 6810,7273 + 33,7116 \times 9,729$$

$$= 229928,6597 \text{ Kkal}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	ΔH = n.Cp.ΔT(kkal)
HCl	33,2121	5966,496908	198160,0205
SO3	1,6606	9364,3781	15550,5432
H2O			229928,6597
Total			443639,2234



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

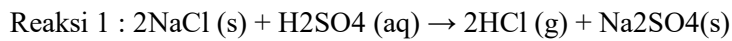
$$\begin{aligned} \text{Total Entalpi keluar} &= 1508418,2377 \text{ Kkal} + 443639,2234 \text{ Kkal} \\ &= 1952057,4611 \text{ Kkal} \end{aligned}$$

Panas Reaksi Standart 25°C :

ΔH reaksi pada suhu standart :

$$\Delta H_{RX}^{298,15 \text{ K}} = \Delta H_f^{298,15 \text{ K}} \text{ produk} - \Delta H_f^{298,15 \text{ K}} \text{ reaktan}$$

Reaksi yang terjadi :



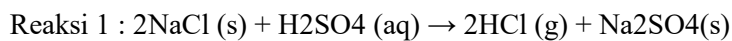
Reaksi terdekomposisi :



Tabel 1. APP B. Data ΔH_f Komponen :

Komponen	ΔH_f (Kkal/ mol)
NaCl	-98,321
H ₂ SO ₄	-212,03
CaSO ₄	-336,58
MgSO ₄	-304,94
MgCl ₂	-153,22
H ₂ O (g)	-57,7979
H ₂ O (l)	-68,3174
HCl (g)	-22,063
SO ₃	-94,39
Na ₂ SO ₄	-330,5

(Sumber : (Perry 7 ed ; T. 2-220))



Mol NaCl = 33,2121 Kmol = 33212,122 mol

Mol H₂SO₄ = 16,6061 Kmol = 16606,061 mol

Mol HCl = 33,2121 Kmol = 33212,122 mol

Mol Na₂SO₄ = 16,6061 Kmol = 16606,061 mol

$$\Delta H_f \text{ Produk} = (33212,122 \text{ mol} \times -22,06 \text{ Kkal/mol}) + (16606,1 \text{ mol} \times -330,5 \text{ Kkal/mol})$$

$$= -6221062,123 \text{ Kkal}$$

$$\Delta H_f \text{ reaktan} = (33212,122 \text{ mol} \times -98,32 \text{ Kkal/mol}) + (16606,1 \text{ mol} \times -212,03 \text{ Kkal/mol})$$

$$= -6786432,068 \text{ Kkal}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\Delta HRX^{298.15 K} = -6221062,123 \text{ Kkal} - -6786432,068 \text{ Kkal}$$

$$= 565369,945 \text{ Kkal}$$

Reaksi 2. Reaksi terdekomposisi
 $H_2SO_4(g) \rightarrow SO_3(g) + H_2O(g)$

Mol H ₂ SO ₄ =	1,6606	Kmol =	1660,6061 mol
Mol SO ₃ =	1,6606	Kmol =	1660,6061 mol
Mol H ₂ O =	1,6606	Kmol =	1660,6061 mol

$$\Delta H_f \text{ Produk} = (1660,6061 \text{ mol} \times -94,39 \text{ Kkal/mol}) + (1660,61 \text{ mol} \times -57,7979 \text{ Kkal/mol})$$

$$= -252724,1516 \text{ Kkal}$$

$$\Delta H_f \text{ Reaktan} = (1660,6061 \text{ mol} \times -212,03 \text{ Kkal/mol})$$

$$= -352098,3066 \text{ Kkal}$$

$$\Delta HRX^{298.15 K} = -252724,1516 \text{ Kkal} - -352098,3066 \text{ Kkal}$$

$$= 99374,15493 \text{ Kkal}$$

$$\Delta HRX^{298.15 K} \text{ Total} = 565369,945 \text{ Kkal} + 99374,15493 \text{ Kkal}$$

$$= 664744,1 \text{ Kkal}$$

ΔHR = Positif (+), maka berjalan Endotermis

Neraca Energi Total :

Asumsi Kehilangan panas = 5% dari Q Supply (Ulrich :432)

H masuk +Q Supply = H keluar + ΔH reaksi (endotermis) +Q loss

28350,95	+	Q supply	=	1952057,4611	+	664744,1	+	5% Qsup
28350,9498		95%	+	Q supply	=	2616801,5611	+	5% Q supply
				Q supply	=	2588450,6112		
				Q supply	=	2724684,854		Kkal
				Q loss	=	136234,2427		Kkal

Fuel Oil :

Digunakan Petroleum Fuel oil 33°API (0,22 % SULFUR) (Perry 7ed ;T27-6)

Dari Perry 7ed Fig.27-3, didapat :sg = 0,86 gr/cc (p H₂O = 1 gr/cc)

$$sg = 0,86 \text{ gr/cc} = 54 \text{ lb/cuft} = 7,2 \text{ lb/gal}$$

$$\text{Heating value} = 137273 \text{ Btu/gal}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned}
 \text{Maka heating value bahan bakar} &= \frac{137273}{7,2} \text{ btu/gal} \\
 &= 19065,694 \text{ btu/lb} \times 0,554 \\
 &= 10562,395 \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Fuel Oil :

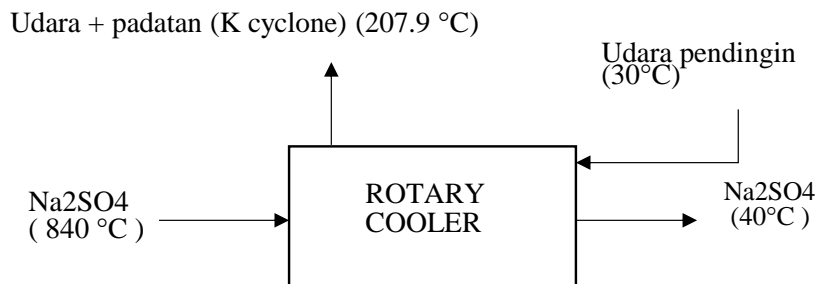
$$\begin{aligned}
 \text{Digunakan Petroleum Fuel oil 33°API dengan heating value} &= 10562,3947 \text{ kkal/kg} \\
 \text{Panas yang dibutuhkan} &= 2860919,0966 \text{ kkal/jam} \\
 \text{Kebutuhan fuel oil} &= \frac{2860919,097}{10562,3947} \text{ kkal/jam} \\
 &= 270,8589 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Neraca Energi :

Komponen masuk	Kkal/Jam	Komponen keluar	Kkal/Jam
Garam dari gudang:		Ke rotary cooler :	
NaCl	6713,0512	Na ₂ SO ₄	1464494,5358
CaSO ₄	35,8995	NaCl	25076,5166
MgSO ₄	43,5591	CaSO ₄	8432,8990
MgCl ₂	18,5553	MgSO ₄	7126,2686
H ₂ O	445,4473	MgCl ₂	3288,0176
	7256,5124		1508418
H ₂ SO ₄ dari tangki pengencer:		Ke silika tower :	
H ₂ SO ₄	17412,1056	HCl	198160,0205
H ₂ O	3682,3319	SO ₃	15550,5432
	21094,4374	H ₂ O	229928,6597
			443639,2234
Q supply	2724684,854	ΔHRX 298.15 K	664744,1
		Q loss	136234,2427
TOTAL	2753035,8038	TOTAL	2753035,804



4. ROTARY COOLER (E-213)



Tekanan Operasi	:	1	atm
Suhu bahan masuk	:	843	°C
Suhu bahan keluar	:	40	°C
Suhu udara masuk	:	30	°C = 86 F
Kelembaban udara	:	70%	
Wet Bulb	=	78	°F
Humidity udara	=	0,01714	berat H ₂ O / berat udara kering (humidity Chart)
Suhu bahan masuk	=	843	°C = 1549,4 °F

$$NTU = \ln [(tG1 - tw)/(tG2 - tw)] \quad (\text{badger, hal 508})$$

Keterangan :

NTU	=	Number of Transfer Unit
tG1	=	Suhu bahan masuk
tG2	=	Suhu bahan keluar
tw	=	suhu wet bulb

Dengan NTU = Total NTU **(1.5 s/d 2 ; Badger :508)**

Diambil NTU = 1,5 maka ;

$$1,5 = \ln \left[\frac{1549,4 - tw}{tG2 - tw} \right]$$

$$4,48169 = \frac{1549,4 - tw}{tG2 - tw}$$

$$= 406,313718 \text{ F} = 207,9521 \text{ C}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

a. Entalpi Masuk:

1. Entalpi Na₂SO₄ dari Manheim Furnace masuk dengan suhu 843 °C

$$T_{\text{mas}} = 843 \text{ } ^\circ\text{C} = 1116,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{reff}} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,2 \text{ K}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT \text{ Na}_2\text{SO}_4 = 32,8 \text{ kmol/jam (1116.15K-298.15K)}$$

$$= 26830,4000 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT \text{ CaSO}_4 = 18,52 \text{ kmol/jam (1116.15K-298.15K)} + ((0,02197 \text{ Kkal/}$$

$$\text{Kkal/kmol.K/2) (1116.15^2-298.15^2)-(-156800 \text{ Kkal/kmol}$$

$$\text{K (1/1116.15K-1/298.15K)} = 27472,45107 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT \text{ MgSO}_4 = 26,7 \text{ kmol/jam (1116.15K-298.15K)}$$

$$= 21840,6000 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT \text{ MgCl}_2 = 17,3 \text{ kmol/jam (1116.15K-298.15K)} + ((0,00377$$

$$\text{Kkal/kmol.K/2) (1116.15K^2-298.15K^2)}$$

$$= 16332,1516 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT \text{ NaCl} = 10,79 \text{ kmol/jam (1116.15K-298.15K)} + ((0,0042$$

$$\text{Kkal/kmol.K/2) (1116.15K^2-298.15K^2)}$$

$$= 11255,7045 \text{ Kkal/Kmol}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	ΔH = n.Cp.ΔT(kkal)
Na ₂ SO ₄	54,5834	26830,4000	1464494,5358
CaSO ₄	0,3070	27472,4511	8432,8990
MgSO ₄	0,3263	21840,6000	7126,2686
MgCl ₂	0,2013	16332,1516	3288,0176
NaCl	2,2279	11255,7045	25076,5166
TOTAL			1508418,2377

$$\text{Asumsi udara kering} = G \text{ kg } T_{\text{re}} = 77 \text{ F} = 86 \text{ F}$$

$$\text{Humidity udara pada} = 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 0,01714 \text{ kg H}_2\text{O/kg udara kering}$$

(Humidity Chart)

$$H \text{ udara} = m.C_p.DT$$

$$C_p \text{ udara} = 0,235 \text{ BTU/lb.F} = 3,7819 \text{ kkal/kmol.F}$$

$$H \text{ udara} = G \times 3,782 \text{ kkal/kmol.F} \times 9 = 34,037 \text{ G kkal/kmol}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned}
 H \text{ H}_2\text{O uap} &= m \cdot C_p \cdot \Delta T \\
 C_p \text{ H}_2\text{O uap} &= 0,45 \text{ BTU/lb.F} = 7,242 \text{ kkal/kmol.F} \\
 H \text{ H}_2\text{O uap} &= 0,01714 \text{ G} \times 7,242 \times 9 = 1,11715 \text{ G kkal/kmol} \\
 \text{BM Udara} &= 28,951 \text{ kg/kmol} \quad \text{(Perry 7ed; T.2-196)} \\
 \Delta H \text{ udara masuk} &= 34,0373 \text{ G kkal/kmol} + 1,117 \text{ G kkal/kmol} \\
 &= 35,1544 \text{ G kkal/kmol}
 \end{aligned}$$

b. Entalpi Keluar

1. Entalpi produk saltcake ke screw conveyor dengan suhu 40°C

$$\begin{aligned}
 T_{\text{mas}} &= 40 \text{ }^\circ\text{C} = 313,15 \text{ K} \\
 T_{\text{reff}} &= 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT \text{ Na}_2\text{SO}_4 &= 32,8 \text{ Kmol/jam (313.15K-298.15K)} \\
 &= 492,0000 \text{ Kkal/Kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT \text{ CaSO}_4 &= 18,52 \text{ kmol/jam (313.15K-298.15K)} + ((0,02197 \\
 &\text{Kkal/kmol.K/2) (313.15K}^2\text{-298.15K}^2\text{)-(-156800} \\
 &\text{Kkal/kmol.K (1/313.15K-1/298.15K)} \\
 &= 369,8529 \text{ Kkal/Kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT \text{ MgSO}_4 &= 26,7 \text{ kmol/jam (313.15K-298.15K)} \\
 &= 400,5000 \text{ Kkal/Kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT \text{ MgCl}_2 &= 17,3 \text{ kmol/jam (313.15K-298.15K)} + ((0,00377 \\
 &\text{Kkal/kmol.K/2) (313.15K}^2\text{-298.15K}^2\text{)} \\
 &= 276,7845 \text{ Kkal/Kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT \text{ NaCl} &= 10,79 \text{ kmol/jam (313.15K-298.15K)} + (0,0042/2) \times \\
 &\text{(313.15K}^2\text{-298.15K}^2\text{)} \\
 &= 181,10595 \text{ Kkal/Kmol}
 \end{aligned}$$

Komponen	n(kgmol)	Cp dT (kkal/gmol)	ΔH = n.Cp.ΔT(kkal)
Na ₂ SO ₄	0,5458	492,0000	268,5503
CaSO ₄	0,0031	369,8529	1,1353
MgSO ₄	0,0033	400,5000	1,3068
MgCl ₂	0,0020	276,7845	0,5572
NaCl	0,0223	181,1060	4,0348
TOTAL			275,5845



2. Entalpi produk saltcake ke cyclone dengan suhu 207.9 °C

$$T_{\text{mas}} = 207,9 \text{ } ^\circ\text{C} = 481,1 \text{ K}$$

$$T_{\text{reff}} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,2 \text{ K}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}} T \text{ Cp dT Na}_2\text{SO}_4 = 32,8 \text{ kmol/jam (481.05K-298.15K)}$$

$$= 5999,1200 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}} T \text{ Cp dT CaSO}_4 = 18,52 \text{ kmol/jam (481.05K-298.15K) + ((0,02197}$$

$$\text{Kkal/kmol.K/2) (481.05K}^2\text{-298.15K}^2\text{)-(156800}$$

$$\text{Kkal/kmol.K) (1/481.05K-1/298.15K)}$$

$$= 4752,8866 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}} T \text{ Cp dT MgSO}_4 = 26,7 \text{ kmol/jam (481.05K-298.15K)}$$

$$= 4883,4300 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}} T \text{ Cp dT MgCl}_2 = 17,3 \text{ kmol/jam (481.05K-298.15K) + ((0,00377}$$

$$\text{Kkal/kmol.K/2) (481.05K}^2\text{-298.15K}^2\text{)}$$

$$= 3432,8121 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}} T \text{ Cp dT NaCl} = 10,79 \text{ kmol/jam (481.05K-298.15K) + ((0,0042}$$

$$\text{Kkal/kmol.K/2) (481.05K}^2\text{-298.15K}^2\text{)}$$

$$= 2272,773928 \text{ Kkal/Kmol}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	$\Delta H = n \cdot Cp \cdot \Delta T$ (kkal)
Na ₂ SO ₄	0,5458	5999,1200	3274,5238
CaSO ₄	0,0031	4752,8866	14,5894
MgSO ₄	0,0033	4883,4300	15,9339
MgCl ₂	0,0020	3432,8121	6,9110
NaCl	0,0223	2272,7739	50,6350
TOTAL			3362,5931

$$\Delta H \text{ padatan yg ke cyclone} = 3362,5931 \text{ kkal/jam}$$

3. Entalpi Udara ke cyclone pada suhu 207.9 oC

$$\text{Asumsi udara kering} = G \text{ kg } T_{\text{re}} = 77 \text{ F} = 406,2 \text{ F}$$

$$\text{Humidity udara pada} = 207,9 \text{ } ^\circ\text{C} = 0,05857 \text{ kg H}_2\text{O/kg udara kering}$$

(Humidity Chart)

$$H \text{ udara} = m \cdot Cp \cdot DT$$

$$Cp \text{ udara} = 0,270 \text{ BTU/lb.F} = 4,3452 \text{ kkal/kmol.F}$$

$$H \text{ udara} = G \times 4,345 \text{ kkal/kmol.F} \times 329 = 1430,5 \text{ G Kkal/kmol}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} H \text{ H}_2\text{O uap} &= m \cdot C_p \cdot \Delta T \\ C_p \text{ H}_2\text{O uap} &= 0,45 \text{ BTU/lb.F} = 7,242 \text{ kkal/kmol.F} \\ H \text{ H}_2\text{O uap} &= 0,05857 \text{ G} \times 7,242 \times 329,2 = 139,64 \text{ G kkal/kmol} \\ \text{BM Udara} &= 28,951 \text{ kg/kmol} \quad (\text{Perry 7ed; T.2-196}) \\ \Delta H \text{ udara keluar} &= 1430,52 \text{ G kkal/kmol} + 139,6 \text{ G kkal/kmol} \\ &= 1570,1650 \text{ G kkal/kmol} \end{aligned}$$

Neraca Energi Total :

Asumsi tidak ada kehilangan panas, karena panas terserap oleh udara.

$H \text{ masuk} + H \text{ udara masuk} = H \text{ keluar} + H \text{ padatan terikut} + H \text{ udara Keluar}$

$$\begin{aligned} 1508418 + 35,15444 &= 275,5845 + 3362,5931 + 1570,165 \text{ G} \\ 1504780,06003 &= 1535,0105 \text{ G} \\ \text{G} &= 980,3060 \text{ Kmol/jam} \end{aligned}$$

Entalpi Udara masuk :

$$\begin{aligned} H \text{ udara masuk} &= 35,1544 \text{ kkal/kmol} \times 980,3060 \text{ kmol/jam} \\ H \text{ udara masuk} &= 34462,107 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Entalpi Udara Keluar :

$$\begin{aligned} H \text{ udara keluar} &= 1570,1650 \text{ kkal/kmol} \times 980,3060 \text{ kmol/jam} \\ H \text{ udara keluar} &= 1539242,1675 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ serap} &= H \text{ udara keluar} - H \text{ udara masuk} \\ &= 1539242,1675 - 34462,1075 \\ &= 1504780,0600 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Massa Udara} = 28380,83938 \text{ kg}$$

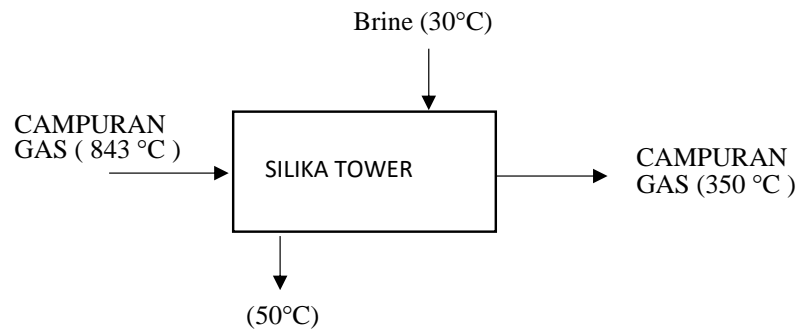


Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Neraca Energi

Komponen Masuk	Kkal/jam	Komponen Keluar	Kkal/Jam
Salt cake dari Manheim		Salt cake ke screw conveyer	
Na ₂ SO ₄	1464494,5358	Na ₂ SO ₄	268,5503
CaSO ₄	8432,8990	CaSO ₄	1,1353
MgSO ₄	7126,2686	MgSO ₄	1,3068
MgCl ₂	3288,0176	MgCl ₂	0,5572
NaCl	25076,5166	NaCl	4,0348
	1508418,2377		275,5845
ΔH udara masuk	34462,1075	Padatan terikut ke cyclone	
		Na ₂ SO ₄	3274,5238
		CaSO ₄	14,5894
		MgSO ₄	15,9339
		MgCl ₂	6,9110
		NaCl	50,6350
			3362,5931
		ΔH udara keluar	1539242,167
TOTAL	1542880,345	TOTAL	1542880,345

5. SILIKA TOWER (D-230)



Suhu Operasi : 350 °C

Neraca Energi Total :

$$H \text{ Masuk} = H \text{ keluar} + Q \text{ terserap}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Entalpi Masuk :

1. Entalpi Campuran Gas Dari Manheim Furnace Pada Suhu 843 °C

$$T_{\text{mas}} = 840 \text{ } ^\circ\text{C} = 1113,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{reff}} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,2 \text{ K}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT \text{ HCl} = 6,7 \text{ kmol/jam} (1113,15\text{K}-298,15\text{K}) + ((0,00084 \text{ Kkal/kmol.K/2}) (1113,15\text{K}^2-298,15\text{K}^2))$$

$$= 5943,58799 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT \text{ SO}_3 = 7,7 \text{ kmol/jam} (1113,15\text{K}-298,15\text{K}) + ((0,0053 \text{ Kkal/kmol.K/2}) (1113,15\text{K}^2-298,15\text{K}^2)-(-0,00000083 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/1113,15\text{K}-1/298,15\text{K}))$$

$$= 9323,555175 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\Delta H = n \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p \Delta T + n \lambda \text{ (untuk perubahan fase liquid ke gas)}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT \text{ H}_2\text{O} = 8,22 \text{ kmol/jam} (1113,15\text{K}-298,15\text{K}) + (0,00015 \text{ Kkal/kmol.K/2}) (1113,15\text{K}^2-298,15\text{K}^2)-(0,00000134 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/1113,15\text{K}-1/298,15\text{K}))$$

$$= 6785,565712 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\lambda \text{ H}_2\text{O} = 9,792 \text{ Kkal/kg (Perry 7ed ; T-2.190)}$$

$$\Delta H \text{ H}_2\text{O} = n \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p \Delta T + n \lambda$$

$$= 33,7116 \times 6785,56571 + 33,711624 \times 9,792$$

$$= 229082,5454 \text{ Kkal}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/kmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
HCl	109,1668	5943,5880	648842,5170
SO3	5,4583	9323,5552	50891,1369
H2O	110,8086	6785,5657	229082,5454
Total			928816,1994

Total Entalpi Masuk = 928816,1994 Kkal

Entalpi Keluar :

1. Entalpi Campuran Gas Ke Coke Tower pada Suhu 350 °C

$$T_{\text{mas}} = 350 \text{ } ^\circ\text{C} = 623,2 \text{ K}$$

$$T_{\text{reff}} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,2 \text{ K}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\int_{T_{ref}}^T C_p dT \text{ HCl} = 6,7 \text{ kmol/jam} (623.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00084 \text{ Kkal/kmol.K/2}) (623.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2))$$

$$= 2303,2575 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{ref}}^T C_p dT \text{ SO}_3 = 7,7 \text{ kmol/jam} (623.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,0053 \text{ Kkal/kmol.K/2}) (623.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2) - (-0,00000083 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/623.15\text{K} - 1/298.15\text{K}))$$

$$= 3295,9696 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{ref}}^T C_p dT \text{ H}_2\text{O} = 8,22 \text{ kmol/jam} (623.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00015 \text{ Kkal/kmol.K/2}) (623.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2) - (0,00000034 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/623.15\text{K} - 1/298.15\text{K}))$$

$$= 2694,2561 \text{ Kkal/Kmol}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
HCl	109,1668	2303,2575	251439,2592
SO3	5,4583	3295,9696	17990,5238
H2O	110,8086	2694,2561	298546,8811
Total			567976,6641

Total Entalpi Keluar = 567976,6641 Kkal

Neraca Energi Total :

$$\begin{aligned} H_{\text{masuk}} &= H_{\text{keluar}} + Q_{\text{terserap}} \\ 928816,1994 &= 567976,6641 + Q_{\text{terserap}} \\ \mathbf{Q_{\text{terserap}}} &= \mathbf{360839,5352 \text{ Kkal}} \end{aligned}$$

Kebutuhan Brine

$$\begin{aligned} \text{Suhu pendingin masuk} &= 30 \text{ }^\circ\text{C} \\ \text{Suhu pendingin keluar} &= 50 \text{ }^\circ\text{C} \\ \text{Cp brine} &= 1,431 \text{ kkal/kg }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$Q = m \times c_p \times \Delta T$$

$$m = \frac{Q_{\text{terserap}}}{c_p \times \Delta T} = \frac{360839,5352 \text{ Kkal}}{1,431 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} \times 20^\circ\text{C}}$$

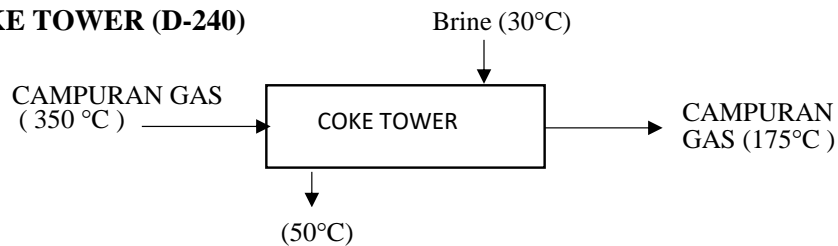
$$= 12607,9502 \text{ kg/jam}$$



Neraca Energi

Komponen Masuk	Kkal/Jam	Komponen Keluar	Kkal/Jam
Dari Furnace		Ke Coke Tower	
Gas Campuran		Gas Campuran	
HCl	648842,5170	HCl	251439,2592
SO3	50891,1369	SO3	17990,5238
H2O	229082,5454	H2O	298546,8811
	928816,1994		567976,6641
		Q terserap	360839,5352
			360839,5352
TOTAL	928816,1994	TOTAL	928816,1994

6. COKE TOWER (D-240)



Suhu Operasi : 175 °C

Neraca Energi Total :

$$H \text{ Masuk} + \Delta H \text{ reaksi (eksotermis)} = H \text{ keluar} + Q \text{ terserap}$$

Entalpi Masuk :

1. Entalpi Reaktan Campuran gas dari Silika Tower pada suhu 350 °C

$$T \text{ mas} = 350 \text{ °C} = 623,15 \text{ K}$$

$$T \text{ reff} = 25 \text{ °C} = 298,2 \text{ K}$$

$$\int_{T \text{ ref}}^{T} T \text{ Cp dT HCl} = 6,7 \text{ kmol/jam} (623.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00084 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (623.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2)$$

$$= 2303,2575 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T \text{ ref}}^{T} T \text{ Cp dT SO3} = 7,7 \text{ kmol/jam} (623.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,0053 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (623.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2) - (-0,00000083 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/623.15\text{K}-1/298.15\text{K})$$

$$= 3295,9696 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T \text{ ref}}^{T} T \text{ Cp dT H2O} = 8,22 \text{ kmol/jam} (623.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00015 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (623.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2) - (0,00000134 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/623.15\text{K}-1/298.15\text{K})$$

$$= 2694,2561 \text{ Kkal/Kmol}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
HCl	109,1668	2303,2575	251439,2592
SO3	5,4583	3295,9696	17990,5238
H2O	110,8086	2694,2561	298546,8811
Total			567976,6641

Total Entalpi Masuk = 567976,6641 Kkal

Entalpi Keluar :

1. Entalpi Produk campuran Gas I Ke Cooler pada suhu 175 °C

T mas = 175 °C = 448,15 K

T reff = 25 °C = 298,15 K

$$\int_{T_{ref}}^{T} T \, C_p \, dT \, HCl = 6,7 \text{ kmol/jam} (448.15K-298.15K) + ((0,00084 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (448.15K^2-298.15K^2)$$

$$= 1052,0169 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{ref}}^{T} T \, C_p \, dT \, SO_3 = 7,7 \text{ kmol/jam} (448.15K-298.15K) + ((0,0053 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (448.15K^2-298.15K^2)-(0,00000083 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/448.15K-1/298.15K)$$

$$= 1451,6542 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{ref}}^{T} T \, C_p \, dT \, H_2O = 8,22 \text{ kmol/jam} (448.15K-298.15K) + ((0,00015 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (448.15K^2-298.15K^2)+(0,00000134 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/448.15K-1/298.15K)$$

$$= 1241,3959 \text{ Kkal/Kmol}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
HCl	109,1668	1052,0169	114845,3248
SO3	1,6375	1451,6542	2377,0869
H2O	106,9878	1241,3959	132814,2277
Total			250036,6394

2. Entalpi Produk ke Cooler II pada suhu 175 °C

T mas = 175 °C = 448,15 K

T reff = 25 °C = 298,15 K

$$\int_{T_{ref}}^{T} T \, C_p \, dT \, H_2SO_4 = 58 \text{ kmol/jam} (448.15K-298.15K)$$

$$= 8700,0000 \text{ Kkal/Kmol}$$

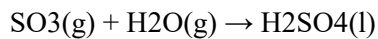


Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
H2SO4	3,8208	8700,0000	33241,2924
TOTAL			33241,2924

$$\begin{aligned} \text{Total Entalpi Keluar} &= 250037 \text{ Kkal} + 33241,292 \text{ Kkal} \\ &= \mathbf{283277,9318 \text{ Kkal}} \end{aligned}$$

Reaksi yang terjadi



Data ΔHf Komponen :

Komponen	ΔHf (Kkal/ mol)
H2SO4	-212,03

(Perry 7 ed ; T. 2-220)

$$\text{Mol H}_2\text{SO} = 1,1624 \text{ Kmol} = 1162,4243 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \Delta \text{HR } 298,15 \text{ K} &= (1162,4243 \text{ X } -212,03) \\ &= -246468,8146 \text{ Kkal} \end{aligned}$$

$$\Delta \text{HR } 298,15 \text{ K} = \mathbf{-246468,8146 \text{ Kkal}}$$

ΔHR = negatif (-), maka berjalan Eksotermis

Untuk Penjagaan Suhu reaksi, maka dibutuhkan media pendingin.

Neraca Energi Total :

$$\text{H masuk} + \Delta \text{H reaksi (eksotermis)} = \text{H keluar} + \text{Q terserap}$$

$$567976,6641 \text{ Kkal} + 246468,8146 \text{ Kkal} = 283277,9318 \text{ Kkal} + \text{Q terserap}$$

$$\text{Q terserap} = \mathbf{531167,5469 \text{ Kkal}}$$

Kebutuhan Brine

$$\text{Suhu pendingin masuk} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Suhu pendingin keluar} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Cp brine} = 1,431 \text{ kkal/kg }^\circ\text{C}$$

$$Q = m \times \text{cp} \times \Delta T$$

$$m = \frac{Q_{\text{terserap}}}{\text{cp} \times \Delta T} \quad m = \frac{531167,5469 \text{ Kkal}}{1,431 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} \times 20^\circ\text{C}}$$

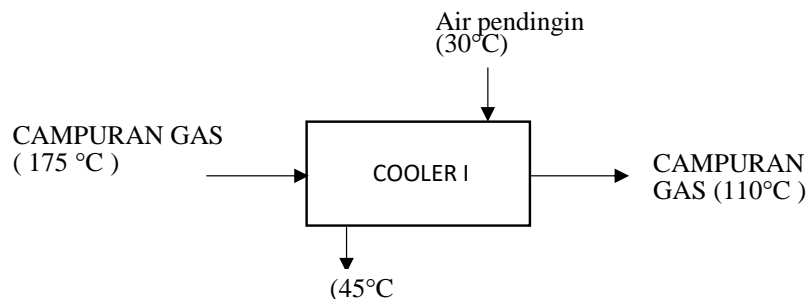
$$= 18559,3133 \text{ kg/jam}$$



Neraca Energi

Komponen Masuk	Kkal/Jam	Komponen Keluar	Kkal/Jam
Dari Coke Tower		Ke Cooler -1	
Gas Campuran		Campuran Gas	
HCl	251439,2592	HCl	114845,3248
SO3	17990,5238	SO3	2377,0869
H2O	298546,8811	H2O	132814,2277
	567976,6641		250036,6394
Δ HR 298,15 K	246468,8146	Ke Cooler -2	
	246468,8146	H2SO4	33241,2924
			33241,2924
		Q terserap	531167,5469
			531167,5469
TOTAL	814445,4787	TOTAL	814445,4787

7. COOLER-1 (E-241)



Neraca Energi Total :

$H \text{ Masuk} = H \text{ keluar} + Q \text{ terserap}$

Entalpi Masuk :

1. Entalpi Campuran Gas dari Coke Tower Pada Suhu 175 C

$T \text{ mas} = 175 \text{ } ^\circ\text{C} = 448,15 \text{ K}$

$T \text{ reff} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$

$$\int_{T \text{ ref}}^{T \text{ Cp}} dT \text{ HCl} = 6,7 \text{ kmol/jam} (448.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00084 \text{ Kkal/kmol.K})/2) \times (448.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2)$$

$$= 1052,0169 \text{ Kkal/Kmol}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\int_{T_{ref}}^T C_p dT \text{ SO}_3 = 7,7 \text{ kmol/jam} (448.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,0053 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (448.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2)-(-0,000000083 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/448.15\text{K}-1/298.15\text{K})$$

$$= 1451,6542 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{ref}}^T C_p dT \text{ H}_2\text{O} = 8,22 \text{ kmol/jam} (448.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00015 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (448.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2)-(-0,00000034 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/448.15-1/298.15)$$

$$= 1241,3959 \text{ Kkal/Kmol}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
HCl	109,1668	1052,0169	114845,3248
SO3	1,6375	1451,6542	2377,0869
H2O	106,9878	1241,3959	132814,2277
Total			250036,6394

Total Entalpi Masuk = 250036,6394 Kkal

Entalpi Keluar :

1. Entalpi Campuran Gas ke Absorber pada suhu 110 °C

T mas = 110 °C = 383,15 K

T reff = 25 °C = 298,15 K

$$\int_{T_{ref}}^T C_p dT \text{ HCl} = 6,7 \text{ kmol/jam} (383.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00084 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (383.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2)$$

$$= 593,8224 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{ref}}^T C_p dT \text{ SO}_3 = 7,7 \text{ kmol/jam} (383.15\text{K}-298.15\text{K}) + (0,0053 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (383.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2)-(-0,000000083 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/383.15\text{K}-1/298.15\text{K})$$

$$= 807,9628 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{ref}}^T C_p dT \text{ H}_2\text{O} = 8,22 \text{ kmol/jam} (383.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00015 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (383.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2)-(-0,000000134 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/383.15\text{K}-1/298.15\text{K})$$

$$= 703,0433 \text{ Kkal/Kmol}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka
HCl	109,1668	593,8224	64825,6958
SO3	1,6375	807,9628	1323,0408
H2O	106,9878	703,0433	75217,0626
Total			141365,7993

Total Entalpi Keluar = 141365,7993 Kkal

Neraca Energi Total :

H Masuk = H Keluar + Q terserap

250036,6 Kkal = ##### Kkal + Q terserap

Q terserap = 108670,8401 Kkal

Kebutuhan air pendingin

Suhu pendingin masuk = 30 °C

Suhu pendingin keluar = 45 °C

Cp air pendingin = 1 kkal/kg °C

$Q = m \times cp \times \Delta T$

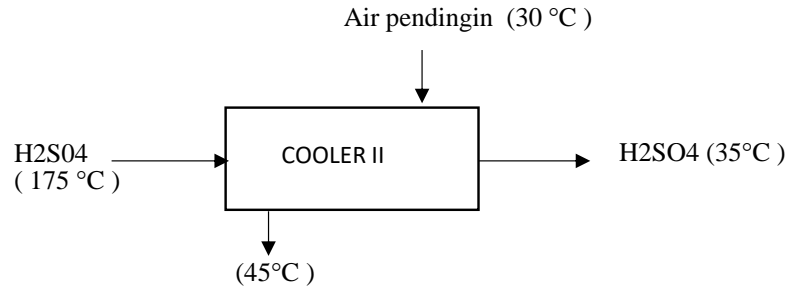
$$m = \frac{Q_{terserap}}{cp \times \Delta T} \quad m = \frac{108670,8401 \text{ kkal}}{1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} \times (15^\circ\text{C})} = 7244,7227 \text{ kg/jam}$$

Neraca Energi

Komponen Masuk	Kkal/Jam	Komponen Masuk	Kkal/Jam
Dari Coke Tower		Ke Kolom Absorber	
Gas Campuran		Gas Campuran	
HCl	114845,3248	HCl	64825,6958
SO3	2377,0869	SO3	1323,0408
H2O	132814,2277	H2O	75217,0626
	250036,6394		141365,7993
		Q terserap	108670,8401
TOTAL	250036,6394	TOTAL	250036,6394



8. COOLER-2 (E-242)



Neraca Energi Total :

$$H \text{ Masuk} = H \text{ keluar} + Q \text{ terserap}$$

Entalpi Masuk :

1. Entalpi Campuran Gas dari Coke Tower Pada Suhu 175 °C

$$T \text{ mas} = 175 \quad ^\circ\text{C} = 448,15 \quad \text{K}$$

$$T \text{ reff} = 25 \quad ^\circ\text{C} = 298,15 \quad \text{K}$$

$$\int_{T \text{ ref}}^{T} C_p dT \text{ H}_2\text{SO}_4 = 58 \text{ kmol/jam (448.15K-298.15K)}$$

$$= 8700,0000 \text{ Kkal/Kmol}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
H2SO4	3,8208	8700,0000	33241,29243
TOTAL			33241,29243

$$\text{Total Entalpi Masuk} = 33241,2924 \text{ Kkal}$$

Entalpi Keluar :

1. Entalpi Produk ke Tangki H2SO4 pada suhu 35 °C

$$T \text{ mas} = 35 \quad ^\circ\text{C} = 308,15 \quad \text{K}$$

$$T \text{ reff} = 25 \quad ^\circ\text{C} = 298,15 \quad \text{K}$$

$$\int_{T \text{ ref}}^{T} C_p dT \text{ H}_2\text{SO}_4 = 58 \text{ kmol/jam (308.15K-298.15K)}$$

$$= 580,0000 \text{ Kkal/Kmol}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
H2SO4	3,8208	580,0000	2216,0862
TOTAL			2216,0862



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Total Entalpi Keluar = 2216,0862 Kkal

H Masuk = H keluar + Q terserap
 33241,29 Kkal = 2216,0862 Kkal + Q terserap
Q terserap = 31025,2063 Kkal

Kebutuhan air pendingin

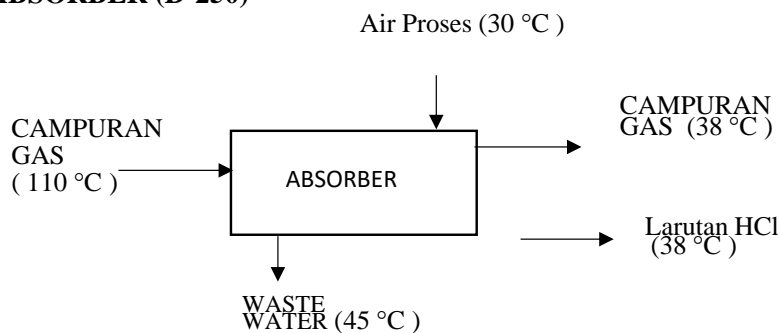
Suhu pendingin masuk = 30 °C
 Suhu pendingin keluar = 45 °C
 Cp air pendingin = 1 kkal/kg °C
 $Q = m \times cp \times \Delta T$

$$m = \frac{Q_{terserap}}{cp \times \Delta T} = \frac{31025,2063 \text{ Kkal}}{1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} \times (15^\circ\text{C})} = 2068,3471 \text{ kg/jam}$$

Neraca Energi

Komponen Masuk	Kkal/Jam	Komponen Keluar	Kkal/Jam
Dari Coke Tower		Ke Tangki H2SO4	
H2SO4	33241,29243	H2SO4	2216,0862
	33241,29243		2216,0862
		Q terserap	31025,2063
			31025,2063
TOTAL	33241,2924	TOTAL	33241,2924

9. ABSORBER (D-250)



Suhu operasi = 38 °C (Keyes :427)



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Neraca Energi Total :

$$H \text{ Masuk} = H \text{ keluar} + Q \text{ terserap}$$

Entalpi Masuk :

1. Entalpi Reaktan Campuran Gas dari Cooler I pada suhu 110 °C

$$T \text{ mas} = 110 \quad ^\circ\text{C} = 383,15 \quad \text{K}$$

$$T \text{ reff} = 25 \quad ^\circ\text{C} = 298,15 \quad \text{K}$$

$$\int_{T \text{ ref}}^T T \text{ Cp dT HCl} = 6,7 \text{ kmol/jam} (383.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00084 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (383.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2)$$

$$= 593,8224 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T \text{ ref}}^T T \text{ Cp dT SO}_3 = 7,7 \text{ kmol/jam} (383.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,0053 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (383.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2) - (-0,000000083 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/383.15\text{K}-1/298.15\text{K})$$

$$= 807,9628 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T \text{ ref}}^T T \text{ Cp dT H}_2\text{O} = 8,22 \text{ kmol/jam} (383.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00015 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (383.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2) - (-0,00000134 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/383.15\text{K}-1/298.15\text{K})$$

$$= 703,0433 \text{ Kkal/Kmol}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
HCl	109,1668	593,8224	64825,6958
SO3	1,6375	807,9628	1323,0408
H2O	106,9878	703,0433	75217,0626
Total			141365,7993

2. Entalpi Reaktan Air Proses dari Utilitas pada suhu 30 °C

$$T \text{ mas} = 30 \quad ^\circ\text{C} = 303,15 \quad \text{K}$$

$$T \text{ reff} = 25 \quad ^\circ\text{C} = 298,15 \quad \text{K}$$

$$\int_{T \text{ ref}}^T T \text{ Cp dT H}_2\text{O} = 7,7 \text{ kmol/jam} (303.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00045 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (303.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2) - (-0,00000252 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/303.15\text{K}-1/298.15\text{K})$$

$$= 39,1815 \text{ Kkal/Kmol}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
H2O	361,9187	39,1815	14180,5059
Total			14180,5059



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} \text{Total Entalpi Masuk} &= 141365,799 \text{ Kkal} + 14180,506 \text{ Kkal} \\ &= \mathbf{155546,3051 \text{ Kkal}} \end{aligned}$$

Entalpi Keluar :

1. Entalpi Produk Campuran Gas ke Scruber pada suhu 38 °C

$$T_{\text{mas}} = 38 \text{ °C} = 311,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{reff}} = 25 \text{ °C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \int_{T_{\text{ref}}}^{T} T \text{ Cp dT HCl} &= 6,7 \text{ kmol/jam} (311.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00084 \\ &\text{Kkal/kmol.K})/2) (311.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2) \\ &= 90,4268 \text{ Kkal/Kmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_{T_{\text{ref}}}^{T} T \text{ Cp dT SO}_3 &= 7,7 \text{ kmol/jam} (311.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,0053 \\ &\text{Kkal/kmol.K})/2) (311.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2) - (-0,00000083 \\ &\text{Kkal/kmol.K}) (1/303.15\text{K}-1/298.15\text{K}) \\ &= 121,0904 \text{ Kkal/Kmol} \end{aligned}$$

Komponen	n(kgmol)	Cp dT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
HCl	1,0917	90,4268	98,7160
SO3	0,0164	121,0904	1,9829
Total			100,6989

2. Entalpi Produk larutan HCl ke Decanter pada suhu 38 °C

$$T_{\text{mas}} = 38 \text{ °C} = 311,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{reff}} = 25 \text{ °C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\Delta H = n \int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p \Delta T + n \lambda \text{ (untuk perubahan fase gas ke liquid)}$$

$$\lambda_{\text{HCl}} = 3,86 \text{ Kkal/kg} \quad \text{(Perry 7ed ; T-2.190)}$$

$$\begin{aligned} \int_{T_{\text{ref}}}^{T} T \text{ Cp dT H}_2\text{O} &= 7,7 \text{ kmo/jam} (311.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00045 \\ &\text{Kkal/kmol.K})/2) (311.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2) + (0,00000252 \\ &\text{Kkal/kmol.K}) (1/311.15\text{K}-1/298.15\text{K}) \\ &= 101,8952 \text{ Kkal/Kmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_{T_{\text{ref}}}^{T} T \text{ Cp dT HCl} &= 7,2 \text{ kmo/jam} (311.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((-0,00017 \\ &\text{Kkal/kmol.K})/2) (311.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2) + (0,000002976 \\ &\text{Kkal/kmol.K}) (1/311.15\text{K}-1/298.15\text{K}) \\ &= 93,3817235 \text{ Kkal/Kmol} \\ n_{\text{HCl}} &= 32,8800 \text{ kgmol} \\ \Delta H_{\text{HCl}} &= 3197,3079 \text{ Kkal} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
HCl	32,8800	93,3817	3197,3079
H2O	341,8914	101,8952	34837,0896
Total			38034,3975

3. Entalpi Produk larutam H2SO4 ke Decanter pada suhu 38 °C

$$\begin{aligned}
 T_{\text{mas}} &= 38 \quad ^\circ\text{C} = 311,15 \text{ K} \\
 T_{\text{reff}} &= 25 \quad ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K} \\
 \int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT \text{ H}_2\text{O} &= 7,7 \text{ kmol/jam} (311,15\text{K}-298,15\text{K}) + (0,00045 \\
 &\quad \text{Kkal/kmol.K)/2} (311,15\text{K}^2-298,15\text{K}^2) \\
 &= 101,8952 \text{ Kkal/Kmol} \\
 n_{\text{H}_2\text{O}} &= 37,2156 \text{ kgmol} \\
 \int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT \text{ H}_2\text{SO}_4 &= 58 \text{ kmol/jam} (311,15\text{K}-298,15\text{K}) \\
 &= 754,0000 \text{ Kkal/kmol} \\
 n_{\text{H}_2\text{SO}_4} &= 0,4026 \text{ kgmol}
 \end{aligned}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
H2SO4	1,3234	754,0000	997,8203
H2O	122,3261	101,8952	12464,4460
Total			13462,2663

4. Entalpi Produk Air sisa ke Decanter pada suhu 38 °C

$$\begin{aligned}
 T_{\text{mas}} &= 38 \quad ^\circ\text{C} = 311,15 \text{ K} \\
 T_{\text{reff}} &= 25 \quad ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K} \\
 \int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT \text{ H}_2\text{O} &= 7,7 \text{ kmol/jam} (311,15\text{K}-298,15\text{K}) + (0,00045 \\
 &\quad \text{Kkal/kmol.K)/2} (311,15\text{K}^2-298,15\text{K}^2)-(-0,00000252 \\
 &\quad \text{Kkal/kmol.K}) (1/311,15\text{K}-1/298,15\text{K}) \\
 &= 101,8952 \text{ Kkal/Kmol}
 \end{aligned}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
H2O	4,6891	101,8952	477,7933
Total			477,7933



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} \text{Total Entalpi Keluar} &= 100,6989 \text{ Kkal} + 38034,397 \text{ Kkal} + 13462,27 \text{ Kkal} + \\ & 477,7933 \text{ Kkal} \\ &= \mathbf{52075,1559 \text{ Kkal}} \end{aligned}$$

Neraca Energi Total :

$$H \text{ Masuk} = H \text{ keluar} + Q \text{ terserap}$$

$$155546,3051 \text{ Kkal} = 52075,1559 \text{ Kkal} + Q \text{ terserap}$$

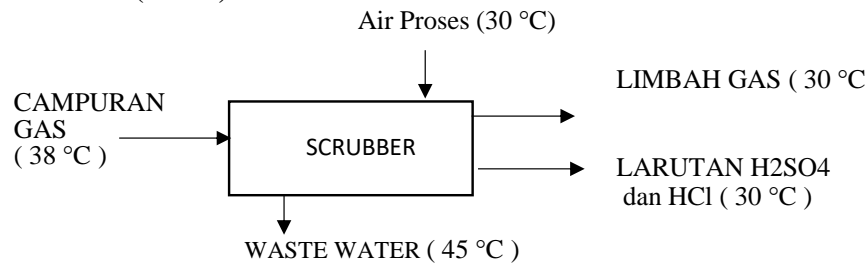
$$Q \text{ terserap} = \mathbf{103471,1492 \text{ Kkal}}$$

Neraca Energi :

Komponen Masuk	Kkal/Jam	Komponen Keluar	Kkal/Jam
Dari Cooler I		Ke Scruber:	
Campuran gas		Campuran Gas	
HCl	64825,6958	HCl	98,7160
SO3	1323,0408	SO3	1,9829
H2O	75217,0626		100,6989
	141365,7993		
Air proses Dari Utilitas :		Ke Decanter :	
H2O	14180,5059	Larutan HCl	
	14180,5059	HCl	3197,3079
		H2O	34837,0896
			38034,3975
		Larutan H2SO4	
		H2SO4	997,8203
		H2O	12464,4460
			13462,2663
		H2O Sisa	477,7933
			477,7933
		Q terserap	103471,1492
TOTAL	155546,3051	TOTAL	155546,3051



10. SCRUBBER (D-320)



Neraca Energi Total :

$$H \text{ Masuk} = H \text{ keluar} + Q \text{ terserap}$$

Entalpi Masuk :

1. Entalpi Reaktan Campuran dari Absorber pada suhu 38 °C

$$T \text{ mas} = 38 \quad ^\circ\text{C} = 311,15 \quad \text{K}$$

$$T \text{ reff} = 25 \quad ^\circ\text{C} = 298,15 \quad \text{K}$$

$$\int_{T \text{ ref}}^{T} T \text{ Cp dT HCl} = 6,7 \text{ kmol/jam} (311.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00084 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (311.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2)$$

$$= 90,4268 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T \text{ ref}}^{T} T \text{ Cp dT SO}_3 = 7,7 \text{ kmol/jam} (311.15\text{K}-298.15\text{K}) + (0,0053 \text{ Kkal/kmol.K})/2 (311.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2) - (0,00000083 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/311.15\text{K}-1/298.15\text{K})$$

$$= 121,0904 \text{ Kkal/Kmol}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
HCl	1,0917	90,4268	98,7160
SO3	0,0164	121,0904	1,9829
Total			100,6989

2. Entalpi Reaktan Air Proses dari Utilitas pada suhu 30 °C

$$T \text{ mas} = 30 \quad ^\circ\text{C} = 303,15 \quad \text{K}$$

$$T \text{ reff} = 25 \quad ^\circ\text{C} = 298,15 \quad \text{K}$$

$$\int_{T \text{ ref}}^{T} T \text{ Cp dT H}_2\text{O} = 7,7 \text{ kmol/jam} (303.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00045 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (303.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2) - (-0,00000252 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/303.15\text{K}-1/298.15\text{K})$$

$$= 39,1815 \text{ Kkal/Kmol}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
H2O	4,2211	39,1815	165,3888
Total			165,3888

TOTAL ENTALPI MASUK = 266,0877 Kkal

Entalpi Keluar :

1. Entalpi Produk limbah gas Pada Suhu 30 °C

T mas = 30 °C = 303,15 K

T reff = 25 °C = 298,15 K

$$\int_{T_{ref}}^T T Cp dT HCl = 6,7 \text{ kmol/jam} (303.15K-298.15K) + ((0,00084 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (303.15K^2-298.15K^2)$$

$$= 34,76273 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{ref}}^T T Cp dT SO3 = 7,7 \text{ kmol/jam} (303.15K-298.15K) + ((0,0053 \text{ Kkal/kmol.K})/2) (303.15K^2-298.15K^2) - (-0,00000083 \text{ Kkal/kmol.K}) (1/303.15K-1/298.15K)$$

$$= 46,4672 \text{ Kkal/Kmol}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
HCl	0,0109	34,7627	0,3795
SO3	0,0002	46,4672	0,0076
Total			0,3871

2. Entalpi Produk Larutan HCl ke decanter Pada Suhu 30 °C

T mas = 30 °C = 303,15 K

T reff = 25 °C = 298,15 K

$$\Delta H = n \int_{T_{ref}}^T Cp dT + n \cdot \lambda \quad (\text{untuk perubahan fase gas ke liquid})$$

λ HCl 3,86 Kkal/kg (Perry 7ed ; T-2.190)

$$\int_{T_{ref}}^T T Cp dT HCl = 7,2 \text{ kmol/jam} (303.15K-298.15K) + (-0,00017 \text{ Kkal/kmol.K})/2 (303.15K^2-298.15K^2) + 0,000002976 \text{ kkal/kmol.K} (1/303.1K5-1/298.151) + -2,275E-10 \text{ kkal/kmol.K} (303.15K^4-298.15K^4)$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned}
 n_{\text{HCl}} &= 35,7958 \text{ Kkal/Kmol} \\
 \Delta H_{\text{HCl}} &= 0,3288 \text{ kgmol} \\
 &= 13,0388 \text{ Kkal} \\
 \int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT_{\text{H}_2\text{O}} &= 7,7 \text{ kmol/jam} (303.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00045 \\
 &\text{Kkal/kmol.K})/2) (311.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2)-(0,00000252 \\
 &\text{Kkal/kmol.K}) (1/303.15\text{K}-1/298.15\text{K}) \\
 &= 39,1815 \text{ Kkal/Kmol}
 \end{aligned}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
HCl	0,3288	35,7958	13,0388
H2O	3,2564	39,1815	127,5886
Total			140,6274

3. Entalpi Produk larutan H2SO4 Ke Decanter pada suhu 30 °C

$$\begin{aligned}
 T_{\text{mas}} &= 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K} \\
 T_{\text{reff}} &= 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT_{\text{H}_2\text{SO}_4} &= 58 \text{ kmol/jam} (303.15\text{K}-298.15\text{K}) \\
 &= 290,0000 \text{ Kkal/kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT_{\text{H}_2\text{O}} &= 7,2 \text{ kmol/jam} (303.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00045 \\
 &\text{Kkal/kmol.K})/2) (311.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2)-(0,00000252 \\
 &\text{Kkal/kmol.K}) (1/303.15\text{K}-1/298.15\text{K}) \\
 &= 36,2426 \text{ Kkal/Kmol}
 \end{aligned}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
H2SO4	0,0132	290,0000	3,8378
H2O	0,9225	36,2426	33,4352
Total			37,2729

4. Entalpi Produk air sisa ke Decanter Pada Suhu 30 oC

$$\begin{aligned}
 T_{\text{mas}} &= 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K} \\
 T_{\text{reff}} &= 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT_{\text{H}_2\text{O}} &= 7,7 \text{ kmol/jam} (303.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00045 \\
 &\text{Kkal/kmol.K})/2) (311.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2)-(0,00000252 \\
 &\text{Kkal/kmol.K}) (1/303.15\text{K}-1/298.15\text{K}) \\
 &= 38,5726 \text{ Kkal/Kmol}
 \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka
H2O	0,0422	38,5726	1,6282
Total			1,6282

$$\begin{aligned}
 \text{TOTAL ENTALPI KELUAR} &= 0,3871 \text{ Kkal} + 140,63 \text{ Kkal} + 37,2729 \\
 &\text{Kkal} + 1,6282 \text{ Kkal} \\
 &= \mathbf{179,9156 \text{ Kkal}}
 \end{aligned}$$

Neraca Energi Total :

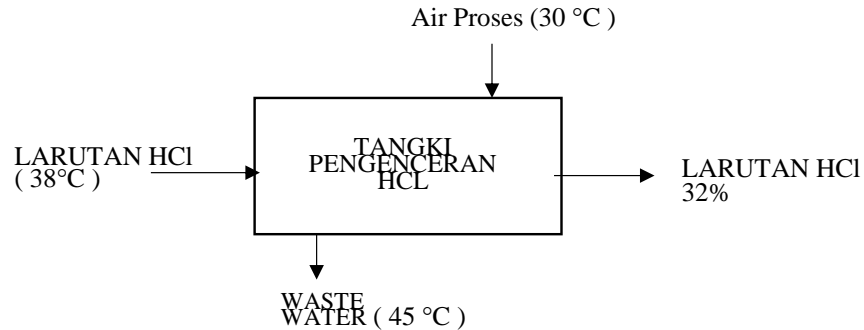
$$\begin{aligned}
 H \text{ Masuk} &= H \text{ keluar} + Q \text{ terserap} \\
 266,0877 \text{ Kkal} &= 179,9156 \text{ Kkal} + Q \text{ terserap} \\
 Q \text{ terserap} &= \mathbf{86,1721 \text{ Kkal}}
 \end{aligned}$$

Neraca Energi :

Komponen Masuk	Kkal/Jam	Komponen Keluar	Kkal/Jam
Dari Absorber :		Produk atas :	
Campuran gas		Campuran Gas	
HCl	98,7160	HCl	0,3795
SO3	1,9829	SO3	0,0076
	100,6989		0,3871
Air proses Dari Utilitas :		Ke Decanter :	
H2O	165,3888	Larutan HCl	
	165,3888	HCl	13,0388
		H2O	127,5886
			140,6274
		Larutan H2SO4 :	
		H2SO4	3,8378
		H2O	33,4352
			37,2729
		H2O Sisa	1,6282
			1,6282
		Q terserap	86,1721
TOTAL	266,0877	TOTAL	266,0877



11. TANGKI PENGECERAN HCl 32% (M-270)



Entalpi Masuk :

1. Entalpi Larutan HCl dari Decanter Pada Suhu 30 C

$$T_{\text{mas}} = 38 \text{ } ^\circ\text{C} = 311,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{reff}} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT_{\text{HCl}} = 7,2 \text{ kmol/jam} (311.15\text{K}-298.15\text{K}) + (0,00017 \text{ Kkal/} \\ \text{kmol.K})/2(311.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2) + 0,000002976 \text{ Kkal/kmol.K} \\ (1/311.15-1/298.15) + -2,275\text{E}-10 \text{ Kkal/kmol.K} \\ (311.15^4-298.15^4) \\ = 93,0471 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT_{\text{H}_2\text{O}} = 7,7 \text{ kmol/jam} (303.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00045 \\ \text{Kkal/kmol.K})/2) (311.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2)-(0,00000252 \\ \text{Kkal/kmol.K}) (1/311.15\text{K}-1/298.15\text{K}) \\ = 101,8952 \text{ Kkal/Kmol}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
HCl	109,1559	93,0471	10156,6365
H2O	127,4688	101,8952	12988,4620
Total			23145,0985

2. Entalpi Air Proses dari Utilitas pada Suhu 30 C

$$T_{\text{mas}} = 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{reff}} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^{T} C_p dT_{\text{H}_2\text{O}} = 7,7 \text{ kmol/jam} (303.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00045 \\ \text{Kkal/kmol.K})/2) (311.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2)-(0,00000252 \\ \text{Kkal/kmol.K}) (1/311.15\text{K}-1/298.15\text{K}) \\ = 39,1815 \text{ Kkal/Kmol}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
H2O	342,8869	39,1815	13434,8114
Total			13434,8114

$$\begin{aligned} \text{Total Entalpi Masuk} &= 23145,0985 \text{ Kkal} + 13434,811 \text{ Kkal} \\ &= \mathbf{36579,9099 \text{ Kkal}} \end{aligned}$$

Entalpi Keluar :

1. Entalpi Larutan HCl 32% Pada Suhu 30 C

$$T_{\text{mas}} = 30 \quad ^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{reff}} = 25 \quad ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \int_{T_{\text{ref}}}^{T} T \text{ Cp dT HCl} &= 7,2 \text{ kmol/jam} (303.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((-0,00017 \text{ Kkal/} \\ &\text{kmol.K})/2)(303.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2) + 0,000002976 \text{ Kkal/kmol.K} \\ &\quad (1/303.15\text{K}-1/298.15\text{K}) + -2,275\text{E}-10 \text{ Kkal/kmol.K} \\ &\quad (303.15\text{K}^4-298.15\text{K}^4) \\ &= 35,7958 \text{ Kkal/Kmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_{T_{\text{ref}}}^{T} T \text{ Cp dT H2O} &= 7,7 \text{ kmol/jam} (303.15\text{K}-298.15\text{K}) + ((0,00045 \\ &\text{Kkal/kmol.K})/2) (303.15\text{K}^2-298.15\text{K}^2) - (-0,00000252 \\ &\text{Kkal/kmol.K}) (1/303.15\text{K}-1/298.15\text{K}) \\ &= 39,1815 \text{ Kkal/Kmol} \end{aligned}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	H = n.Cp.ΔT(kka)
HCl	109,1559	35,7958	3907,3211
H2O	470,3558	39,1815	18429,2265
Total			22336,5477

$$\text{Total Entalpi Keluar} = \mathbf{22336,5477 \text{ Kkal}}$$

Panas Pelarutan, ΔH Solution :

$$\Delta H_{\text{Solutio}} = \Delta H_s^\circ \quad x \quad \text{mol bahan}$$

$$\Delta H_s^\circ = -74,8 \text{ KJ/mol} = -17,877649 \text{ kkal/mol}$$

$$\text{Mol HCl} = 33,2088 \text{ kmol} = 33208,8003 \text{ mol}$$

$$\Delta H_{\text{Solutio}} = \Delta H_s^\circ \quad x \quad \text{mol bahan}$$

$$\Delta H_{\text{Solutio}} = -17,9 \text{ kkal/mol} \quad x \quad 33208,8 \text{ mol}$$

$$= -593695,2694 \text{ Kkal}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Neraca Energi Total :

$$H \text{ masuk} + \Delta H \text{ Solution} = H \text{ keluar} + Q \text{ terserap}$$

$$36579,9099 \text{ Kkal} + -593695,269 \text{ Kkal} = 22336,5477 \text{ Kkal} + Q \text{ terserap}$$

$$Q \text{ terserap} = \mathbf{607938,6316 \text{ Kkal}}$$

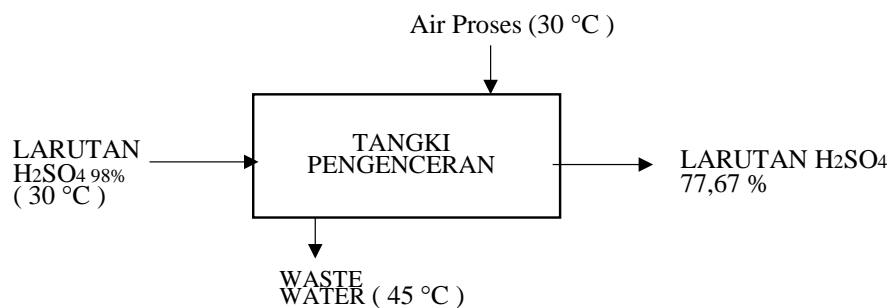
Dasar pemilihan media pendingin dan kebutuhannya :

Suhu yang dijaga untuk reaksi = 30 °C
 Digunakan air pendingin sebagai media pendingin karena nilai ΔT kecil
 Suhu air pendingin Masuk = 30 °C
 Suhu air pendingin Keluar = 45 °C
 Cp air yang digunakan sebagai pendingin = 1 Kkal/kg
 $Q \text{ air} = m \cdot Cp \cdot \Delta T$
 Kebutuhan Air = 40529,2421 Kg

Neraca Energi :

Komponen Masuk	Kkal/Jam	Komponen Keluar	Kkal/Jam
Larutan HCl dari Decanter		Larutan HCl 32%	
HCl	10156,6365	HCl 32%	3907,3211
H2O	12988,4620	H2O	18429,2265
	23145,0985		22336,5477
Air Proses dari Utilitas		Q terserap	607938,6316
H2O	13434,8114		
	13434,8114		
ΔH Solution	593695,2694		
TOTAL	630275,1793	TOTAL	630275,1793

1. TANGKI PENGECER H2SO4 77,67% (M-130)





Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Entalpi masuk :

1. Entalpi larutan H₂SO₄ 98% dengan suhu 30°C

T mas = 30 °C = 303,2 K
 T reff = 25 °C = 298,2 K

$$\int_{T_{ref}}^{T} T C_p dT \text{ H}_2\text{SO}_4 \text{ (l)} = 58 \text{ (303.15-298.15)}$$

$$T_{ref} = 290,0000 \text{ Kkal/Kmol}$$

$$\int_{T_{ref}}^{T} T C_p dT \text{ H}_2\text{O} = 7.701 \text{ kmol/jam (303.15K-298.15K) + (0,00045}$$

$$T_{ref} \text{ Kkal/kmol.K)/2 (303.15K}^2\text{-298.15K}^2) - (0,00000252}$$

$$\text{Kkal.kmol.K) (1/303.15K-1/298.15K)}$$

$$= 39,1815 \text{ Kkal/Kmol}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	$\Delta H = n.C_p.\Delta T(\text{kkal})$
H ₂ SO ₄	60,0417	290,0000	17412,1056
H ₂ O	6,5379	39,1815	256,1636
Total			17668,2692

2. Entalpi Air Proses dari Utilitas pada Suhu 30 C

T mas = 30 °C = 303,15 K
 T reff = 25 °C = 298,15 K

$$\int_{T_{ref}}^{T} T C_p dT \text{ H}_2\text{O} = 7,7 \text{ kmol/jam (303.15K-298.15K) + (0,00045}$$

$$T_{ref} \text{ Kkal/kmol.K)/2 (303.15K}^2\text{-298.15K}^2) - (0,00000252}$$

$$\text{Kkal.kmol.K) (1/303.15K-1/298.15K)}$$

$$= 39,1815 \text{ Kkal/Kmol}$$

Komponen	n(kgmol)	CpdtT (kkal/gmol)	$H = n.C_p.\Delta T(\text{kka})$
H ₂ O	87,4436	39,1815	3426,1682
Total			3426,1682

Total Entalpi Masuk = 17668,2692 Kkal + 3426,1682 Kkal
= 21094,437 Kkal

Panas pengenceran, ΔH Solution :

ΔH Solution = ΔH_s° X mol bahan
 ΔH_s° = -96,2 Kj/mol = -22,99238 kkal/mol
 Mol H₂SO₄ = 18,2667 kmol = 18266,667 mol
 ΔH Solution = ΔH_s° X mol bahan
 ΔH Solution = -22,9924 X 18266,6668
 = -419994,094 Kkal



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Neraca Energi Total:

H masuk + ΔH Solution = H keluar

$$21094,4 \text{ Kkal} + (-41994,0944 \text{ Kkal}) = 441088,5318 \text{ Kkal}$$

Neraca Energi :

Komponen Masuk	Kkal/Jam	Komponen Keluar	Kkal/Jam
ΔH Larutan H ₂ SO ₄ 98%		ΔH Larutan	441088,5318
H ₂ SO ₄	17412,1056	H ₂ SO ₄ 77,67%	
H ₂ O	256,1636		
	17668,2692		
Air Proses dari Utilitas			
H ₂ O	3426,1682		
	3426,1682		
ΔH Solution	41994,0944		
TOTAL	441088,5318	TOTAL	441088,5318

PANAS PENGECERAN H₂SO₄

$$\begin{aligned} C_p \text{ H}_2\text{SO}_4 &= 1,8 \text{ Kj/Kg K} = 0,4302 \text{ Kkal/Kg K} \\ C_p \text{ H}_2\text{O} &= 4,19 \text{ Kj/Kg K} = 1,0014 \text{ Kkal/Kg K} \\ C_p \text{ H}_2\text{SO}_4 &= m \times C_p = 1790,1334 \times 0,43 = 770,1347 \text{ Kkal/K} \\ C_p \text{ H}_2\text{O} &= m \times C_p = 36,5333 \times 1,001 = 36,5858 \text{ Kkal/K} \\ &= \underline{806,7205} \\ C_p \text{ H}_2\text{SO}_4 (77,67\%) &= 1,7059 \text{ Kj/Kg K} = 0,408 \text{ Kkal/Kg K} \\ \text{H H}_2\text{SO}_4 (77,67\%) &= m \times C_p = 1790,1 \times 0,408 = 730 \text{ Kkal/K} \end{aligned}$$

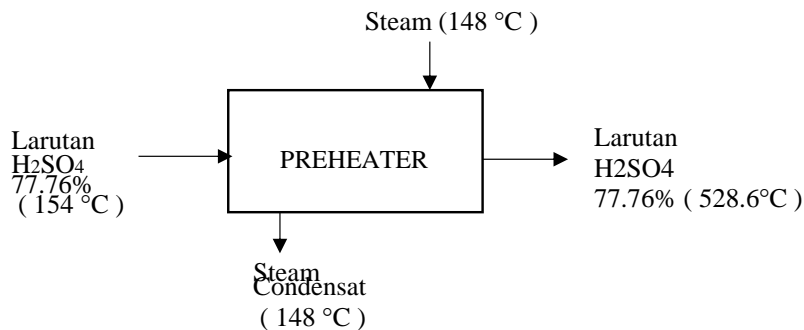
$$\begin{aligned} \Delta H \text{ masuk} + \Delta H \text{ solution} &= \Delta H \text{ keluar} \\ \Delta H \text{ masuk} + \Delta H \text{ solution} &= m \times C_p \times \Delta T \\ 21094,44 + (-41994,0944) &= 806,7205 \times (T - 298) \\ 441088,5318 &= 806,7205 \times (T - 298) \\ 441088,5318 &= 806,7205 \times T - 240524 \\ 681612,2385 &= 806,7205 \times T \\ T &= \frac{681612,2385}{806,7205} \\ &= 844,9 \text{ K} \\ &= 546,8 \text{ C} \end{aligned}$$



PANAS PENGECERAN HCL

$$\begin{aligned}
 C_p \text{ H}_2\text{O} &= 4,19 \text{ KJ/Kg K} = 0,239 \text{ Kkal/Kg K} \\
 C_p \text{ HCl} &= 3,14 \text{ KJ/Kg K} = 0,7505 \text{ Kkal/Kg K} \\
 \text{H HCl} &= m \times C_p = 1212,1212 \times 0,75 = 910 \text{ Kkal/K} \\
 \text{H H}_2\text{O} &= m \times C_p = 1915,51593 \times 0,239 = \underline{458 \text{ Kkal/K}} \\
 \Delta\text{H masuk} + \Delta\text{H solution} &= \Delta\text{H keluar} \quad 1367 \text{ Kkal/K} \\
 \Delta\text{H masuk} + \Delta\text{H solution} &= m \times C_p \times \Delta T \\
 36579,9 + (-593695,2694) &= 1367,4911 \times (T - T_{ref}) \\
 630275,1793 &= 1367,4911 \times (T - 298) \\
 630275,1793 &= 1367,4911 \times T - 407717 \\
 1037992,658 &= 1367,4911 \times T \\
 T &= \frac{1037992,6575}{1367,4911} \\
 &= 759 \text{ K} \\
 &= 460,9 \text{ C}
 \end{aligned}$$

2. PREHEATER



Menghitung enthalpy aliran masuk pada preheater :

$$\begin{aligned}
 T_{\text{masuk}} &= 154 \text{ °C} = 427 \text{ °K} \\
 T_{\text{reff}} &= 25 \text{ °C} = 298 \text{ °K}
 \end{aligned}$$

Tabel Enthalpy masuk preheater

Komponen	Massa (kg)	n (kn)	Cp.dT (kkal/l)	Hin (kkal)
H2SO4	5884,090843	60	7482	449232,323
H2O	117,6818169	6,5	1014,48083	6632,55264
Total				455864,876



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} T_{\text{keluar}} &= 528,6 \text{ }^{\circ}\text{C} &= 802 \text{ }^{\circ}\text{K} \\ T_{\text{reff}} &= 25 \text{ }^{\circ}\text{C} &= 298 \text{ }^{\circ}\text{K} \end{aligned}$$

Tabel Enthalpy keluar preheater

Komponen	Massa (Kg)	(kmol)	dT (kkal/kmol)	Hout (kkal)
H ₂ SO ₄	5884,090843	60	29208,8	1753747,27
H ₂ O	117,6818169	6,5	4002,85327	26170,1692
Total				1779917,44

Menghitung kebutuhan steam

$$\begin{aligned} T_{\text{steam}} &= 148 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ \lambda_{\text{steam}} &= 21196 \text{ kJ/kg} = 506,573 \text{ kkal/kg} \\ \Delta h_{\text{steam}} &= m \times \lambda = 507 \text{ m kkal/kg} \end{aligned}$$

Menghitung Qloss

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q_{\text{supplay}} \\ &= 25,32866085 \text{ m kkal/kg} \end{aligned}$$

Neraca energi total

$$\begin{aligned} \Delta H \text{ bahan masuk} + Q_{\text{supplay}} &= \Delta H \text{ bahan keluar} + Q_{\text{loss}} \\ 455864,9 + 506,57322 \text{ m} &= 1779917,4 + 25,328661 \text{ m} \\ 481,2445562 \text{ m} &= 1324052,6 \\ &= 2751,3092 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} Q_{\text{supplay}} &= 1393739,5 \text{ kkal} \\ Q_{\text{loss}} &= 69686,977 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Neraca Energi

Komponen masuk	kkal/jam	Komponen keluar	kkal/jam
Qbahan masuk	455864,88	Qbahan Keluar	1779917,44
Qsupplay	1393739,5	Qloss	69686,9771
Total	1849604,4		1849604,42



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”



Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering"

)



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

APPENDIX C
SPESIFIKASI ALAT

Kapasitas produksi = 60000 ton/th
= 7575,7576 kg/jam

Waktu operasi = 1 jam operasi
330 hari kerja = 1 tahun kerja

Basis Kebutuhan bahan = 6821,2973 kg/jam

1. Gudang Penyimpanan NaCl (Garam) (F-110)

Fungsi : menampung garam dari supplier

Dasar pemilihan : digunakan untuk menampung padatan dan bahan tidak hygroscopic

Kondisi operasi :

- Suhu = 30 °C
- Tekanan operasi = 1 atm
- Waktu penyimpanan = 7 hari

Bahan masuk :

Komponen	Fraksi berat	Berat (kg)	ρ bahan (gr/cc)
			(Perry 7ed, T2-1)
NaCl	0,9553	1982,5603	2,163
CaSO ₄	0,0061	12,7006	2,96
MgSO ₄	0,0057	11,9120	2,66
MgCl ₂	0,0028	5,8315	2,32
H ₂ O	0,0300	62,2579	1
Total	1,0000	2075,26	

$$\rho \text{ campuran} = \frac{1}{\sum \frac{\text{Fraksi berat}}{\rho \text{ bahan}}} \times 62,43$$
$$= \frac{1}{\left(\frac{0,9553}{2,163} + \frac{0,0061}{2,96} + \frac{0,0057}{2,66} + \frac{0,0028}{2,32} + \frac{0,0300}{1} \right)} \times 62,43$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} &= 2,0960 \text{ kg/jam} \times 62,43 \\ &= 130,8515 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate massa} &= 2075,2623 \text{ kg/jam} \\ &= 4575,1647 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Rate Volumetrik} = \frac{\text{Rate massa}}{\rho \text{ campuran}} = \frac{4575,1647}{130,8515} = 34,9646 \text{ cuft/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan} &= 34,9646 \text{ cuft/jam} \times (7 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}) \\ &= 5874,0446 \text{ cuft} \end{aligned}$$

Asumsi bahan mengisi gudang 80 %

$$\begin{aligned} \text{Volume gudang} &= \frac{5874,0446}{0,8} \text{ cuft} \\ &= 7342,5558 \text{ cuft} = 207,918 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menentukan dimensi gudang

$$\text{Volume gudang} = P \times L \times H$$

$$\text{Asun } P = 2L$$

$$L = H$$

maka,

$$\begin{aligned} \text{Volume gudang} &= P \times L \times H \\ 7342,5558 &= 2L \times L \times L \\ 7342,5558 &= 2L^3 \\ 3671,2779 &= L^3 \end{aligned}$$

$$L = 15,4267 \text{ ft}$$

$$H = 15,4267 \text{ ft}$$

$$P = 30,8534 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas area gudang} &= P \times L \\ &= 30,8534 \times 15,4267 \\ &= 475,965 \text{ ft}^2 \\ &= 44,2186 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Spesifikasi :

Fungsi	= Untuk penyimpanan NaCl (garam) dari supplier
Type	= Bangunan berbentuk persegi panjang
Kapasitas	= 7342,5558 cuft
Ukuran Gudang	= Panjang = 30,8534 ft = 9,4041 m Lebar = 15,4267 ft = 4,7021 m Tinggi = 15,4267 ft = 4,7021 m
Bahan konstruksi	= Beton
Jumlah	= 1 buah

2. Screw Conveyor (J-111)

Fungsi	= Memindahkan bahan dari gudang penyimpanan ke hopper
Type	= Plain Spouts or Chutes
Rate massa	= 2075,262 kg/jam

Perhitungan :

Rate massa	= 2075,262 kg/jam ; (1 kg = 2.20462 lb)
	= 4575,165 lb/jam
ρ bahan	= 130,852 lb/cuft
Volumetrik bahan	= $\frac{\text{rate massa}}{\text{densitas}} = \frac{4575,165 \text{ lb/jam}}{130,8515 \text{ lb/cuft}} = 34,965 \text{ cuft/jam}$
	= 0,583 cuft/mnt

Untuk bulk density = 130,8515 lb/cuf, bahan termasuk kelas D dengan 4
(Badger, Tabel 16-6)

Power motor = $\frac{C.L.W.F}{33000}$ *(Badger, pers 16-5)*

Dengan : C	= Kapasitas ; cuft/mnt
L	= panjang ; ft
W	= densitas bahan ; lb/cuft
F	= faktor bahan

Asumsi panjang screw, (L) = 30 ft

$$\text{Power motor} = \frac{0,58 \times 30 \times 130,8515 \times 4}{33000} = 0 \text{ hp}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

untuk power < 2 hp, maka dikalikan $2 = 0,2773 \times 2 = 1$ hp (*Badger : 713*)
Efisiensi motor = 80% , maka :
Power motor = $\frac{0,55}{80\%} = 0,7 \sim 1$ hp

Dari **Badger, fig 16-20** untuk kapasitas = 34,965 cuft/jam digunakan ukuran :

Diameter = 6 in
Kecepatan putaran = 23 rpm

Spesifikasi :

Fungsi = Memindahkan bahan dari gudang ke hopper
Type = Plain spouts or chutes
Kapasitas = 35 cuft/jam
Panjang = 30 ft
Diameter = 6 in
Kecepatan putaran = 23 rpm
Power = 1 hp
Jumlah = 1 buah

3. Hopper (F-113)

Fungsi : Mengumpankan garam dari bucket elevator ke screw conveyor
Type : Silinder tegak dengan tutup atas datar dan bawah conis
Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk menampung padatan
Kondisi Operasi : Suhu = 30 °C
Tekanan = 1 atm
Waktu penyimpanan = 3 jam

Komponen	Fraksi berat	Berat (kg)	ρ bahan (gr/cc)
			(Perry 7ed, T2-1)
NaCl	0,9553	1982,56	2,163
CaSO ₄	0,0061	12,7006	2,96
MgSO ₄	0,0057	11,9120	2,66
MgCl ₂	0,0028	5,8315	2,32
H ₂ O	0,0300	62,2579	1
Total	1,0000	2075,2623	



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned}\rho \text{ campuran} &= \frac{1}{\sum \frac{\text{Fraksi berat}}{\rho \text{ campuran}}} \times 62,43 \\ &= \frac{1}{\left(\frac{0,9553}{2,163} + \frac{0,0061}{2,96} + \frac{0,0057}{2,66} + \frac{0,0028}{2,32} + \frac{0,0300}{1} \right)} \times 62,4 \\ &= 2,0960 \text{ kg/jam} \times 62,43 \\ &= 130,8515 \text{ lb/cuft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rate massa} &= 2075,2623 \text{ kg/jam} \\ &= 4575,164734 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

$$\text{Rate Volumetrik} = \frac{\text{Rate massa}}{\rho \text{ campuran}} = \frac{4575,1647}{130,8515} = 34,9646 \text{ cuft/jam}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume bahan} &= 34,9646 \text{ cuft/jam} \times 2 \text{ jam} \\ &= 69,9291 \text{ cuft}\end{aligned}$$

Asumsi bahan mengisi hopper 80% volume tangki :

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= \frac{69,9291}{80\%} \\ &= 87,4114\end{aligned}$$

Menentukan ukuran tangki dan ketebalannya :

$$\text{Dimensi ratio} = \frac{H}{D} = 2 \quad (\text{Ulrich ; T.4-27 : 248})$$

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ 87,4114 &= \frac{3}{4} \times D^2 \times H\end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned}87,4114 &= 2 D^3 \\ D^3 &= 55,6760 \text{ cuft} \\ D &= 3,8185 \text{ ft} \\ &= 45,8216 \text{ in} \\ &= 13,9664 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H = 2D &= 7,6369 \text{ ft} \\ &= 91,6433 \text{ in} \\ &= 27,9329 \text{ m}\end{aligned}$$

Tinggi feed dalam tangki :

$$\begin{aligned}\text{Volume feed} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ 69,93 \text{ cuft} &= \frac{3}{4} \times 14,581 \text{ ft}^2 \times H \\ H &= 6,110 \text{ ft}\end{aligned}$$

$$P \text{ operasi} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi}$$

P design diambil 10% lebih besar dari P operasi untuk faktor keamanan.

$$\begin{aligned}P \text{ design} &= 1,1 \times 14,7 \text{ psi} \\ &= 16 \text{ psi}\end{aligned}$$

Penentuan tebal shell :

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

dengan :

$$\begin{aligned}t_{\min} &= \text{tebal shell minimum} \quad ; \text{ in} \\ P &= \text{tekanan tangki} \quad ; \text{ psi} \\ r_i &= \text{jari-jari tangki} \quad ; \text{ in (1/2 D)} \\ C &= \text{faktor korosi} \quad ; \text{ in (digunakan 1/8 in)} \\ E &= \text{faktor pengelasan, digunakan do! } E = 1 \\ f &= \text{stress allowable, bahan konstruksi carbon steel SA-283} \\ &\quad \text{grade C, maka } f = 12650 \text{ psi}\end{aligned}$$

[Brownell, T.13-1]



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Asumsi volume feed = 80%

$$\begin{aligned}r_i &= 1 \times D \\ &= 1 \times 45,8216 \text{ in} \\ &= 22,9108 \text{ in}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_{\min} &= \frac{P \times r_i}{fE - 0,6P} + C \\ &= \frac{16,17 \text{ psi} \times 22,9108 \text{ in}}{10120 \text{ psi} - 9,702 \text{ psi}} + 1/8 \\ &= 0,1616 \text{ in}\end{aligned}$$

digunakan t = 3/16 in

Tutup bawah, conis : [Brownell, hal.118; ASME code]

$$\text{Tebal conical} = \frac{P.D}{2 \cos \alpha (f_e - 0,6P)} + C$$

Dengan $\alpha = 1/2$ sudut conis = $30 \text{ } 15^\circ$

$$\begin{aligned}t_c &= \frac{P.D}{2 \cos \alpha (f_e - 0,6P)} + C \\ t_c &= \frac{16 \text{ psi} \times 45,822 \text{ in}}{1,52 \times 10110 \text{ psi}} + 1/8 \\ &= 0,1732\end{aligned}$$

digunakan t = 3/16 in

Tinggi conical :

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

Keterangan α = 1/2 sudut conis ; 15°
D = diameter tangki ; ft
m = flat spot center ; 12 in
= 1 ft



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned}h &= \frac{\text{tg } \alpha \times (D - m)}{2} \\&= \frac{0,856 \times (3,8185 \text{ ft} - 1 \text{ ft})}{2} \\&= 1,2063 \text{ ft}\end{aligned}$$

Spesifikasi

Fungsi	: Mengumpan bahan dari bucket elevator menuju manheim
Tipe	: Silinder tegak dengan tutup atas plat dan bawah conis
Kapasitas	: 87,4114 cuft
Diameter dalam silinder	: 3,8185 ft
Tinggi silinder	: 6,431 ft
tebal shell	: 3/16 in
tebal conical	: 3/16 in
tinggi conical	: 1,2063 ft
Bahan Kontruksi	: Carbon steel SA-283 grade C
cone angle	: 30 °
Jumlah	: 1 buah

4. Blower

Fungsi = Memindahkan udara dari udara bebas ke Mannheim Furnace.

Type = Centrifugal Blower

Dasar pemilihan = Sesuai dengan jenis bahan, efisiensi tinggi.

Perhitungan Rate Udara :

Panas yang dibutuhkan = 2860919,097 kkal/jam

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

$$C_p \text{ udara} = 0,29 \text{ kkal/kg} \quad (\text{Perry 6ed, fig 3-12})$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

$$m \text{ udara} = \frac{2860919,097}{0,29 \times 840 - 30} = 12179,31 \text{ kg/jam} = 26850 \text{ lb/jam}$$

$$BM \text{ udara} = 28,8558$$

r Campuran pada : $P = 1 \text{ atm}$,

$$T (^{\circ}\text{C}) = 30 \quad (\text{dari Celcius ke Rankine } = \text{Rankine} = ^{\circ}\text{C} \times 1.8 + 491.67)$$

$$T (\text{R}) = 545,67$$

$$T (\text{R}) = 546$$

Udara Standart : $T (^{\circ}\text{C}) = 0$

$$T (\text{R}) = 545,67$$

$$T (\text{R}) = 545,67$$

$$\rho = \frac{545,7 \text{ R}}{545,7 \text{ R}} \times \frac{1}{1} \times \frac{28,856}{359} = 0,0804 \text{ lb/cuft} \quad (\text{Himmelblau : 249})$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik} &= \frac{26850,49911}{0,0804} = 334052 \text{ cuft/jam} \\ &= 5568 \text{ cuft/mnt} \end{aligned}$$

Asumsi aliran laminer :

$$\text{Diameter pipa optimum} = 42,509373 \text{ in} \quad (\text{Peter 4ed pers.15 Hal:496})$$

Dipilih Pipa 12 in, sch 40 :

$$OD = 12,75 \text{ in}$$

$$ID = 11,938 \text{ in}$$

$$A = 15,74 \text{ in}^2$$

Perhitungan Power :

$$hp = 0.0044 \times Q \times P_1 \times \ln (P_2/P_1) \quad (\text{Perry 6}^{\text{ed}} ; \text{pers. 6 - 31b})$$

dengan : Q = volumetrik gas ; cuft/menit

P_1 = operating suction pressure ; psi

P_2 = operating discharge pressure ; psi



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$P_2 = P_1 + \Delta P_{\text{pipa}} = 14.7 + 2 \text{ ps } 16,70 \text{ psi}$$

$$hp = 0.0044 Q \times P_1 \times \ln (P_2/P_1)$$

(Perry 6^{ed} ; pers. 6 - 31b)

$$hp = 45,93578438$$

dengan asumsi efisiensi amotor = 80% , maka :

$$hp = 57,41973047 \text{ hp} = 57 \text{ hp}$$

Adiabatic Head = 15000 ft.lbf/lbm gas

Spesifikasi :

Fungsi	: Memindahkan udara dari udara bebas ke furnace
Type	: Centrifugal Blower
Bahan	: Commercial Steel
Rate volumetrik	: 5567,528 cuft/menit
Adiabatic Head	: 15000 ft.lbf/lbm gas
Effisiensi motor	: 80%
Power	: 57 Hp
Jumlah	: 1 buah

5. Manheim Furnace

Fungsi	: Untuk mereaksikan NaCl dan H ₂ SO ₄ membentuk Na ₂ SO ₄ dan HCl
Type	: Rotary Hearth Furnace (Furnace Broker Inc.)
Dasar pemilihan	: Penanganan otomatis dan sesuai dengan bahan.
Kondisi operasi	: 843 °C

Kapasitas	: Fuel oil	=	270,8589 kg/jam
		=	597,1410 lb/jam
	: Udara	=	12179,3065 kg/jam
		=	26850,7427 lb/jam



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Bahan masuk :

1. Feed bahan NaCl

Komponen	Fraksi berat	Berat (kg)	ρ bahan (gr/cc)
			(Perry 7ed, T2-1)
NaCl	0,9553	1982,5603	2,163
CaSO ₄	0,0061	12,7006	2,96
MgSO ₄	0,0057	11,9120	2,66
MgCl ₂	0,0028	5,8315	2,32
H ₂ O	0,0300	62,2579	1
Total	1,0000	2075,2623	

$$\rho \text{ campuran} = \frac{1}{\sum \frac{\text{Fraksi berat}}{\rho \text{ bahan}}} \times 62,43$$
$$= \frac{1}{\left(\frac{0,9553}{2,163} + \frac{0,0061}{2,96} + \frac{0,0057}{2,66} + \frac{0,0028}{2,32} + \frac{0,0300}{1} \right)} \times 62,43$$
$$= 2,0960 \text{ kg/jam} \times 62,43$$
$$= 130,8515 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{Rate massa} = 2075,2623 \text{ kg/jam}$$
$$= 4575,1647 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Rate Volumetrik} = \frac{\text{Rate massa}}{\rho \text{ campuran}} = \frac{4575,1647}{130,8515} = 34,9646 \text{ cuft/jam}$$

2. Feed bahan H₂SO₄

Komponen	Fraksi berat	Berat (kg)	ρ bahan (gr/cc)
			(Perry 7ed, T2-1)
H ₂ SO ₄	0,98	5884,09	1,84
H ₂ O	0,02	117,68	1
Total	1,00	6001,77	



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} \text{Densitas Campuran} &= \frac{1}{\frac{\text{fraksi berat}}{\rho \text{ komponen}}} \times 62,4 \\ &= \frac{1}{\frac{0,98}{1,84} + \frac{0,02}{1}} \times 62,4 \\ &= 1,8096 \text{ gr/ml} \times 62,4 \\ &= 3,9895 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Massa} &= 6001,7727 \text{ kg/jam} \\ &= 13231,62804 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik} &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{13231,63}{3,9895} \\ &= 3316,632 \text{ cuft/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total rate volumetrik} &= 34,9646 + 3316,6 \\ &= 3351,5963 \text{ cuft/jam} \end{aligned}$$

1. menentukan dimensi ruang pembakaran (crucible)

$$\begin{aligned} \text{Total rate volumetrik} &= 3351,5963 \text{ cuft/jam} \\ \text{Waktu tinggal} &= 3 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$t = \frac{\text{Volume}}{\text{Rate volumetrik}}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 3351,5963 \times 3 \\ &= 10054,7889 \text{ cuft} \end{aligned}$$

Menentukan dimensi crucible furnace

$$\text{Dimensi ratio} = \frac{H}{D} = 2 \quad (\text{Ulrich ; T.4-27 : 248})$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Dengan mengabaikan volume dished head.

$$\text{Volume tangki} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$10054,79 \text{ cuft} = \frac{3}{4} \times D^2 \times 2D$$

$$\begin{aligned} 10054,79 \text{ cuft} &= 1,57 \times D^3 \\ D^3 &= 6404,3242 \text{ ft} \\ D &= 18,5705 \text{ ft} \\ &= 222,8464 \text{ in} \\ &= 67,9236 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= 2D = 37,1411 \text{ ft} \\ &= 445,6929 \text{ in} \\ &= 135,85 \text{ m} \end{aligned}$$

dinding crucible dilapisi refractory b 30 cm
dan insulasi dengan alumina 1/4 in

2. Perhitungan tebal shell furnace

$$\begin{aligned} P \text{ operasi} &= 5 \text{ atm} \\ &= 73,4800 \text{ psi} \end{aligned}$$

Untuk faktor keamanan 10% digunakan tekanan

$$\begin{aligned} P \text{ design} &= 1,1 \times 73,4800 \\ &= 81,8280 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tebal Shell digunakan ASME Code

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

dengan :

$$t_{\min} = \text{tebal shell minimum} \quad ; \text{ in}$$

$$P = \text{tekanan tangki} \quad ; \text{ psi}$$

$$r_i = \text{jari-jari tangki} \quad ; \text{ in}(1/2 D)$$

$$C = \text{faktor korosi} \quad ; \text{ in(digunakan } 1/8 \text{ in)}$$

$$E = \text{faktor pengelasan, digunakan dobel welded} \quad E = 0,8$$

$$f = \text{stress allowable, bahan konstruksi Low Alloy steel SA-217 C5}$$

$$f = 2000 \text{ psi} \quad \text{[Brownell, Table 13.1]}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned}t_{\min} &= \frac{P \times r}{fE - 0,6P} + C \\&= \frac{81,828}{1600} \times \frac{0}{-49,1} + \frac{1}{8} \\&= \frac{0,0000}{1550,9032} + 0,13 \\&= 0,1250 \text{ in} \\ \text{digunakan } t &= 3/16 \text{ in} \\ \text{OD} &= D + 2ts = 68,2986 \text{ m}\end{aligned}$$

3. Perencanaan sistem pengaduk

Perhitungan Dimensi Tangki :

a. Diameter Shell :

$$\begin{aligned}r \text{ Campuran} &= 134,841 \text{ lb/cuft} \\ \text{volume bahan} &= \frac{17806,7928}{134,841} \times 1 \\&= 132,0577 \text{ ft}^3 \\ \text{volume tangki} &= \frac{132,0577}{80\%} \\&= 165,0721 \text{ ft}^3 \\ \text{Volume tangki} &= (2 \times \text{Volume tutup}) + \text{Volume Shell} \\ 165,0721 &= 2 \times 0,0049 + (3,14/4 \times D^2 \times H) \\ 165,0721 &= 1,1873 D^3 \\ D^3 &= 139,0315 \\ D &= 5 \text{ ft} = 62 \text{ in} \quad r = 31 \\ H &= 10 \text{ ft} = 124 \text{ in}\end{aligned}$$

b. Tebal Silinder (Shell)

Tinggi liquid dalam tangki (Hl) :

$$\begin{aligned}\text{Volume Bahan} &= (3,14 / 4 \times D^2 \times Hl) \\ 132,0577 &= 3,14 \times 5,1804931^2 \times Hl / 4 \\ Hl &= 6 \text{ ft}\end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Menentukan Tekanan Design (Pd)

$$\text{Tekanan Operasi} = 14,7$$

$$\begin{aligned}\text{Tekanan Hidrostatik} &= P_h = \rho (H - 1) / 144 \\ &= \frac{134,841 \times 5,2683}{144} \\ &= 4,9332 \text{ psi}\end{aligned}$$

Pada umumnya, Tekanan Design (Pd) = 1 - 1,2 tekanan operasi

Disini diambil :

$$\begin{aligned}\text{Tekanan design} &= P_d \\ &= 1,05 (P.\text{Operasi atas} + P_h) \\ &= 1,05 \times 14,7 + 4,9332 \\ &= 20,615 \text{ psi}\end{aligned}$$

persamaan (13-1) Brownell & Young :

Dipilih sambungan las double welded butt joint, = 1

$$\begin{aligned}t_s &= (P_d \times r_i) / (f \times E - 0,6 \times P_d) + C \\ &= \frac{20,6149 \times 31,0830}{12650 \times 0,8 - 0,6 \times 20,6149} + 0,125\end{aligned}$$

$$= 0,1884 \text{ in}$$

Dipilih tebal standar : 3/16 in

c. Perhitungan Tebal Tutup Atas dan Tutup Bawah

Dipilih sambungan las double we = 1

$$\begin{aligned}R_c &= t_b = (0,885 \times P_d \times R_c) / ((f \times E) - 0,1 \times P_d) + C \\ R_c &= 62,6659 \text{ in}\end{aligned}$$

$$t_b = \frac{0,885 \times 20,61 \times 62,6659}{12650 \times 0,8 - 0,1 \times 20,6149} + 0,125$$

$$t_b = 0,2380 \text{ in}$$

Diambil tebal standar : 3/16 in



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Perhitungan Tinggi Tutup Atas :

$$\begin{aligned} \text{dimana : } R_c &= ID = 62,1659 \text{ in} \\ i_{cr} &= 6\% R_c = 3,7300 \text{ in} \\ BC &= R_c - i_{cr} = 62,1659 - 3,7300 \\ &= 58,4360 \text{ in} \\ &= 4,870 \text{ ft} \\ AB &= r_i - i_{cr} = 31,0830 - 3,7300 \\ &= 27,3530 \text{ in} \\ &= 2,2794 \text{ ft} \end{aligned}$$

Tinggi head :

$$\begin{aligned} b &= R_c - (BC^2 - AB^2)^{1/2} \\ &= 62,1659 - \sqrt{58,4360^2 - 27,3530^2} \\ &= 10,5270 \text{ in} \\ &= 0,8773 \text{ ft} \\ S_f &= 2 \text{ in} \quad \text{(Brownell tabel 5.8)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} OA &= t_b + b + S_f \\ &= 3/16 + 10,527 + 2 \\ &= 13,0270 \text{ in} = 1,0856 \text{ ft} \end{aligned}$$

Tinggi tutup atas = Tinggi tutup bawah = OA

$$\begin{aligned} \text{Tinggi total tangki} &= \text{tinggi shell (H)} + (2 \times OA) \\ &= 124,3318 + 2 \times 13,0270 \\ &= 150,386 \text{ in} \\ &= 13 \text{ ft} = 4 \text{ m} \end{aligned}$$

SISTEM PENGADUKAN

Dipilih jenis pengaduk Turbin dengan 6 buah flat blade

Ketentuan : (Geankoplis, T.3.4-1 hal.144)

$$\begin{aligned} D_a / D_t &= 1/3 & W / D_a &= 1/5 \\ C / D_t &= 1 & J / D_t &= 1/12 \\ L / D_a &= 1/4 & H / D_t &= 1 \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

dimana :

$$\begin{aligned}Dt &= \text{Diameter tangki} &&= 5,1805 \text{ ft} \\Da &= \text{Diameter impeler} &&= Dt / 3 = 1,7268 \text{ ft} \\W &= \text{Lebar blade} &&= Da / 5 = 0,3454 \text{ ft} \\L &= \text{Panjang blade} &&= Da / 4 = 0,4317 \text{ ft} \\J &= \text{Lebar baffle} &&= Dt / 12 = 0,4317 \text{ ft} \\E &= \text{Tinggi impeler dari dasar tangki} &&= 1,7268 \text{ ft}\end{aligned}$$

Data - Data

$$\begin{aligned}\rho \text{ campuran} &= 134,8410 \text{ lb/ft}^3 \\ \mu \text{ campuran} &= 1,4688 \text{ Cp} = 0,19635001 \text{ lb/ft}\cdot\text{dt} \\ N \text{ ditetapkan} &= 120 \text{ rpm} = 6000 \text{ rph} = 1,667 \text{ rps} \\ V &= \pi \cdot Da \cdot N \quad (\text{Da dalam meter}) \\ &= 3,14 \times 1,3771 \times 120 = 518,8724 \text{ m/min} \\ Ne &= \frac{\rho \cdot Da^2 \cdot N}{\mu} = \frac{134,84 \times 2,9819 \times 2}{0,196350} \\ Nre &= 3413,707537 \text{ (aliran turbulen)}\end{aligned}$$

Perhitungan power pengaduk yang dibutuhkan :

Diperoleh nilai $Nre > 10000$, sehingga $Np = KT$

$$KT = Np = 6,3 \quad (\text{Ludwig, vol-1 T.5-1, hal 301})$$

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

$$\begin{aligned}P &= \frac{6,3 \times 2^3 \times 1,7268^5 \times 134,841}{32,2} \\ &= 1876,561 \text{ ft}\cdot\text{lbf/s} = \frac{1876,5608}{550} \\ &= 3,4119 \text{ Hp} = 1 \text{ Hp}\end{aligned}$$

(Joshi, 424)

$$\begin{aligned}\text{Power Losses pada Gland } 10\% \text{ hp} &= 0,1 \times 3,4119 \\ &= 0,34119 \text{ hp}\end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} \text{Diambil power} &= 0,2 \text{ hp} \\ \text{Power input dengan gland losses} &= 3,4119 + 0,34119 \\ &= 3,7531 \text{ hp} \\ \text{Transmission sistem losses 20\%} &= 0,2 \times 3,7531 \\ &= 0,7506 \text{ hp} \\ \text{Power Total} &= 3,7531 + 0,7506 = 4,5037 \text{ hp} \\ \text{Karena jumlah pengaduk 3 buah, maka power} &= 3 \times 4,5037 \\ &= 13,511 \text{ hp} \\ \text{Efisiensi motor} &= 0,85 \\ \text{Sehingga power motor} &= \frac{13,511}{0,85} = 15,8956 \text{ hp} \approx 3 \text{ hp} \end{aligned}$$

5. Gudang Penyimpanan Na₂SO₄ (F-128)

Fungsi : Menampung hasil samping berupa natrium sulfat

Type : Silinder tegak dengan tutup atas plat dan bawah conis

Dasar pemilihan : umum digunakan untuk menampung padatan

Bahan masuk :

Komponen	Fraksi berat	Berat (kg)	ρ bahan (gr/cc)
			(Perry 7ed, T2-1)
Na ₂ SO ₄	0,9711	7750,8432	2,698
NaCl	0,0163	130,3318	2,163
CaSO ₄	0,0052	41,7463	2,66
MgSO ₄	0,0049	39,1542	2,66
MgCl ₂	0,0024	19,1678	2,32
Total	1,0000	7981,2435	

$$\rho \text{ campuran} = \frac{1}{\sum \frac{\text{Fraksi berat}}{\rho \text{ campuran}}} \times 62,43$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$= \frac{1}{\left(\frac{0,9711}{2,698} + \frac{0,0163}{2,163} + \frac{0,0052}{2,66} + \frac{0,0049}{2,66} + \frac{0,0024}{2,32} \right)} \times 62,43$$

$$= 2,6857 \text{ kg/jam} \times 62,43$$

$$= 167,6690 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{Rate massa} = 7981,2435 \text{ kg/jam}$$

$$= 17595,6089 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Rate Volumetrik} = \frac{\text{Rate massa}}{\rho \text{ campuran}} = \frac{17595,6089}{167,67} = 104,9425 \text{ cuft/jam}$$

$$\text{Volume bahan} = 104,9425 \text{ cuft/jam} \times (7 \text{ hari} \times 24 \text{ jam})$$

$$= 17630,3416 \text{ cuft}$$

Asumsi bahan mengisi gudang 80 %

$$\text{Volume gudang} = \frac{17630,3416}{0,8}$$

$$= 22037,9269 \text{ cuft}$$

$$= 6717,160 \text{ m}^3$$

Menentukan dimensi gudang

$$\text{Volume gudang} = P \times L \times H$$

$$\text{Asumsi : } P = L$$

$$H = 2L$$

maka,

$$\text{Volume gudang} = P \times L \times H$$

$$22037,9269 = L \times L \times 2L$$

$$22037,9269 = 2L^3$$

$$11018,9635 = L^3$$

$$L = 22,2526 \text{ ft}$$

$$H = 44,5051 \text{ ft}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} P &= 22,2526 \text{ ft} \\ \text{Luas area gudang} &= P \times L \\ &= 22,2526 \times 22,2526 \\ &= 495,1770 \text{ ft}^2 \\ &= 1963,8721 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Spesifikasi :

Fungsi : Untuk penyimpanan NaCl (garam) dari supplier
Type : Bangunan berbentuk persegi panjang
Kapasitas : 22037,9269 cuft
Ukuran Gudang : Panjang = 22,2526 ft = 6,6758 m
Lebar = 22,2526 ft = 6,6758 m
Tinggi = 44,5051 ft = 13,3515 m
Bahan konstruksi : Beton
Jumlah : 1 buah

6. Tangki Penyimpanan H₂SO₄ 98% (F-110)

Fungsi : Menampung sulfuric acid dari supplier
Tipe : silinder tegak, tutup bawah datar dan tutup atas dishead.
Dasar pemilihan : umum digunakan pada tekanan atmosferic.
Kondisi Operasi - Tekanan = 1 atm
- Suhu = 30 °C
- Waktu penyimpanan = 7 hari
= 168 jam

Perhitungan :

Komposisi bahan :

Komponen	Fraksi berat	Berat (kg)	ρ bahan (gr/cc)
			(Perry 7ed,T2-1)
H ₂ SO ₄	0,98	5884,09	1,84
H ₂ O	0,02	117,6818	1
Total	1,00	6001,77	



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$1 \text{ kg} = 2,2046 \text{ lb}$$
$$1 \text{ gr/ml} = 62,43 \text{ lb/cuft}$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas Campuran} &= \frac{1}{\text{fraksi berat}} \times 62,43 \\ &= \frac{1}{\frac{0,98}{1,84} + \frac{0,02}{1}} \times 62,43 \\ &= 1,8102 \text{ gr/ml} \times 62,43 \\ &= 113,0099 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Massa} &= 6001,7727 \text{ kg/jam} \\ &= 13231,50801 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik} &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{13231,51}{113,0099} \\ &= 117,0828 \text{ cuft/jam} \end{aligned}$$

Direncanakan penyimpanan untuk 7 hari proses 4 buah tangki sehingga volume tangki adalah

$$\begin{aligned} &= \frac{117,08 \text{ cuft}}{\text{jam}} \times 168 \text{ jam} \\ &= 19669,9060 \text{ cuft} \end{aligned}$$

Asumsi volume bahan (liquid) mengisi 80% volume tangki sehingga volume ruang kosong sebesar 20% dan digunakan 1 buah tangki.

$$\text{Volume Tangki} = \frac{19669,9060}{80\%} = 24587,3825 \text{ cuft} \quad 183913,621$$

Menentukan ukuran tangki tangki dan ketebalannya

$$\text{Dimensi ratio} = \frac{H}{D} = 2 \quad (\text{Ulrich ; T.4-27 : 248})$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Dengan mengabaikan volume dished head.

$$\text{Volume tangki} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$24587,38 \text{ cuft} = \frac{3}{4} \times D^2 \times 2D$$

$$\begin{aligned} 24587,38 \text{ cuft} &= 1,57 \times D^3 \\ D^3 &= 15660,7532 \text{ ft} \\ D &= 25,0191 \text{ ft} \\ &= 300,2286 \text{ in} \\ &= 7,6258 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H = 2D &= 50,0381 \text{ ft} \\ &= 600,4573 \text{ in} \\ &= 15,252 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi Cairan dalam tangki :

$$\text{Volume feed} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$19669,9060 = \frac{3}{4} \times 625,953 \times H$$

$$H = 40,0305 \text{ ft}$$

Penentuan tebal shell :

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

dengan :

$$t_{\min} = \text{tebal shell minimum} \quad ; \text{ in}$$

$$P = \text{tekanan tangki} \quad ; \text{ psi}$$

$$r_i = \text{jari-jari tangki} \quad ; \text{ in (1/2 D)}$$

$$C = \text{faktor korosi} \quad ; \text{ in (digunakan 1/8 in)}$$

$$E = \text{faktor pengelasan, digunakan double welded} \quad E = 1$$

$$f = \text{stress allowable, bahan konstruksi stainless steel 316}$$

$$f = 36000 \text{ psi} \quad [\text{Perry 7}^{\text{ed}}, \text{T.28-11}]$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\text{Asumsi volume feed} = 80\%$$

$$\begin{aligned} P \text{ operasi} &= 1 \text{ atm} \\ &= 14,7 \text{ lb/in}^2 (\text{psi}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ hidrostatik} &= \rho \times g \times h \\ &= 113,0099 \times 1 \times 40,0305 \\ &= 4523,8397 \text{ lb/ft}^2 \\ &= 31,4156 \text{ lb/in}^2 \end{aligned}$$

P Design 10% lebih besar untuk faktor keamanan

$$\begin{aligned} P \text{ design} &= (P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik}) \times 110\% \\ &= 14,7 + 31,4156 \times 110\% \\ &= 50,7 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_i &= 0,5 \times D \\ &= 0,5 \times 300,2286 \\ &= 150,1143 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{\min} &= \frac{P \times r_i}{fE - 0,6P} + C \\ &= \frac{50,7271 \text{ psi} \times 150 \text{ in}}{28800 \text{ ps} - 30,4 \text{ psi}} + 1/8 \\ &= 0,3897 \text{ in} \end{aligned}$$

maka digunakan tebal shell = 1/4 in

Untuk tebal tutup atas, karena tekanan atmosferic, maka tebal tutup atas disamakan dengan tebal shell, maka tebal tutup atas = 1/4 in

Dimensi Tutup Atas :

Tutup atas berbentuk standart dished head

$$\begin{aligned} OD &= D + 2 t_s \\ &= 300,2 \text{ in} + 1/2 \text{ in} = 300,73 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_c &= 150,4 \text{ in} [\text{Brownell \& Young, T.5-7}] \\ &= 25 \text{ ft} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Tebal standart toripherical dished (atas) :

$$t_h = \frac{0,885 \times P \times rc}{f_e - 0,1P} + C$$

dengan :

t_h = tebal shell minimum ; in

P = tekanan tangki ; psi

rc = crown radius ; in [Brownell and Young, T-5.7]

C = faktor korosi ; in (digunakan 1/8 in)

E = faktor pengelasan, digunakan double welded E = 1

f = stress allowable, bahan konstruksi stainless steel 316

$$f = 36000 \text{ psi} \quad \text{[Brownell, T.13-1]}$$

P design = 50,7 psi

$$t_h = \frac{0,885 \times P \times rc}{f_e - 0,1P} + C$$

$$= \frac{0,885 \times 50,7 \times 150,364323}{28800 - 5,0727} + 0,125$$

$$= 0,3594 \text{ in digunakan } t = 1/4 \text{ in}$$

$$h = rc - \sqrt{rc^2 - \frac{D^2}{4}} \quad \text{[Hesse, 92]}$$

$$= 3,345 \text{ ft}$$

Spesifikasi :

Kapasitas : 19669,9060 cuft

Diameter shell, inside : 25,0191 ft

Tinggi Shell : 50,0381 ft

Tebal Shell : 1/4 in

Tebal tutup (dished) : 1/4 in

Bahan konstruksi : stainless steel 316

Jumlah : 1 buah



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

7. Pompa-1 (L-121)

Fungsi : Mengalirkan H₂SO₄ ke Tangki Pengencer H₂SO₄

Type : Centrifugal Pump

Dasar Pemilihan : sesuai untuk viskositas rendah, tidak mengandung solid.

Bahan Masuk = 6001,77 kg/jam = 13231,6280 lb/jam

r Campuran = 3,9895 lb/cuft

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= (\text{rate volometrik cuft/mt})/(\text{area pipa } [ft]^2) \times 1/(60 \text{ detik/men}) \\ &= 3316,632 \text{ cuft/jam} \\ &= 55,277 \text{ cuft/min} = 413,50 \text{ gpm} \\ &= 0,9213 \text{ cuft/dtk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{sg bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{3,989}{62,430} \\ &= 0,064 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan:

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{0,06}{1} \times 0,95 \\ &= 0,0607 \text{ Cp (berdasarkan sg bahan)} \\ &= 0,0081 \text{ lb/ft s} \end{aligned}$$

Perhitungan diameter pipa

Diameter optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$, digunakan persamaan :

$$\text{Diameter Optimum} = 3,900 \times qf^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

(Peters&Timmerhaus,4ed,pers 45)

$$\begin{aligned} \text{dengan : } qf &= \text{fluid flow rate} = \text{Rate Volumetrik} \\ &= 3316,6318 \text{ cuft/jam} \\ &= 0,9213 \text{ cuft/s} \end{aligned}$$

ρ = fluid density ; lb/cuft

$$\begin{aligned} \text{Diameter Optimum} &= 3,900 \times 0,9213^{0,45} \times 3,9895^{0,13} \\ &= 4,4995 \text{ in} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Dipilih pipa 3/8 , sch 40 (McCabbe 5ed App.5, hal.1087)

$$OD = 0,675 \text{ in}$$

$$ID = 0,423 \text{ in} = 0,035 \text{ ft} = 0,011 \text{ m}$$

$$A = 0,0010 \text{ ft}^2$$

Cek :

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan linier (v)} &= qf/A \\ &= 0,921 / 0,0010 \\ &= 944,51 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{D v \rho}{\mu} = \frac{0,04 \times 945 \times 3,989}{0,00812} \\ &= 16366,9 > 2100 \quad (\text{asumsi benar}) \end{aligned}$$

Menentukan jumlah energi yang hilang :

1. Karena pipa lurus

$$\text{Ditetapkan : panjang pipa lurus} = 50 \text{ ft}$$

Dari Geankoplis 5ed Fig. 2.10-3 hal 88, didapat data :

$$\text{Dipilih bahan pipa Galvanized Iron} = 0,00015$$

$$\text{maka harga } e/D = 0,004$$

$$f = 0,008$$

2. Karena friksi (Geankoplis T. 2.10-1 hal 93)

$$\text{Taksiran panjang pipa lurus} = 50 \text{ ft}$$

$$- 3 \text{ elbow } 90^\circ = 3 \times 35 \times 0,035 = 4 \text{ ft}$$

$$- 1 \text{ gate valve} = 1 \times 9 \times 0,035 = \underline{0,32 \text{ ft}}$$

$$\text{Panjang total pipa ; } L_e = 54 \text{ ft}$$

a. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \quad (\text{Peters\&Timmerhaus, hal.484})$$

$$= \frac{2 \times 0,008 \times 944,51^2 \times 54}{32,2 \times 0,035}$$

$$= 679299,4 \frac{\text{ft}^2 \text{ lbf}}{\text{lbfm s}^2}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad \longrightarrow \quad K = 0,5 \quad A_{\text{tangki}} > A_{\text{pipa}}$$

$$\alpha = 1 \quad (\text{Aliran Turbulen})$$

(Peters&Timmerhaus, hal.484)

$$= \frac{0,5 \times 944,51^{2,0}}{2 \times 1 \times 32,20}$$

$$= 6926,2450 \quad \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{\Delta v_2^2 - \Delta v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (V_1 \lll V_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0)$$

(Peters&Timmerhaus, hal.484)

$$= \frac{944,51^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,20} = 13852,49 \quad \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

4. Friksi karena Elbow 90 **(Geankoplis 2.10-17 hal 94)**

$$F_4 = \frac{K_f v_1^2}{2} = \frac{0,750 \times 892100,35}{2} = 334537,6 \quad \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

5. Friksi karena gate valve **(Geankoplis 2.10-17 hal 94)**

$$F_5 = \frac{K_f v_1^2}{2} = \frac{0,170 \times 892100,35}{2} = 75828,53 \quad \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$$

$$= 679299,4 + 6926,245 + 13852,49 + 334537,6 + 75828,53$$

$$= 1110444,28 \quad \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

$P_1 = P$ hidrostatik

Tinggi bahan = 40,0305 ft

ρ bahan = 3,989 lb/cuft

P hidrostatik = $\rho \cdot H$

$$= 3,9895 \times 40,0305$$

$$= 159,7007 \quad \text{lb/ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ ps} = 14,7 \times 144$$

$$= 2116,800 \quad \text{lbf / ft}^2$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned}\Delta P &= P_2 - P_1 \\ &= 1957,099 \text{ lbf / ft}^2; \\ \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{1957,099 \text{ lbf / ft}^2}{3,9895 \text{ lbm /cuft}} = 490,565 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}\end{aligned}$$

$$Z_2 = 9,964 \text{ ft}$$

$$Z_1 = 32,024 \text{ ft}$$

$$g/gc = 1,00 \text{ lbf/lbm}$$

$$g \text{ percepatan gravitasi} = 32,2 \text{ ft/dt}^2$$

$$gc \text{ konstanta gravitasi} = 32,2 \text{ ft/dt}^2 \times 1 \text{ lb}_m/\text{lb}_f$$

$$\begin{aligned}\frac{\Delta Z}{gc} &= -22,06 \times \frac{32,2 \text{ ft t/dt}^2}{32,2 \text{ ft.lbm/dt}^2.\text{lb}_f} \\ &= -22,060 \frac{\text{ft} \cdot \text{Lbf}}{\text{lbm}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\Delta v^2}{2 \times gc \times \alpha} &= \frac{944,511}{2 \times 32,2 \times 1} \\ &= 13852,49 \frac{\text{ft} \cdot \text{Lbf}}{\text{lbm}}\end{aligned}$$

Perhitungan daya pompa

Persamaan Bernouilly :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{\Delta Z}{gc} + \frac{\Delta v^2}{2\alpha \times gc} + \Sigma F = - Wf$$

$$\begin{aligned}490,565 + -22,060 + 13852,490 + 1110444,28 &= - Wf \\ - Wf &= 1124765,275 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}\end{aligned}$$

$$hp = \frac{- Wf \times \text{flowrate (cuft/s)} \times \rho}{550}$$

$$\begin{aligned}hp &= \frac{1124765 \times 0,9213 \times 3,989}{550} \\ &= 7516,4019\end{aligned}$$

$$\text{Kapasitas} = 413,50 \text{ cuft/menit} \times 7,481 = 3093,401 \text{ gpm}$$

$$\text{Effisiensi pompa} = 20\% \quad (\text{Peters\&Timmerhaus fig. 14-36})$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

$$\text{Bhp} = \frac{\text{hp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{7516,4}{0,200} = 37582,009 \text{ hp}$$

$$\text{Effisiensi motor} = 80\% \text{ (Peters fig 14-38)}$$

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\text{h motor}} = \frac{37582}{0,800} = 46978 \text{ hp} \approx 2 \text{ hp}$$

Spesifikasi pompa :

- Fungsi : Mengalirkan asam sulfat 98% dari Tangki Penampung ke Tangki pengencer
Tipe : Centrifugal pump
Kapasitas : 6001,77 kg/jam
Bhp : 37582,01 hp
Effisiensi Pompa : 20%
Effisiensi Motor : 80%
Power Motor : 2 hp
Jumlah : 1 pompa
Bahan konstruksi : Galvanized Iron

8. Tangki Pengencer H₂SO₄ 77,67% (M-130)

- Fungsi : Mengencerkan Asam Sulfat 98% menjadi larutan asam sulfat 77.67% kemudian dialirkan ke Mannheim Furnace.
Bejana : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berupa standard dished dilengkapi dengan pengaduk dan tangki dengan sistem batch.

Dari Neraca Massa :

Bahan Masuk :

Komponen	Fraksi Berat	Berat (kg)	r (gr/cc)
			Perry 7ed, T.2-1
H ₂ SO ₄	0,980392157	5884,0908	1,834
H ₂ O	0,019607843	117,6818	1
Total	1	6001,7727	

$$\text{Rate Massa} : 6001,773 \text{ kg/jam} \quad 13231,6280 \text{ lb/jam}$$

$$r \text{ Camp.} = 112,6544 \quad ; \text{ sg bahan} = 1,8 \quad ; \mu \text{ bahan} = 1,62 \text{ cp}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-283 grade C (f = 12650)
Asumsi : Volume Bahan = 80% Volume tangki
H/D = 2
Faktor Korosi : 1/8 in = 0,125 in

Perhitungan Dimensi Tangki :

a. Diameter Shell :

$$\begin{aligned}r \text{ Campuran} &= 112,654 \text{ lb/cuft} \\ \text{volume bahan} &= \frac{13231,6280}{112,654} \times 1 \\ &= 117,4533 \text{ ft}^3 \\ \text{volume tangki} &= \frac{117,4533}{80\%} \\ &= 146,8166 \text{ ft}^3 \quad 1098,18821 \\ \text{Volume tangki} &= (2 \times \text{Volume tutup}) + \text{Volume Shell} \\ 146,8166 &= 2 \times 0,0049 + (3,14/4 \times D^2 \times H) \\ 146,8166 &= 1,1873 D^3 \\ D^3 &= 123,6559 \\ D &= 5 \text{ ft} = 60 \text{ in} \quad r = 30 \\ H &= 10 \text{ ft} = 120 \text{ in}\end{aligned}$$

b. Tebal Silinder (Shell)

Tinggi liquid dalam tangki (Hl) :

$$\begin{aligned}\text{Volume Bahan} &= (3,14 / 4 \times D^2 \times Hl) \\ 117,4533 &= 3,14 \times 4,9820135^2 \times Hl / 4 \\ Hl &= 6 \text{ ft}\end{aligned}$$

Menentukan Tekanan Design (Pd)

$$\begin{aligned}\text{Tekanan Operasi} &= 14,7 \\ \text{Tekanan Hidrostatik} &= Ph = \rho (Hl - 1) / 144 \\ &= \frac{112,654 \times 5,0282}{144} \\ &= 3,9337 \text{ psi}\end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Pada umumnya, Tekanan Design (Pd) = 1 - 1,2 tekanan operasi

Disini diambil :

$$\begin{aligned}\text{Tekanan design} &= Pd \\ &= 1.05 (P.\text{Operasi atas} + Ph) \\ &= 1,05 \times 14,7 + 3,9337 \\ &= 20 \text{ psi}\end{aligned}$$

persamaan (13-1) Brownell & Young :

Dipilih sambungan las double welded butt joint, = 1

$$\begin{aligned}t_s &= (Pd \times r_i) / (f \times E - 0,6 \times Pd) + C \\ &= \frac{19,5653 \times 29,8921}{12650 \times 0,8 - 0,6 \times 19,5653} + 0,125 \\ &= 0,1829 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih tebal standar : 3/16 in

c. Perhitungan Tebal Tutup Atas dan Tutup Bawah

Dipilih sambungan las double welded butt joint = 1

$$R_c = t_b = (0,885 \times Pd \times R_c) / ((f \times E) - 0,1 \times Pd) + C$$

$$R_c = 60,2842 \text{ in}$$

$$t_b = \frac{0,885 \times 19,57 \times 60,2842}{12650 \times 0,8 - 0,1 \times 19,5653} + 0,125$$

$$t_b = 0,2282 \text{ in}$$

Diambil tebal standar : 3/16 in

Perhitungan Tinggi Tutup Atas :

$$\begin{aligned}\text{dimana : } R_c &= ID = 59,7842 \text{ in} \\ icr &= 6\% R_c = 3,5870 \text{ in} \\ BC &= R_c - icr = 59,7842 - 3,5870 \\ &= 56,1971 \text{ in} \\ &= 4,683 \text{ ft}\end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} AB &= r_i - i_{cr} = 29,8921 - 3,5870 \\ &= 26,3050 \text{ in} \\ &= 2,1921 \text{ ft} \end{aligned}$$

Tinggi head :

$$\begin{aligned} b &= R_c - (BC^2 - AB^2)^{1/2} \\ &= 59,7842 - \sqrt{56,1971 - 26,3050} \\ &= 10,1237 \text{ in} \\ &= 0,8436 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$S_f = 2 \text{ in} \quad \text{(Brownell tabel 5.8)}$$

$$\begin{aligned} OA &= t_b + b + S_f \\ &= 3/16 + 10,124 + 2 \\ &= 12,6237 \text{ in} = 1,0520 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi tutup atas} = \text{Tinggi tutup bawah} = OA$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi total tangki} &= \text{tinggi shell (H)} + (2 \times OA) \\ &= 119,5683 + 2 \times 12,6237 \\ &= 144,816 \text{ in} \\ &= 12 \text{ ft} \end{aligned}$$

SISTEM PENGADUKAN

Dipilih jenis pengaduk Turbin dengan 6 buah flat blade

Ketentuan : **(Geankoplis, T.3.4-1 hal.144)**

$$D_a / D_t = 1/3 \quad W / D_a = 1/5$$

$$C / D_t = 1 \quad J / D_t = 1/12$$

$$L / D_a = 1/4 \quad H / D_t = 1$$

dimana :

$$D_t = \text{Diameter tangki} = 4,9820 \text{ ft}$$

$$D_a = \text{Diameter impeler} = D_t / 3 = 1,6607 \text{ ft}$$

$$W = \text{Lebar blade} = D_a / 5 = 0,3321 \text{ ft}$$

$$L = \text{Panjang blade} = D_a / 4 = 0,4152 \text{ ft}$$

$$J = \text{Lebar baffle} = D_t / 12 = 0,4152 \text{ ft}$$

$$E = \text{Tinggi impeler dari dasar tangki} = 1,6607 \text{ ft}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Data - Data

$$\begin{aligned}\rho \text{ campuran} &= 112,65 \text{ lb/ft}^3 \\ \mu \text{ campuran} &= 1,7143 \text{ Cp} = 0,22916414 \text{ lb/ft}\cdot\text{dt} \\ N \text{ ditetapkan} &= 120 \text{ rpm} = 6000 \text{ rph} = 1,667 \text{ rps} \\ V &= \pi \cdot Da \cdot N \quad (\text{Da dalam meter}) \\ &= 3,14 \times 1,3771 \times 120 = 518,8724 \text{ m/min} \\ Ne &= \frac{\rho \cdot Da^2 \cdot N}{\mu} = \frac{112,65 \times 2,7578 \times 2}{0,229164} \\ Nre &= 2259,978761 \quad (\text{aliran turb} > 4000)\end{aligned}$$

Perhitungan power pengaduk yang dibutuhkan :

Diperoleh nilai $Nre > 10000$, sehingga $Np = KT$

$$KT = Np = 6,3 \quad (\text{Ludwig, vol-1 T.5-1, hal 301})$$

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

$$\begin{aligned}P &= \frac{6,3 \times 2^3 \times 1,6607^5 \times 112,65}{32,2} \\ &= 1289,6084 \text{ ft}\cdot\text{lbf/s} = \frac{1289,6084}{550} \\ &= 2,3447 \text{ Hp} = 1 \text{ Hp}\end{aligned}$$

(Joshi, 424)

$$\begin{aligned}\text{Power Losses pada Gland } 10\% \text{ hp} &= 0,1 \times 2,3447 \\ &= 0,23447 \text{ hp}\end{aligned}$$

$$\text{Diambil power} = 0,2 \text{ hp}$$

$$\begin{aligned}\text{Power input dengan gland losses} &= 2,3447 + 0,23447 \\ &= 2,5792 \text{ hp}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Transmission sistem losses } 20\% &= 0,2 \times 2,5792 \\ &= 0,5158 \text{ hp}\end{aligned}$$

$$\text{Power Total} = 2,5792 + 0,5158 = 3,0951 \text{ hp}$$

$$\begin{aligned}\text{Karena jumlah pengaduk } 3 \text{ buah, maka power} &= 3 \times 3,0951 \\ &= 9,2852 \text{ hp}\end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Efisiensi motor = 0,85

Sehingga power motor = $\frac{9,2852}{0,85} = 10,9237 \text{ hp} \approx 2 \text{ hp}$

Spesifikasi Alat :

Nama Alat : Tangki Pengencer

Bejana : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah torispherical dished head dilengkapi dengan pengaduk.

Fungsi : Untuk mengencerkan asam sulfat hingga 77,67%

Kapasitas : 146,8166 ft³

Ukuran : Diameter tangki (ID) : 4,9820 ft
: 59,7842 in
Tinggi shell : 9,9640 ft
: 119,5683 in
Tutup atas : 12,6237 in
: 1,0520 ft
Tutup bawah : 12,6237 in
: 1,0520 ft
Tebal shell : 3/16 in
Tebal tutup atas : 3/16 in
Tebal tutup bawah : 3/16 in

Sistem Pengadukan :

Turbin dengan 6 buah flat blade

Jumlah impeller : 3 buah

Diameter impeller : 1,661 ft

Lebar blade : 0,332 ft

Panjang blade : 0,415 ft

Putaran : 120 rpm

Power motor : 2 hp

Lebar baffle : 0,415 ft

Jarak impeller dari dasar : 1,661 ft



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

9. Pompa-2 (L-131)

Fungsi : Mengalirkan H₂SO₄ 77,67% ke Furnace

Type : Centrifugal Pump

Dasar Pemilihan : sesuai untuk viskositas rendah, tidak mengandung solid.

Bahan Masuk :

Komponen	Berat(kg/jam)	Fraksi berat	ρ (gr/ml)
H ₂ SO ₄ 77,67%	5884,0908	0,7767	1,8340
H ₂ O	1691,6666	0,2233	1
	7575,7575	1	

(Perry 7 ed. T. 2-1)

1 gr/m = 62 lb/cuft

$$\rho \text{ campuran} = \frac{1}{\sum \frac{\text{Fraksi berat}}{\rho \text{ campuran}}} \times 62,43$$

$$\rho \text{ campuran} = \frac{1}{\frac{0,8}{1,83} + \frac{1,0}{1}} \times 62,43$$

$$= 43,8567 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{sg bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}}$$

$$= \frac{43,857}{62,430}$$

$$= 0,702$$

μ berdasarkan sg bahan:

$$\mu \text{ bahan} = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference}$$

$$= \frac{0,7025}{1} \times 0,95$$

$$= 0,6674 \text{ Cp (berdasarkan sg bahan)}$$

$$= 0,08921 \text{ lb s/ft}^2$$

$$\text{Bahan Masuk} = 7575,7575 \text{ kg/jam} = 16704,5453 \text{ lb/jam}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned}\text{Rate Volumetrik} &= \frac{\text{rate massa}}{\text{densitas}} \\ &= 380,8895 \text{ cuft/jam} \\ &= 6,3482 \text{ cuft/min} \\ &= 0,1058 \text{ cuft/s} \\ &= 47,4906 \text{ gpm}\end{aligned}$$

Perhitungan diameter pipa

Diameter optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$, digunakan persamaan :

$$\text{Diameter Optimum} = 3,900 \times qf^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

(Peters&Timmerhaus,4ed,pers 45)

$$\begin{aligned}\text{dengan : } qf &= \text{fluid flow rate} = \text{Rate Volumetrik} \\ &= 380,8895 \text{ cuft/jam} \\ &= 0,1058 \text{ cuft/s S}\end{aligned}$$

$$\rho = \text{fluid densit; lb/cuft}$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter Optimum} &= 3,900 \times 0,1058^{0,45} \times 43,857^{0,130} \\ &= 2,3203 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih pipa : 1/2 , sch 40 (McCabbe 5ed App.5, hal.1087)

$$\text{OD} = 0,840 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 0,622 \text{ in} = 0,0518 \text{ ft} = 0,0158 \text{ m}$$

$$\text{A} = 0,0021 \text{ ft}^2$$

Cek :

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan linier (v)} &= qf/A \\ &= 0,106 / 0,0021 \\ &= 50,166 \text{ ft/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{Re} &= \frac{D v \rho}{\mu} = \frac{0,05 \times 50,2 \times 43,8567}{0,089214252} \\ &= 1278 > 2100 \text{ (asumsi benar)}\end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Menentukan jumlah energi yang hilang :

1. Karena pipa lurus

Ditetapkan : panjang pipa lurus = 20 ft

Dari Geankoplis 5ed Fig. 2.10-3 hal 88, didapat data :

Dipilih bahan pipa Galvanized Iron = 0,00015

maka harga e/D = 0,002894

f = 0,008

2. Karena friksi (Geankoplis T. 2.10-1 hal 93)

Taksiran panjang pipa lurus = 20 ft

- 2 elbow 90° = 2 x 35 x 0,052 = 4 ft

- 1 gate valve = 1 x 9 x 0,052 = 0,47 ft

Panjang total pipa ; Le = 24 ft

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Peters\&Timmerhaus, hal.484})$$

$$= \frac{2 \times 0,008 \times 50,166^2 \times 24}{32,2 \times 0,052}$$

$$= 581,2941 \frac{\text{ft}^2 \text{ lbf}}{\text{lbm s}^2}$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad \longrightarrow \quad K = 0,5 \quad A_{\text{tangki}} > A_{\text{pipa}}$$

$\alpha = 1$ (Aliran Turbulen)

(Peters&Timmerhaus, hal.484)

$$= \frac{0,5 \times 50,166^2}{2 \times 1 \times 32,20}$$

$$= 19,5389 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{\Delta v_2^2 - \Delta v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (V_1 \ll V_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0)$$

(Peters&Timmerhaus, hal.484)

$$= \frac{50,166^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,20} = 39,078 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

4. Friksi karena Elbow 90 **(Geankoplis 2.10-17 hal 94)**

$$F_4 = \frac{K_f v_1^2}{2} = \frac{0,750 \times 2516,6}{2} = 943,7312 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

5. Friksi karena gate valve **(Geankoplis 2.10-17 hal 94)**

$$F_5 = \frac{K_f v_1^2}{2} = \frac{0,170 \times 2516,6}{2} = 213,9124 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$$

$$= 581,2941 + 19,5389 + 39,07790 + 943,7312 + 213,912$$

$$= 1797,5546 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

$$P_1 = P \text{ hidrostatik}$$

$$\text{Tinggi bahan} = 6,028 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 43,857 \text{ lb/cuft}$$

$$\begin{aligned} P \text{ hidrostatik} &= \rho \cdot H \\ &= 43,857 \times 6,028 \\ &= 264,376 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 = 1 \text{ atm} &= 14,7 \text{ ps} = 14,7 \times 144 \\ &= 2116,800 \text{ lbf / ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_2 - P_1 \\ &= 1852,424 \text{ lbf / ft}^2; \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{1852,424 \text{ lbf / ft}^2}{43,857 \text{ lbm / cuft}} = 42,2381 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

$$Z_2 = 7,0000 \text{ ft}$$

$$Z_1 = 9,9640 \text{ ft}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned}g/gc &= 1,000 \text{ lbf/lbm} \\g \text{ percepatan gravitasi} &= 32,2 \text{ ft/dt}^2 \\gc \text{ konstanta gravitasi} &= 32,2 \text{ ft/dt}^2 \times 1 \text{ lb}_m/\text{lb}_f\end{aligned}$$

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = -2,964 \times \frac{32,200 \text{ ft t/dt}^2}{32,200 \text{ ft.lb}_m/\text{dt}^2 \cdot \text{lb}_f}$$

$$= -2,964 \frac{\text{ft} \cdot \text{Lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\begin{aligned}\frac{\Delta v^2}{2 \times gc \times \alpha} &= \frac{50,166}{2 \times 32 \times 1} \\&= 39,0779 \frac{\text{ft} \cdot \text{Lbf}}{\text{lbm}}\end{aligned}$$

Perhitungan daya pompa

Persamaan Bernouilly :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta v^2}{2\alpha \times gc} + \Sigma F = - Wf$$

$$\begin{aligned}42,238 + -2,964 + 39,078 + 1797,555 &= - Wf \\- Wf &= 1875,9066 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}\end{aligned}$$

$$hp = \frac{- Wf \times \text{flowrate (cuft/s)} \times \rho}{550}$$

$$hp = \frac{1875,907 \times 0,1058 \times 43,857}{550}$$

$$= 15,8263 \text{ hp}$$

$$\text{Kapasitas} = 6,3482 \text{ cuft/menit} \times 7,481 = 47,4906 \text{ gpm}$$

$$\text{Effisiensi pompa} = 0,200 \quad (\text{Peters\&Timmerhaus fig. 14-36})$$

$$\text{Bhp} = \frac{hp}{\eta \text{ pompa}} = \frac{15,826}{0,200} = 79,132 \text{ hp}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Effisiensi motor = 80% (Peters fig 14-38)

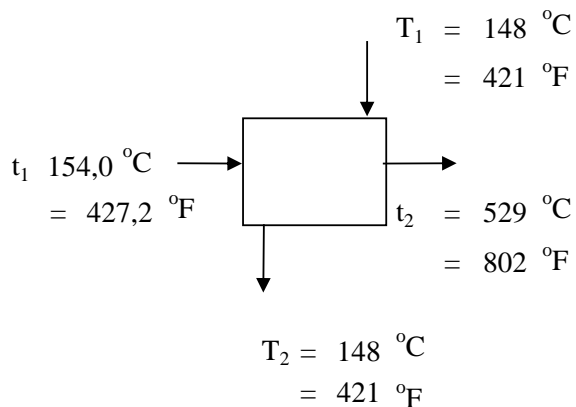
$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\text{h motor}} = \frac{79,13}{0,800} = 98,91 \text{ hp} = 1 \text{ hp}$$

Spesifikasi pompa :

Fungsi : Mengalirkan asam sulfat 77.67% dari Tangki Pengencer ke furnace
Tipe : Centrifugal pump
Kapasitas : 7575,7575 kg/jam
Bhp : 79,132 hp
Effisiensi Pompa : 20%
Effisiensi Motor : 80%
Power Motor : 1,0 hp
Jumlah : 1 pompa
Bahan konstruksi : Galvanized Iron

10. Preheater

Fung: : Memanaskan H₂SO₄ menuju manheim furnace
Type : 1-2 shell and tube Heat Exchanger (Fixed Tube)
Dasar Pemili : Umum digunakan dan mempunyai range perpindahan panas yang tinggi
Kondisi Oper : - Tekanar = 1 atm
- Suhu = 154 °C





Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Perhitungan :

1. Data dari neraca Massa dan neraca panas diperoleh :

$$\begin{aligned}\text{Berat Bahan} &= 5884,1 \text{ kg/jam} \\ &= 12972,2 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

Panas yang dibutuhkan;

$$\begin{aligned}Q &= 455864,9 \text{ kkal/jam} \\ &= 1807960,1 \text{ Btu/jam}\end{aligned}$$

Steam yang digunakan :

$$\begin{aligned}W_{\text{steam}} &= 1393740 \text{ kg/jam} \\ &= 3072666 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

2. Penentuan ΔT_{LMTD}

hot fluida	cold flu	diff.
421 higher ten	802	381
421 lower tem	427,2	6
0,00	375	375

$$\Delta t \text{ LMTD} = \frac{\Delta t - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}}$$

$$\Delta t \text{ LMTD} = \frac{6 - 381}{\ln \frac{6}{381}} = 90,265 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = \frac{421,15 - 421,15}{802 - 427,15} = 0$$

Ketika $R = 0$ maka $\Delta T = \Delta t \text{ LMTD}$ (Kern 5.14 :167)

$\Delta T = \Delta t \text{ LMTD}$ (untuk 1-2 shell and tube)

$$= 90,2653 \text{ } ^\circ\text{F}$$

3. T_c dan t_c

$T_c = T_{\text{av steam}}$

$$T_c = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{421 + 421}{2} = 421 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$t_c = t_{\text{av bahan}}$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$t_c = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{427 + 802}{2} = 614 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\mu = 0,014 \text{ lb/jam.ft Steam} \quad [\text{Kern, Figure 15 page 825}]$$

$$\mu = 0,03 \text{ lb/jam.ft Udara} \quad [\text{Kern, Figure 14 page 823}]$$

Dipilih tipe : 1-2 Heat Exchanger

Digunakan Shell and Tube dengan ukuran

$$\text{OD} = 3/4 \text{ in} \quad [\text{Kern Tabel 10}]$$

$$\text{BWG} = \#$$

$$\text{Panjang}' = 6 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 0,532 \text{ in}$$

$$a''t = 0,223 \text{ in}^2$$

$$a'' = 0,196 \text{ ft}^2/\text{ft panjang}$$

$$\text{Harga UI} = 5 - \# \text{ Btu/jam ft } ^\circ\text{F} \quad [\text{Kern, Tabel 8}]$$

$$\text{Dipilih } U = \# \text{ Btu/jam ft } ^\circ\text{F}$$

$$A = Q/UD \times \Delta T$$

$$= \frac{1807960,098}{30 \times 90,3}$$

$$= 667,6 \text{ ft}^2$$

Menghitung jumlah tube

$$N_t = \frac{A}{L \cdot a''} = \frac{667,647}{0,196 \times 6} = 566,86 \text{ buah}$$

Berdasarkan Tabel 9 Kern 1950 diperoleh :

$$N_t = 432 \text{ buah}$$

$$\text{OD } t = 3/4 \text{ in}$$

$$\text{ID } S_t = 27 \text{ in}$$

$$\text{Phase} = 4$$

$$\text{pitch} = 1 \text{ in, square pitch}$$

Koreksi UD



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned}
 A &= N_t \times L \times a'' \\
 &= 567 \times 6 \times 0,1963 \\
 &= 667,647
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UD &= \frac{Q}{A \times \Delta t} \\
 &= \frac{1807960,0982}{667,65 \times 90,3} \\
 &= 30,00000
 \end{aligned}$$

Fluida panas (steam) : tube side	Fluida dingin (udara) : shell side
$4. = 0,223 \text{ in}^2$ [Tabel 10, Kern] $at = N_t \times at' / 144 \times n$ $= \frac{567 \times 0,223}{144 \times 1}$ $= 18203 \text{ ft}^2$	$4'. B = ID / 5$ $= \frac{27}{5}$ $= 5,4 \text{ in}$ $C = Pt - OD$ $= 1 - 3/4$ $= 1/4$ $as = ID \times C' B / 144 P_T$ $= \frac{27 \times 0,25 \times 5,4}{144 \times 1}$ $= 5248,8$
$5. = W / at$ $= \frac{3072666,1}{18203}$ $= 168,8001 \text{ lb/j.ft}^2$	$5'. G_s = W / as$ $= \frac{3072666,1}{5248,80}$ $= 585,4035 \text{ lb/j ft}^2$
$6. \text{ Pada } T = 421 \text{ } ^\circ\text{F}$ $\mu = 0,014 \times 2,42$ $= 0,034 \text{ lb/j ft}$ $D = \frac{0,532}{12}$ $= 0,044 \text{ ft}$	$6'. \text{ Pada } t = 614 \text{ } ^\circ\text{F}$ $\mu = 0,03 \times 2,42$ $= 0,06 \text{ lb/j ft}$ $De = \frac{1}{12} \quad (\text{Kern , F 28})$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$Re_t = D \times Gt / \mu$ $= \frac{0,044 \times 168,8}{0,03388}$ $= 220,8817$	$= 0,079 \text{ ft}$
	$Re = De \times Gs / \mu$ $= \frac{0,079 \times 585,404}{0,0605}$ $= 766,024$
	$7'. J_H = 210 \text{ (Kern fig 28 ; 838)}$
	$k = 0,02 \text{ Btu/(hr)(Kern T.5 ; 801)}$ $= (c \times \mu / k)^{1/3}$ $= \left \frac{1 \times 0,06}{0,01723} \right ^{(1/3)} = 1,49$
<p>9. Hio untuk steam</p> $Hi = 1500 \text{ Btu/j ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$ <p>(Kern; 164)</p>	$9'. \underline{ho} = J_H \times (k/De) \times (c \times \mu / k)^{1/3}$ φ_s $= 68,263 \text{ Btu/hr.ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$
<p>10. tw</p> $tw = tc + \frac{hio}{hi0+h0} (Tc - tc)$ $= \# + \frac{1500}{1500 + 40,7}$ $\times 614 - 421$	<p>10 Saat t 293 $^\circ\text{F}$</p> $\mu v = 1 \text{ (standart)}$ $\varphi_s = (\mu/\mu_w)^{0,14}$ $= 0,60$
$tw = 802,6 \text{ } ^\circ\text{F}$	<p>11 koreksi koefisien ho</p> $ho = \frac{ho}{\varphi_s}$ $= 40,728$

$$10. U = \frac{hio \times ho}{hio + ho}$$

$$= \frac{1500 \times 40,728}{1500 + 40,728}$$

$$= 39,6518 \text{ BTU/j ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} 11. U_D &= Q / (A \times \Delta t \text{ LMTD}) \\ &= \frac{1807960,098}{667,6469 \times 90,265} \\ &= 30,000 \text{ BTU/j ft}^2 \text{ F} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_d \text{ hi} &= U_C - U_D / U_C \times U_D \\ &= \frac{39,6518 - 30,000}{39,6518 \times 30,000} \\ &= 0,0081 \text{ j ft}^2 \text{ F/BTU} \end{aligned}$$

Rd perhitungan > Rd data (Kern ; T 12)

$$0,0081 > 0,002$$

maka dari segi faktor kekotoran memenuhi syarat

Spesifikasi :

Fungsi : Memanaskan udara menuju rotary dryer

Type : Shell and tube, 1-2 exchanger (Fixed tube)

Dasar pe : Umum digunakan dan mempunyai range perpindahan panas yang tinggi

Shell side

ID : 27,00 in
B : 5,40 in
n : 4 passes

Tube side

Nt : 432 buah
L : 6 ft
OD : 3/4 in
BWG : 12
n : 4 passes
Pitch : Square pitch 1"

Faktor pengotor

Rd required : 0,002
Rd calculated : 0,008
Heat exch, area : 667,65 ft²
Bahan konstruk : Carbon Steel
Jumlah : 1 buah



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

11. Silika Tower (D-230)

Fungsi : Menyerap panas dari bahan dan konversi gas SO₃
dan umpan masuk ke coke tower

Type : Packed Tower dengan silika dilengkapi jaket.

Dasar pemilihan : Silika efisien untuk menyerap bahan.

Perhitungan :

Perhitungan shell dan tutup

Feed Masuk :

Komponen	Berat (kg)	Fraksi Berat	BM
HCl	3984,5884	0,6211	36,5
H ₂ O	436,6672	0,0681	18
SO ₃	1994,5557	0,3109	80
	6415,8113	1	

BM Campuran : $\sum M_i \times X_i =$

BM Campuran : 48,7642 » 48,764

$\rho_{\text{campur pada } P=}$ 1 atm, T = 350 °C = 1121,67 R

$[(Udara)]_{\text{standart}}=$ 1 °C = 493,47 R

ρ campuran = 0,0598 » 0,06 lb/cuft

Rate Massa : 6415,8113 kg/jam = 14144,4260 lb/jam

Rate volumetrik : $\frac{\text{Rate Massa}}{\rho \text{ campuran}} = 236691,6689 \text{ cuft/jam}$

Direncanakan waktu kontak untuk 15 meni = 0,25 jam , proses, maka :

Volume Bahan = 59172,9172 cuft



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Packed Silika :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Silika} &= 0,185 \text{ kg tiap kg Silika} \\ \text{Berat bahan} &= 374,442 \text{ kg} \\ \text{Kebutuhan silika} &= 69,2718 \text{ kg/jam} = 152,7180 \text{ lb/jam} \\ r \text{ silika} &= 2,7 \text{ gr/cc} = 165,43 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumetrik Silika} &= 0,9231 \text{ cuft/jam} \\ \text{Direncanakan disediakan silika untuk persediaan} &: 24 \text{ jam} \\ \text{,maka volume bahan} &: \\ \text{Volume Bahan} &= 22,1552 \text{ cuft} \\ \text{Volume bahan total} &= 59195,0725 \text{ cuft} \\ \text{Direncanakan volume bahan mengisi} &= 80\% \\ \text{volume tangki, maka volume tangki menjadi} &: \\ \text{Volume tangki} &= 73993,8406 \text{ cuft} \end{aligned}$$

Menentukan ukuran tangki dan ketebalannya :

range :5-30 (Ulrich ; T.4-18)

Asumsi Dimention Ratio : 2

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1}{4} \pi D^2 H \\ 73993,841 &= \frac{1}{4} \pi D^2 2D \\ D^3 &= 47129,8348 \\ D &= 36,1215 \text{ ft} = 433,458 \text{ in} \\ H &= 72,2429 \text{ ft} = 866,915 \text{ in} \end{aligned}$$

Tinggi liquid dalam tangki (HI) :

$$\begin{aligned} \text{Volume Bahan} &= (3,14 / 4 \times D^2 \times HI) \\ 59195,0725 &= 3,1 \times 36,1215^2 \times HI / 4 \\ HI &= 57,7943 \text{ ft} \end{aligned}$$

Menentukan tebal minimum shell :

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank :

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C \quad (\text{Brownell,pers.13-1,hal.254})$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

dengan :

- t_{\min} = tebal shell minimum ; in
 P = tekanan tangki ; psi
 r_i = jari-jari tangki ; in ($\frac{1}{2} D$)
 C = faktor korosi ; in (digunakan $\frac{1}{8}$ in)
 E = faktor pengelasan, digunakan double welder = 0,8
 f = stress allowable, bahan Carbon Steel SA-283 grade C,
maka $f = 12650$ psi (Brownell, T.13-1)

$$P_{\text{operasi}} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psig}$$

$$P_{\text{design}} = 1,1 \times 15 = 16,2 \text{ psig}$$

$$r_i = \frac{1}{2} D = \frac{1}{2} \times 433 = 216,7 \text{ in}$$

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C$$
$$= \frac{16,2 \times 216,7}{(12650 \times 0,8) - (0,6 \times 16,2)} + 0,125$$
$$= 0,472 \text{ in}, \text{ digunakan } t = \frac{1}{2} \text{ in}$$

Untuk tebal tutup atas disamakan dengan tebal tutup bawah,
karena tutup bawah mempunyai beban yang lebih besar.

Tebal standard torispherical dished (atas) : (Brownell & Young; pers.13.12)

$$t_h = \frac{0,885 \times P \times r_c}{f E - 0,1 P} + C$$

dengan :

- t_h = tebal dished minimum ; in
 P = tekanan tangki ; psi
 r_c = crown radius ; in
 C = faktor korosi ; in (digunakan $\frac{1}{8}$ in)
 E = faktor pengelasan, digunakan double welder = 0,8
 f = stress allowable, bahan konstruksi Stainless Steel 316,
maka $f = 12650$ psi (Perry 7^{ed}, T.28-11)



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Untuk D = 433 in dengan , dari Brownell Tabel 5.7 didapat :

$$rc = \frac{D}{2} = 217 \text{ in}$$

$$t_h = \frac{0,885 \times P \times rc}{f E - 0,1 P} + C$$

$$= \frac{0,885 \times 16,2 \times 216,7288}{(12650 \times 1) - (0,1 \times 16,2)} + 0,125$$

$$= 0,432 \text{ in , digunakan } t = 1/4 \text{ in}$$

$$h = rc - \sqrt{rc^2 - \frac{D^2}{4}}$$

$$= 216,7 - \sqrt{217^2 - \frac{433^2}{4}}$$

$$= 216,7 \text{ in} - 187,6926$$

$$= 2,42 \text{ ft}$$

Tutup bawah, conis : [Brownell; hal 118. ASME Code]

$$\text{Tebal conical} = \frac{P \times D}{2 \cos \alpha (fE - 0.6 P)} + C$$

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

$$t_c = \frac{16,2 \times 36 \times 12}{2 \times \cos 15^\circ ((12650 \times 0,8) - (0,6 \times 16,2))} + 0,125$$

$$= 0,4838 \text{ in} = 2/4$$

Tinggi conical :

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

Keterangan : $\alpha = 1/2$ sudut conis ; 15°

D = diameter tangki ; ft

m = flat spot center ; 12 in = 1 ft



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\text{maka } h = \frac{\text{tg } 15^\circ \times (36 - 1)}{2} = 4,7 \text{ ft}$$

Perhitungan Jaket :

Perhitungan sistem penjaga suhu : (Kern ; hal 719)

Dari neraca panas, suhu yang dijaga = 340 °C

$$Q = 172797,1230 \text{ kkal/jam} = 685659 \text{ Btu/jam}$$

$$\text{Suhu masuk rata-rata} = 843 \text{ }^\circ\text{C} = 1549,4 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu keluar produk} = 350 \text{ }^\circ\text{C} = 662 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\Delta T = 887 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Kebutuhan media} = 12608,0 \text{ kg/jam} = 27796 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas media} = 62,43 \text{ lb/cuft (steam tabel)}$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{\text{rate bahan lb/jam}}{\rho \text{ bahan lb/cuft}} = 445,23 \text{ cuft/jam}$$

$$= 0,1237 \text{ cuft/dt}$$

$$\text{Asumsi kecepatan aliran} = 3 \text{ ft/dt} \quad \text{[Kern, T.12; hal.845]}$$

$$\text{Luas penampang} = \frac{0,1237 \text{ cuft/dt}}{3 \text{ ft/dt}} = 0,041 \text{ ft}^2$$

$$\text{Luas penampang} = \frac{\pi}{4} \times (D_2^2 - D_1^2)$$

dengan : D_2 = diameter dalam jaket

$$D_1 = \text{diameter luar bejana} = D_i \text{ bejana} + (2x \text{ tebal})$$

$$= 36 + 2 (1/2)$$

$$= 37,1215 \text{ ft}$$

$$\text{Luas penampang} = \frac{\pi}{4} \times (D_2^2 - D_1^2)$$

$$0,041 = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - 11,41^2)$$

$$D_2^2 = 1378,1$$

$$D_2 = 37,1222 \text{ ft}$$

$$\text{Spasi} = \frac{D_2 - D_1}{2} = \frac{37 - 37,1}{2} = 0,00035 \text{ ft} = 0,0042 \text{ in}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Koefisien perpindahan panas bagian dalam jaket (hi) :

Dari kern tabel 10, dipakai pipa 16 BWG dengan ukuran :

$$\begin{aligned} \text{OD} &= 1,500 \\ \text{ID} &= 1,370 \\ \text{flow area} &= 1,470 = 0,00095 \text{ m}^2 \\ \text{surface per 1 in ft (a)} &= 0,393 \end{aligned}$$

≈

$$\begin{aligned} v &= \frac{W}{\rho \times A} = \frac{12608,0}{1000 \times 0,00095} \\ &= 13294,1238 \text{ m/jam} \\ &= 3,6928 \text{ m/s} \\ &= 12,1154 \text{ fps} \end{aligned}$$

Dari Kern hal 717 didapat = 100 Btu/j ft² °F

$$\begin{aligned} h_{io} &= h_i \times \frac{\text{ID}}{\text{OD}} \\ &= 100 \times \frac{1,370}{1,500} \\ &= 91,3333 \text{ Btu/j ft}^2 \text{ °F} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_c &= \frac{h_i \times h_{io}}{h_i + h_{io}} = \frac{100 \times 91,3333}{100 + 91,3333} \\ &= 47,7352 \text{ Btu/j ft}^2 \text{ °F} \end{aligned}$$

Rd = 0,001 (Kern Tabel 12, hal 845)

1 in

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_c} + R_d$$

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{47,7352} + 0,001$$

$$U_D = 45,5604 \text{ Btu/j ft}^2 \text{ °F}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{U_D \times \Delta T_{LMTD}} = \frac{685658,9841}{45,6 \times 887} \\ &= 16,9591 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Menentukan Tinggi Jaket

Tinggi Jaket = Tinggi Shell + Tinggi Tutup Bawah

$$h = 72 + 4,7063$$

$$h = 76,9492 \text{ ft}$$

Menentukan tebal jaket:

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank :

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C \quad (\text{Brownell,pers.13-1,hal.254})$$

dengan :

t_{\min} = tebal shell minimum ; in

P = tekanan tangki ; psi

r_i = jari-jari tangki ; in ($\frac{1}{2}$ D)

C = faktor korosi ; in (digunakan 1/8 in)

E = faktor pengelasan, digunakan double wel = 0,8

f = stress allowable, bahan Carbon Steel SA-283 grade C,
maka f = 12650 psi (**Brownell,T.13-1**)

$$\begin{aligned} t_{\min} &= \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C \\ &= \frac{16,2 \times 222,7}{(12650 \times 0,8) - (0,6 \times 16,2)} + 0,125 \\ &= 0,481 \text{ in} , \text{ digunakan } t = 1/2 \text{ in} \end{aligned}$$

Spesifikasi :

Fungsi : Menyerap panas dari bahan dan konversi gas SO₃

Type : Packed Tower dengan Silika dilengkapi jaket.

Kapasitas : 236691,6689 cuft/jam

Shell :

Diameter : 36,12 ft

Tinggi : 72,24 ft

Tebal shell : 1/2 in

Tebal tutup atas : 1/4 in

Tebal tutup bawah : 1/4 in

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-283 Grade C

Jumlah : 1 buah



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Sistem Pendingin :

Diameter jaket : 37,1222 ft
Tinggi jaket : 76,9492 ft
Jaket Spacing : 1 in
Tebal jaket : 1/2 in

12. Coke Tower (D-240)

Fungsi : Menyerap panas dari bahan dan konversi gas SO₃ menjadi H₂SO₄
Type : Packed Tower dengan coke dilengkapi jaket.
Dasar pemilihan : Coke efisien untuk menyerap bahan.

Perhitungan :

Perhitungan shell dan tutup

Feed Masuk :

Komponen	Berat (kg)	Fraksi Berat	BM
HCl	3984,5884	0,6211	36,5
H ₂ O	436,6672	0,0681	18
SO ₃	1994,5557	0,3109	80
	6415,8113	1	

BM Campuran : $\sum M_i \times X_i =$

BM Campuran : 48,7642 » 48,8

$\rho_{\text{campur pada } P=}$ 1 atm , $T=$ 175 °C = 806,67 R

$\rho_{\text{Udara}}^{\text{standart}}$ = 1 °C = 493,47 R

ρ campuran = 0,0831 » 0,08 lb/cuft

Rate Massa : 3207,906 kg/jam = 7072,213 lb/jam

Rate volumetrik : $\frac{\text{Rate Massa}}{\rho \text{ campuran}} = 85110,6246 \text{ cuft/jam}$

Direncanakan waktu kontak untuk $t = 0,25 \text{ jam}$, proses, maka :

Volume Bahan = 21277,6562 cuft



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Packed Coke :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Coke} &= 0,783 \text{ kg tiap kg H}_2\text{SO}_4 \\ \text{Berat H}_2\text{SO}_4 &= 374,4421 \text{ kg} \\ \text{Kebutuhan Coke} &= 293,1882 \text{ kg/jam} = 646,3686 \text{ lb/jam} \\ \text{r Coke} &= 2,1 \text{ gr/cc} = 131,1 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

$$\text{Volumetrik Coke} = 4,9304 \text{ cuft/jam}$$

$$\text{Direncanakan disediakan coke untuk pe: } 24 \text{ jam}$$

,maka volume bahan :

$$\text{Volume Bahan} = 118,3295 \text{ cuft}$$

$$\text{Volume bahan total} = 21395,9856 \text{ cuft}$$

$$\text{Direncanakan volume bahan mengisi} = 80\%$$

volume tangki, maka volume tangki menjadi :

$$\text{Volume tangki} = 26744,9821 \text{ cuft}$$

Menentukan ukuran tangki dan ketebalannya :

range :5-30

Asumsi Dimention Ratio : H/D : 2 (Ulrich ; T.4-18)

$$\text{Volume} = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$26744,982 = \frac{1}{4} \pi D^2 2D$$

$$D^3 = 17035,0204$$

$$D = 25,7305 \text{ ft } 308,766 \text{ in}$$

$$H = 51,4609 \text{ ft } 617,531 \text{ in}$$

Tinggi liquid dalam tangki (Hl) :

$$\text{Volume Bahan} = (3,14 / 4 \times D^2 \times Hl)$$

$$21395,98565 = 3,1 \times 25,7305^2 \times Hl / 4$$

$$Hl = 41,1687 \text{ ft}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Menentukan tebal minimum shell :

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank :

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C \quad (\text{Brownell,pers.13-1,hal.254})$$

dengan :

- t_{\min} = tebal shell minimum ; in
- P = tekanan tangki ; psi
- r_i = jari-jari tangki ; in ($\frac{1}{2} D$)
- C = faktor korosi ; in (digunakan $\frac{1}{8}$ in)
- E = faktor pengelasan, digunakan double welder = 0,8
- f = stress allowable, bahan Carbon Steel SA-283 grade C,
maka $f = 12650$ psi (Brownell,T.13-1)

$$P_{\text{operasi}} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psig}$$

$$P_{\text{design}} = 1,1 \times 15 = 16,2 \text{ psig}$$

$$r_i = \frac{1}{2} D = \frac{1}{2} \times 309 = 154,4 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} t_{\min} &= \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C \\ &= \frac{16,2 \times 154,4}{(12650 \times 0,8) - (0,6 \times 16,2)} + 0,125 \\ &= 0,372 \text{ in} , \text{ digunakan } t = \frac{1}{2} \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk tebal tutup atas disamakan dengan tebal tutup bawah,
karena tutup bawah mempunyai beban yang lebih besar.

Tebal standard torispherical dished : (Brownell & Young; pers.13.12)

$$t_h = \frac{0,885 \times P \times r_c}{f E - 0,1 P} + C$$

dengan :

- t_h = tebal dished minimum ; in
- P = tekanan tangki ; psi



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

- rc = crown radius ; in
 C = faktor korosi ; in (digunakan 1/8 in)
 E = faktor pengelasan, digunakan doub = 0,8
 f = stress allowable, bahan Carbon Steel SA-283 grade C,
 maka f = 12650 psi

$$rc = \frac{D}{2} = 154,4 \text{ in}$$

$$t_h = \frac{0,885 \times P \times rc}{f \times E - 0,1 \times P} + C$$

$$= \frac{0,885 \times 16,2 \times 154,38}{(12650 \times 0,8) - (0,1 \times 16,2)} + 0,125$$

$$= 0,343 \text{ in} , \text{ digunakan } t = 1/2 \text{ in}$$

$$h = rc - \sqrt{rc^2 - \frac{D^2}{4}}$$

$$= 154,4 - \sqrt{154^2 - \frac{309^2}{4}}$$

$$= 154,4 \text{ in} - 133,6994$$

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

Tutup bawah, conis : [Brownell; hal 118. ASME Code]

$$\text{Tebal conical} = \frac{P \times D}{2 \cos \alpha (fE - 0,6 P)} + C$$

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

$$t_c = \frac{16,2 \times 26 \times 12}{2 \times \cos 15^\circ ((12650 \times 0,8) - (0,6 \times 16,2))} + 0,125$$

$$= 0,380604 \text{ in} = 2/4$$

Tinggi conical :

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



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Keterangan : α = 1/2 sudut conis ; 15°
D = diameter tangki ; ft
m = flat spot center ; 12 in = 1 ft

$$\text{maka } h = \frac{\text{tg } 15^\circ \times (26 - 1)}{2} = 3,3 \text{ ft}$$

Perhitungan Jacket :

Perhitungan sistem penjaga suhu : (Kern ; hal 719)

Dari neraca panas, suhu yang dijaga = 175°C

$$Q = 531167,55 \text{ kkal/jam} = 2107673 \text{ Btu/jam}$$

Suhu masuk rata-rata = $350^\circ\text{C} = 662^\circ\text{F}$

Suhu keluar produk = $175^\circ\text{C} = 347^\circ\text{F}$

$$\Delta T = 315^\circ\text{F}$$

Kebutuhan media = $18559,3 \text{ kg/jam} = 40916 \text{ lb/jam}$

Densitas media = $62,43 \text{ lb/cuft}$ (steam tabel)

Rate volumetrik = $\frac{\text{rate bahan lb/jam}}{\rho \text{ bahan lb/cuft}} = 655,39 \text{ cuft/jam}$

$$= 0,2 \text{ cuft/dt}$$

Asumsi kecepatan aliran = 3 ft/dt [Kern, T.12; hal.845]

$$\text{Luas penampang} = \frac{\text{rate volumetrik cuft/dt}}{\text{kecepatan aliran ft/dt}} = 0,061 \text{ ft}^2$$

$$\text{Luas penampang} = \frac{\pi}{4} \times (D_2^2 - D_1^2)$$

dengan : D_2 = diameter dalam jacket

D_1 = diameter luar bejana = $D_i \text{ bejana} + (2 \times \text{tebal})$

$$= 26 + 2(1/2)$$

$$= 26,73046 \text{ ft}$$

$$\text{Luas penampang} = \frac{\pi}{4} \times (D_2^2 - D_1^2)$$

$$0,061 = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - 11,41^2)$$

$$D_2^2 = 714,59$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

$$D_2 = 26,731906 \text{ ft}$$
$$\text{Spasi} = \frac{D_2 - D_1}{2} = \frac{27 - 26,7}{2} = 0,0007 \text{ ft} = 0,0087 \text{ in}$$

Koefisien perpindahan panas bagian dalam jaket (hi) :

Dari kern tabel 10, dipakai pipa 16 BWG dengan ukuran :

$$\begin{aligned} \text{OD} &= 1,500 \\ \text{ID} &= 1,370 \\ \text{flow area} &= 1,470 = 0,00095 \text{ m}^2 \\ \text{surface per lin ft (a)} &= 0,393 \end{aligned}$$

$$v = \frac{W}{\rho \times A} = \frac{18559,3}{1000 \times 0,0009}$$

≈

$$\begin{aligned} &= 19569,3831 \text{ m/jam} \\ &= 5,4359 \text{ m/s} \\ &= 17,8342 \text{ fps} \end{aligned}$$

Dari Kern hal 717 didapat harga $h_i = 100 \text{ Btu/j ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$

$$\begin{aligned} h_{io} &= h_i \times \frac{\text{ID}}{\text{OD}} \\ &= 100 \times \frac{1,370}{1,500} \\ &= 91,3333 \text{ Btu/j ft}^2 \text{ }^\circ\text{F} \\ U_c &= \frac{h_i \times h_{io}}{h_i + h_{io}} = \frac{100 \times 91,3333}{100 + 91,3333} \\ &= 47,7352 \text{ Btu/j ft}^2 \text{ }^\circ\text{F} \end{aligned}$$

$R_d = 0,0010$ (Kern Tabel 12, hal 845)

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_c} + R_d$$

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{47,7352} + 0,001$$

$$U_D = 45,5604 \text{ Btu/j ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta T_{LMTD}} = \frac{2107672,8262}{45,6 \times 315}$$

$$= 146,8607 \text{ ft}^2$$

Menentukan Tinggi Jaket

Tinggi Jaket = Tinggi Shell + Tinggi Tutup Bawah 1 in

$$h = 51 + 3,3139$$

$$h = 54,7748 \text{ ft}$$

Menentukan tebal jaket:

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank :

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C \quad (\text{Brownell,pers.13-1,hal.254})$$

dengan :

- t_{\min} = tebal shell minimum ; in
- P = tekanan tangki ; psi
- r_i = jari-jari tangki ; in ($\frac{1}{2} D$)
- C = faktor korosi ; in (digunakan $\frac{1}{8}$ in)
- E = faktor pengelasan, digunakan double wel = 0,8
- f = stress allowable, bahan Carbon Steel SA-283 grade C,
maka $f = 12650$ psi (Brownell,T.13-1)

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C$$

$$= \frac{16,2 \times 160,4}{(12650 \times 0,8) - (0,6 \times 16,2)} + 0,125$$

$$= 0,382 \text{ in} , \text{ digunakan } t = \frac{1}{4} \text{ in}$$

Spesifikasi :

Fungsi : Menyerap panas dari bahan dan konversi gas SO₃ menjadi H₂SO₄

Type : Packed Tower dengan coke dilengkapi jaket.

Shell :

Diameter : 25,73 ft

Tinggi : 51,46 ft



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Tebal shell : 1/2 in
Tebal tutup atas : 1/2 in
Tebal tutup bawah : 1/2 in
Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-283 Grade C
Jumlah : 1 buah

Sistem Pendingin :

Diameter jaket : 27 ft
Tinggi jaket : 55 ft
Jaket Spacing : 1 in
Tebal jaket : 1/4 in

13. Tangki Penampung H₂SO₄ 70% (F-310)

Fungsi : Menampung sulfuric acid dari coke tower
Type : silinder tegak, tutup bawah datar dan tutup atas dishead.
Dasar pemilihan : umum digunakan pada tekanan atmosferic.
Kondisi Operas:- Tekanan = 1 atm
- Suhu = 30 °C
- Waktu penyimpanan = 7 hari
= 168 jam

Perhitungan :

Komposisi bahan :

Komponen	Fraksi berat	Berat (kg)	ρ
H ₂ SO ₄	1,00	374,4421	1,84
Total	1,00	374,4421	

(Perry 7ed,T2-1)

1 kg = 2,20462 lb
1 gr/ml = 62,422 lb/cuft

$$\text{Densitas Campuran} = \frac{1}{\frac{\text{fraksi berat}}{\rho \text{ komponen}}} \times 62,422$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{1,00} \times 62,422 \\ &= 1,84 \text{ gr/ml} \times 62,42197 \\ &= 114,8564 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Massa} &= 374,4421 \text{ kg/jam} \\ &= 825,5026 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik} &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{825,5026}{114,8564} \\ &= 7,1873 \text{ cuft/jam} \end{aligned}$$

Direncanakan penyimpanan untuk 7 hari proses 4 buah tangki sehingga volume tangki adalah

$$\begin{aligned} &= 7,1873 \frac{\text{cuft}}{\text{jam}} \times 24 \text{ jar} \times 6 \text{ hari} \\ &= 1207,4591 \text{ cuft} \end{aligned}$$

Asumsi volume bahan (liquid) mengisi 80% volume tangki sehingga volume ruang kosong sebesar 20% dan digunakan 1 buah tangki.

$$\begin{aligned} \text{Volume Tangki} &= \frac{1207,4591}{80\%} \\ &= 1509,3239 \text{ cuft} \quad 11289,7428 \end{aligned}$$

Menentukan ukuran tangki tangki dan ketebalannya

$$\text{Dimensi ratio} = \frac{H}{D} = 2 \quad (\text{Ulrich ; T.4-27 : 248})$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Dengan mengabaikan volume dished head.

$$\text{Volume tangki} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$1509,3239 \text{ cuft} = \frac{3,1}{4} \times D^2 \times 2D$$

$$1509,3239 \text{ cuft} = 2 \times D^3$$

$$D^3 = 961,3528 \text{ ft}$$

$$D = 9,8695 \text{ ft}$$

$$= 118,4338 \text{ in}$$

$$= 3,0082 \text{ m}$$

$$H = 2D = 19,7390 \text{ ft}$$

$$= 236,8675 \text{ in}$$

$$= 6,0164 \text{ m}$$

Tinggi Cairan dalam tangki :

$$\text{Volume feed} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$1207,4591 = \frac{3,14}{4} \times 97,4066 \times H$$

$$H = 15,7912 \text{ ft}$$

Penentuan tebal shell :

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

dengan :

$$t_{min} = \text{tebal shell minimum} \quad ; \text{ in}$$

$$P = \text{tekanan tangki} \quad ; \text{ psi}$$

$$r_i = \text{jari-jari tangki} \quad ; \text{ in (1/2 D)}$$

$$C = \text{faktor korosi} \quad ; \text{ in (digunakan 1/8 in)}$$

$$E = \text{faktor pengelasan, digunakan double welded} \quad E = 0,8$$

$$f = \text{stress allowable, bahan konstruksi stainless steel 316}$$

$$f = 36000 \text{ psi} \quad [\text{Perry 7}^{ed}, \text{T.28-11}]$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\text{Asumsi volume feed} = 80\%$$

$$\begin{aligned} P \text{ operasi} &= 1 \text{ atm} \\ &= 14,7 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ hidrostatik} &= \rho \times g \times h \\ &= 114,8564 \times 1 \times 15,791 \\ &= 1813,717 \text{ lb/ft}^2 \\ &= 12,595 \text{ lb/in}^2 \end{aligned}$$

P Design 10% lebih besar untuk faktor keamanan

$$\begin{aligned} P \text{ design} &= (P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik}) \times 110\% \\ &= 14,7 + 12,5953 \times 110\% \\ &= 30,0 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_i &= 0,5 \times D \\ &= 0,5 \times 118,4338 \\ &= 59,2169 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{\min} &= \frac{P \times r_i}{fE - 0,6P} + C \\ &= \frac{30,0248 \text{ psi} \times 59,22 \text{ in}}{28800 \text{ psi} - 18,0 \text{ psi}} + 1/8 \\ &= 0,1868 \text{ in} \end{aligned}$$

maka digunakan tebal shell = 1/4 in

Untuk tebal tutup atas, karena tekanan atmosferic, maka tebal tutup atas disamakan dengan tebal shell, maka tebal tutup atas = 1/4 in

Dimensi Tutup Atas :

Tutup atas berbentuk standart dished head

$$\begin{aligned} OD &= D + 2 t_s \\ &= 118,4 \text{ in} + 1/2 \text{ in} = 118,93 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_c &= 59,47 \text{ in} \text{ [Brownell \& Young, T.5-7]} \\ &= 10 \text{ ft} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Tebal standart toripherical dished (atas) :

$$t_h = \frac{0,885 \times P \times r_c}{f_e - 0,1P} + C$$

dengan :

t_h = tebal shell minimu ; in

P = tekanan tangki ; psi

r_c = crown radius ; in [Brownell and Young, T-5.7]

C = faktor korosi ; in (digunakan 1/8 in)

E = faktor pengelasan, digunakan dobel welded E = 1

f = stress allowable, bahan konstruksi stainless steel 316

$$f = 36000 \text{ psi} \quad [\text{Brownell, T.13-1}]$$

$$P_{\text{design}} = 30 \text{ psi}$$

$$t_h = \frac{j \times P \times r_c}{f_e - 0,1P} + C$$

$$= \frac{0,885 \times 30 \times 59}{28800 - 3,0025} + 0,125$$

$$= 0,1799 \text{ in} \quad \text{akan } t = 1/4 \text{ in}$$

$$h = r_c - \sqrt{r_c^2 - \frac{D^2}{4}} \quad [\text{Hesse, 92}]$$

$$= 1,316 \text{ ft}$$

Spesifikasi :

Kapasitas : 1207,4591 cuft

Diameter shell, inside : 9,8695 ft

Tinggi Shell : 19,7390 ft

Tebal Shell : 1/4 in

Tebal tutup (dished) : 1/4 in

Bahan konstruksi : Stainless steel 316

Jumlah : 1 buah



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

14. Pompa-3 (L-261)

Fungsi : Mengalirkan dari absorber ke tangki penampung

Type : Centrifugal Pump

Dasar Pemilihan : sesuai untuk viskositas rendah, tidak mengandung solid.

Bahan Masuk : 374,4421 kg/jam = 825,4952 lb/jam

r Campuran : 114,8564 lb/cuft

Rate volumetrik : $= (\text{rate volometrik cuft/mt}) / (\text{area pipa } (ft)^2) \times 1 / (60 \text{ detik/menit})$

$$= 7,1872 \text{ cuft/jam}$$

$$= 0,1198 \text{ cuft/min} = 0,8961 \text{ gpm}$$

$$= 0,0020 \text{ cuft/dtk}$$

sg bahan = $\frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}}$

$$= \frac{114,856}{62,430}$$

$$= 1,840$$

μ berdasarkan sg bahan:

$\mu \text{ bahan} = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \text{reference}$

$$= \frac{1,84}{1} \times 0,95$$

$$= 1,7478 \text{ Cp (berdasarkan sg bahan)}$$

$$= 0,2336 \text{ lb s/ft}^2$$

Perhitungan diameter pipa

Diameter optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$, digunakan persamaan :

$$\text{Diameter Optimum} = 3,900 \times qf^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

(Peters&Timmerhaus,4ed,pers 45)

dengan : $qf = \text{fluid flow rate} = \text{Rate Volumetrik}$

$$= 7,1872 \text{ cuft/jam}$$

$$= 0,0020 \text{ cuft/s}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned}\rho &= \text{fluid density} \quad ; \quad \text{lb/cuft} \\ \text{Diameter Optimum} &= 3,900 \quad \times 0,0020^{0,45} \times 114,8564^{##} \\ &= 0,4406 \quad \text{in} \\ \text{Dipilih pipa} \quad 1/8 \quad , \text{sch 40} &\quad (\text{McCabbe 5ed App.5, hal.1087}) \\ \text{OD} &= 0,4050 \quad \text{in} \\ \text{ID} &= 0,2690 \quad \text{in} = 0,0224 \quad \text{ft} = 0,0068 \quad \text{m} \\ \text{A} &= 0,0004 \quad \text{ft}^2\end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan linier (v)} &= qf/A \\ &= 0,0020 \quad / \quad 0,0004 \\ &= 5,0611 \quad \text{ft/s} \\ N_{\text{Re}} &= \frac{D v \rho}{\mu} = \frac{0,02 \times 5,06 \times 114,8564}{0,2336} \\ &= 55,77 \quad > \quad 2100 \quad (\text{aliran Turbulen})\end{aligned}$$

Menentukan jumlah energi yang hilang :

1. Karena pipa lurus

$$\begin{aligned}\text{Ditetapkan} \quad : \quad \text{panjang pipa lurus} &= 50 \quad \text{ft} \\ \text{Dari Geankoplis 5ed Fig. 2.10-3 hal 88, didapat data} : \\ \text{Dipilih bahan pipa Galvanized Iron} &= 0,00015 \\ \text{maka harga } e/D &= 0,007 \\ f &= 0,008\end{aligned}$$

2. Karena friksi (Geankoplis T. 2.10-1 hal 93)

$$\begin{aligned}\text{Taksiran panjang pipa lurus} &= 50 \quad \text{ft} \\ - \quad 3 \text{ elbow } 90^\circ &= 3 \times 35 \times 0,022 = 2 \quad \text{ft} \\ - \quad 1 \text{ gate valve} &= 1 \times 9 \times 0,022 = \underline{0} \quad \text{ft} \\ \text{Panjang total pipa ;} \quad Le &= 53 \quad \text{ft}\end{aligned}$$

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned}F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Peters\&Timmerhaus, hal.484}) \\ &= \frac{2 \times 0,0080 \times 5,0611^2 \times 53}{32,2 \times 0,0224}\end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$= 29,8402 \frac{\text{ft}^2 \text{ lbf}}{\text{lbm s}^2}$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad \longrightarrow \quad K = 0,5 \quad A_{\text{tangki}} > A_{\text{pipa}}$$

$\alpha = 0,5$ (aliran laminar)

(Peters&Timmerhaus, hal.484)

$$= \frac{0,5 \times 5,0611^{2,0}}{2 \times 0,5 \times 32,20}$$

$$= 0,3977 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{\Delta v_2^2 - \Delta v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (V_1 \lll V_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0)$$

(Peters&Timmerhaus, hal.484)

$$= \frac{5,0611^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,20} = 0,3977 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

4. Friksi karena Elbow 90 **(Geankoplis 2.10-17 hal 94)**

$$F_4 = \frac{K_f v_1^2}{2} = \frac{0,750 \times 25,6147}{2} = 9,6055 \frac{\text{ft lbf}}{\text{lbm}}$$

5. Friksi karena gate valve **(Geankoplis 2.10-17 hal 94)**

$$F_5 = \frac{K_f v_1^2}{2} = \frac{0,170 \times 25,6147}{2} = 2,1773 \frac{\text{ft lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$$

$$= 29,8402 + 0,3977 + 0,3977 + 9,6055 + 2,1773$$

$$= 42,4184 \frac{\text{ft lbf}}{\text{lbm}}$$

$P_1 = P$ hidrostatik

Tinggi bahan = 15,7912 ft

ρ bahan = 114,8564 lb/cuft

P hidrostatik = $\rho \cdot H$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned}
 &= 114,8564 \times 15,7912 \\
 &= 1813,7172 \text{ lbf/ft}^2 \\
 P_2 = 1 \text{ atm} &= 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 \\
 &= 2116,800 \text{ lbf / ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= P_2 - P_1 \\
 &= 303,083 \text{ lbf / ft}^2; \\
 \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{303,083 \text{ lbf / ft}^2}{114,856 \text{ lbf / cuft}} = 2,6388 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}
 \end{aligned}$$

$$Z_2 = 0,000 \text{ ft}$$

$$Z_1 = 15,7912 \text{ ft}$$

$$g/g_c = 1,000 \text{ lbf/lbf}$$

$$g \text{ percepatan gravitasi} = 32,2 \text{ ft/dt}^2$$

$$g_c \text{ konstanta gravitasi} = 32,2 \text{ ft/dt}^2 \times 1 \text{ lbf}_m/\text{lbf}_f$$

$$\begin{aligned}
 \Delta Z \frac{g}{g_c} &= -15,791 \times \frac{32,200 \text{ ft t/dt}^2}{32,200 \text{ ft.lbf}_m/\text{dt}^2 \cdot \text{lbf}_f} \\
 &= -15,791 \frac{\text{ft} \cdot \text{Lbf}}{\text{lbf}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta v^2}{2 \times g_c \times \alpha} &= \frac{5,0611^2}{2 \times 32 \times 1} \\
 &= 0,3977 \frac{\text{ft} \cdot \text{Lbf}}{\text{lbf}}
 \end{aligned}$$

Perhitungan daya pompa

Persamaan Bernouilly :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta v^2}{2\alpha \times g_c} + \Sigma F = - Wf$$

$$\begin{aligned}
 2,6388 + -15,7912 + 0,3977 + 42,4184 &= - Wf \\
 - Wf &= 29,6638 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}
 \end{aligned}$$

$$hp = \frac{- Wf \times \text{flowrate (cuft/s)} \times \rho}{550}$$

$$hp = \frac{29,6638 \times 0,0020 \times 114,856}{550}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

$$= 0,0124 \text{ hp}$$

$$\text{Kapasitas} = 0,1198 \text{ cuft/menit} \times 7,481 = 0,8961 \text{ gpm}$$

$$\text{Effisiensi pompa} = 20\% \quad (\text{Peters\&Timmerhaus fig. 14-36})$$

$$\text{Bhp} = \frac{\text{hp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{0,012}{0,200} = 0,062 \text{ hp}$$

$$\text{Effisiensi motor} = 80\% \quad (\text{Peters fig 14-38})$$

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\text{h motor}} = \frac{0,062}{0,800} = 0,077 \text{ hp} = 1 \text{ Hp}$$

Spesifikasi pompa :

Fungsi	: Mengalirkan asam klorida dari absorber ke Tangki pengencer
Tipe	: Centrifugal pump
Kapasitas	: 374,442 kg/jam
Bhp	: 0,062 hp
Effisiensi Pompa	: 20%
Effisiensi Motor	: 80%
Power Motor	: 1 hp
Jumlah	: 1 pompa
Bahan konstruksi	: Galvanized Iron

15. Absorber (D-250)

Fungsi	: Menyeraap gas HCl dengan air proses dari utilitas
Tipe	: Silinder tegak , tutup atas dan tutup bawah dish dilengkapi dengan packing rasching ring dan sparger
Dasar Pemilihan	: Umum digunakan untuk proses penyerapan
Kondisi Operasi	: Tekanan operasi = 1 atm suhu operasi = suhu bahan Sistem kerja = kontinyu



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Perhitungan analog dengan tangki sebelumnya:

A. Feed inlet liquid:

Air dari proses dari utilitas:

$$\begin{aligned}\text{Rate massa} &= 6514,5375 \text{ kg/jam} \\ &= 14362,0796 \text{ lb/jam} \\ \rho \text{ campuran} &= 62,43 \text{ lb/cuft} \\ \text{Rate volumetrik} &= 230,0509 \text{ cuft/jam}\end{aligned}$$

B. Feed inlet gas:

Gas dari Coke Tower :

$$\begin{aligned}\text{Rate massa} &= 6041,3692 \text{ kg/jam} \\ &= 13318,9233 \text{ lb/jam} \\ \rho \text{ campuran} &= 0,0831 \text{ lb/cuft} \\ \text{Rate volumetrik} &= 160286,7286 \text{ cuft/jam} \\ \text{Tot rate volumetrik} &= 160516,7796 \text{ cuft/jam}\end{aligned}$$

Direncanakan waktu proses selama = 60 detik

(Ulrich:T.4-25) dengan 1 tangki, sehingga volume tangki ac 2675,3 cuft

Asumsi bahan pengisi 80% volume tangki, 20% untuk ruang gas

$$\begin{aligned}\text{Maka volume tangki} &= \text{volume tangki} \times (100/80) \\ &= 3344,1 \text{ cuft}\end{aligned}$$

Menentukan ukuran tangki dan ketebalannya:

Asumsi dmention ratio = $H/D=2$ (Ulrich: Tabel 4-27)

$$\text{Volume} = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$3344,1 = \frac{1}{4} \pi D^2 2D$$

$$3344,1 = 1,57 D^3$$

$$2130 = D^3$$

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

$$1 \text{ cuf} = 0,03 \text{ m}^3$$

$$D = 12,8665 \text{ ft}$$

$$D = 154,3978 \text{ in} = 3,92 \text{ m}$$

$$H = 64,3324 \text{ ft}$$

$$H = 771,9890 \text{ in} = 19,61 \text{ m}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Menentukan tebal minimum shell:

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank:

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{fE - 0,6P} + C$$

$$t_{\min} : C$$

P : tekanan tangki, psi

r_i : jari-jari tangki, in (1/2D)

C : faktor korosi, in (digunakan 1/8 in)

faktor pengelasan, digunakan double welded, E= 0,8

stress allowable, bahan konstruksi stainless steel

316, maka f= yang digunakan adalah

$$36000 \text{ psi} \quad (\text{Perry 7ed, T.28-11})$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi}$$

$$= \frac{\rho \times H}{144}$$

$$= 0,0297 \text{ psi}$$

P design diambil 10% lebih besar dari P operasi untuk faktor keamanan

$$P_{\text{design}} = 16,2027 \text{ psi}$$

$$R = 0,50 \text{ D}$$

$$= 77,2 \text{ in}$$

$$t_{\min} = 0,1684 \text{ in}$$

$$\text{digunakan } t = 1/5 \text{ in}$$

Tutup atas dan tutup bawah (standard torispherical dished):

$$t_h = \frac{0,885 \text{ P} \times r_c}{fE - 0,1P} + C \quad (\text{Brownell, pers 13.12})$$

t_h = tebal dished minimum, in

P = tekanan tangki, psi

r_i = crown radius, in (B&Y, T-5.7)

C = faktor korosi = 1/8 in

E = faktor pengelasan, digunakan double welded, E = 0,8

f = stress allowable, bahan konstruksi stainless steel 316

maka f = 36000 psi (Perry 7ed, T.28-11)



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned}\text{Untuk OD} &= \text{ID} + 2 \text{ tshell} \\ &= 155 \text{ in} \\ \text{rc} &= 38 \text{ in} \qquad \qquad \qquad \text{dari Brownell Tabel 5.7}\end{aligned}$$

$$t_h = 0,1439 \text{ in}$$

$$\text{maka, } t = 1/5 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}h &= \text{rc} - (\text{rc}^2 - (\text{D}^2/4))^{1/2} \\ &= -1328,8011 \text{ in} \\ &= -110,7334 \text{ ft}\end{aligned}$$

Perhitungan spray (perforated pipe) bagian atas:

$$\begin{aligned}\text{Rate massa} &= 6514,5375 \text{ kg/jam} \\ &= 14362,0796 \text{ lb/jam} \\ \rho \text{ campuran} &= 62,43 \text{ lb/cuft} \\ \text{Rate volumetrik} &= 3,8342 \text{ cuft/mnt} \\ &= 0,0639 \text{ cuft/detik}\end{aligned}$$

Berdasarkan Peter4ed, fig 14-2, halaman 498, asumsi aliran laminer:

$$3 \times q_f^{0,36} \times \rho^{0,18} \qquad \qquad \qquad \text{(Peters, 4ed, pers.15, hal 496)}$$

dengan : q_f = fluid flow rate ; cuft/detik
 ρ = fluid density ; lb/cuft

$$\begin{aligned}\text{Di optimum} &= 2,3457 \text{ in} \\ \text{digunakan pipa ukuran} &= 1/2 \text{ in sch } 40 \\ \text{OD} &= 1,0500 \text{ in} \\ &= 37,0804 \text{ ft} \\ \text{ID} &= 0,8240 \text{ in} \\ &= 29,0993 \text{ ft} \\ \text{A } (1/4\pi\text{ID}^2) &= 664,7130 \text{ ft}^2\end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} \text{Kec. Aliran (v)} &= 0,00010 \text{ ft/detik} \\ \text{dengan } \mu \text{ air} &= 1 \text{ cp} \\ &= 0,133681 \text{ lb/ft.detik} \\ N_{re} &= \frac{ID \ v \ \rho}{\mu} \\ &= 1 > 2100 \text{ (turbulen)} \end{aligned}$$

dengan $N_{re} > 2100$, menentukan diameter Sparger, pers 6.3Treybal hal 141

$$\begin{aligned} dp &= 0,0071 \times N_{re}^{-0,05} \\ \text{dengan : } dp &= \text{diameter sparger; ft} \\ d &= \text{diameter pipa ID; ft} \\ dp &= 0,0070 \text{ ft} \\ &= 0,2474 \text{ mm} \end{aligned}$$

pemasangan sejajar atau segaris pada pipa, jarak interfacve (C) minimal menggunakan jarak 3 dp, maka C = 0,0210 ft

$$\begin{aligned} \text{panjang pipa rencana} &= 0,8 \text{ diameter shell} \\ \text{adalah} &= 9,6 \text{ ft} \end{aligned}$$

posisi sparger direncanakan disusun bercabang = 20 buah

$$\begin{aligned} \text{banyaknya lubang} &= \frac{\text{panjang pipa} \times \text{Cabang}}{C} \\ &= 9183 \text{ lubang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lubang tiap cabang} &= \frac{\text{Jumlah lubang}}{\text{cabang}} \\ &= 459 \text{ lubang tiap cabang} \end{aligned}$$

Perhitungan spray (perforated pipe) bagian bawah:

$$\begin{aligned} \text{Rate massa} &= 6041,3692 \text{ kg/jam} \\ &= 13318,9233 \text{ lb/jam} \\ \rho \text{ campuran} &= 0,0831 \text{ lb/cuft} \\ \text{Rate volumetrik} &= 2671,4455 \text{ cuft/mnt} \\ &= 44,5241 \text{ cuft/detik} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Berdasarkan Peter4ed, fig 14-2, halaman 498, asumsi aliran laminer:

$$3 \times q_f^{0,36} \times \rho^{0,18} \quad (\text{Peters, 4ed, pers.15, hal 496})$$

dengan : q_f = fluid flow rate ; cuft/detik
 ρ = fluid density ; lb/cuft

$$\begin{aligned} \text{Di optimum} &= 7,5186 \text{ in} \\ \text{digunakan pipa ukuran} &= 3 \text{ in sch } 40 \\ \text{OD} &= 3,5 \text{ in} \\ &= 123,601 \text{ ft} \\ \text{ID} &= 3,068 \text{ in} \\ &= 108,345 \text{ ft} \\ A (1/4\pi \text{ID}^2) &= 9214,897 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kec. Aliran (v)} &= 0,0048 \text{ ft/detik} \\ \text{dengan } \mu \text{ bahan} &= 0,00126 \text{ cp} \\ &= 0,00016903 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{re} &= \frac{\text{ID} \times v \times \rho}{\mu} \\ &= 257 > 2100 \\ &(\text{turbulen}) \end{aligned}$$

dengan $N_{re} > 2100$, menentukan diameter Sparger, pers 6.3Treybal hal 141

$$\begin{aligned} dp &= 0,0071 \times N_{re}^{-0,05} \\ \text{dengan : } dp &= \text{diameter sparger; ft} \\ d &= \text{diameter pipa ID; ft} \\ dp &= 0,0054 \text{ ft} \\ &= 0,1900 \text{ mm} \end{aligned}$$

pemasangan sejajar atau segaris pada pipa, jarak interfacve (C) minimal menggunakan jarak 3 dp, maka $C = 0,0161 \text{ ft}$
panjang pipa rencana = 0,75 diameter shell
adalah = 9,65 ft



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

posisi sparger direncanakan disusun bercabang = 20 buah

$$\text{maka banyaknya lubang} = \frac{\text{panjang pipa} \times \text{Cabang}}{C}$$

$$= 11959 \text{ lubang}$$

$$\text{Jumlah lubang tiap cabang} = \frac{\text{Jumlah lubang}}{\text{cabang}}$$

$$= 598 \text{ lubang tiap cabang}$$

Packing:

Rasching ring packing disusun secara acak (randomize)

Spesifikasi standar (Van Winkle: 607)

ukuran packing : 1 in

tebal packing : 1/8 in

bahan konstruksi : ceramic stoneware

tinggi packing : 80% dari tinggi shell

tinggi packing : 51 ft

Volume packing : $1/4\pi D^2 H = 236,7$ cuft

Jumlah packing tiap cuft = 1350 buah (**Van Winkle ; T.15.1**)

Jumlah packing total = 319593 buah packing

Spesifikasi:

Fungsi : Mengabsorpsi gas campuran dengan bantuan air proses

Tipe : silinder tegak, tutup bawah dan tutup atas dish
dilengkapi packing rasching ring dan sparger

Dimensi tangki

Volume : 3344,1 cuft
1019,2816 m³

Diameter : 12,866 ft

Tinggi : 64,332 ft

Tebal shell : 1/5 in

Tebal tutup atas : 3/16 in

Tebal tutup bawah : 3/16 in



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Bahan konstruksi : Stainless steel 316 (Perry 7ed, T-28-11)

Spesifikasi packing:

digunakan packing jenis rasching ring dengan spesifikasi standar,
packing disusun secara acak

ukuran packing : 1 in
Tebal packing : 1/8 in
Free gas space : 73%
Jumlah packing : 319593 buah
Bahan konstruksi : ceramic stoneware

Spray bagian atas:

Tipe : standar perforated pipe
Bahan konstruksi : commercial steel
Diameter : 0,2474 mm
Jumlah cabang : 20 buah
Lubang tiap cabang : 459 buah

Spray bagian bawah:

Tipe : standar perforated pipe
Bahan konstruksi : commercial steel
Diameter : 0,1900 mm
Jumlah cabang : 20 buah
Lubang tiap cabang : 598 buah

16. Scrubber (D-320)

Fungsi : Menyeraap gas HCl dengan air proses dari utilitas
Tipe : Silinder tegak , tutup atas dan tutup bawah dish
dilengkapi dengan packing rasching ring dan sparger
Dasar Pemilihan : Umum digunakan untuk proses penyerapan
Kondisi Operasi : Tekanan operasi = 1 atm
suhu operasi = suhu bahan
Sistem kerja = kontinyu



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Perhitungan analog dengan tangki sebelumnya:

A. Feed inlet liquid:

Air dari proses dari utilitas:

$$\begin{aligned} \text{Rate massa} &= 75,9798 \text{ kg/jam} \\ &= 167,5065 \text{ lb/jam} \\ \rho \text{ campuran} &= 62,43 \text{ lb/cuft} \\ \text{Rate volumetrik} &= 2,6831 \text{ cuft/jam} \end{aligned}$$

B. Feed inlet gas:

Gas dari Absorber :

$$\begin{aligned} \text{Rate massa} &= 41,1559 \text{ kg/jam} \\ &= 90,7331 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Komponen	Berat (kg)	Fraksi Berat	BM
HCl	39,8459	0,97	36,5
SO ₃	1,3100	0,03	80
Total	41,1559	1,00	

$$\text{BM Campuran} : \sum M_i \times X_i =$$

$$\text{BM Campuran} : 37,8846 \gg 38$$

$$\rho_{\text{campur pada P}} \quad 1 \text{ atm}, T = 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 545,67 \text{ R}$$

$$[\text{Udara}]_{\text{standart}} = 1 \text{ } ^\circ\text{C} = 493,47 \text{ R}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ campuran} &= 0,0954 \text{ lb/cuft} \\ \text{Rate volumetrik} &= 950,7506 \text{ cuft/jam} \quad 15,84584 \\ \text{Tot rate volumetrik} &= 1013,1806 \text{ cuft/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Direncanakan waktu proses selama} = 60 \text{ detik}$$

(Ulrich:T.4-25) dengan 1 tangki, sehingga volume tangki adalah =

Asumsi bahan pengisi 80% volume tangki, 20% untuk ruang gas

$$\begin{aligned} \text{Maka volume tangki} &= \text{volume tangki} \times (100/80) \\ &= 21,1079 \text{ cuft} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Menentukan ukuran tangki dan ketebalannya:

Asumsi dmention ratio = $H/D=2$ (Ulrich: Tabel 4-27)

$$\text{Volume} = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$21,1079 = \frac{1}{4} \pi D^2 2D$$

$$21,1079 = 1,57 D^3$$

$$13,4445 = D^3$$

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

$$1 \text{ cuft} = 0,028 \text{ m}^3$$

$$D = 2,378 \text{ ft}$$

$$D = 28,534 \text{ in} = 0,72 \text{ m}$$

$$H = 11,889 \text{ ft}$$

$$H = 142,67 \text{ in} = 3,62 \text{ m}$$

Menentukan tebal minimum shell:

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank:

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{fE - 0,6P} + C$$

$$t_{\min} : C$$

P : tekanan tangki, psi

r_i : jari-jari tangki, in ($1/2D$)

C : faktor korosi, in (digunakan $1/8$ in)

faktor pengelasan, digunakan double welded, $E=0,8$

stress allowable, bahan konstruksi stainless steel

316, maka $f=$ yang digunakan adalah

$$36000 \text{ psi} \quad (\text{Perry 7ed, T.28-11})$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi}$$

$$= \frac{\rho \times H}{144}$$

$$= 0,0063 \text{ psi}$$

P design diambil 10% lebih besar dari P operasi untuk faktor keamanan

$$P_{\text{design}} = 16,1769 \text{ psi}$$

$$R = 0,50 D$$

$$= 14,27 \text{ in}$$

Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$t_{\min} = 0,1330 \text{ in}$$

digunakan $t = 1/5 \text{ in}$

Tutup atas dan tutup bawah (standard torispherical dished):

$$t_h = \frac{0,885 P_{xrc}}{fE - 0,1P} + C \quad (\text{Brownell, pers 13.12})$$

t_h = tebal dished minimum, in

P = tekanan tangki, psi

r_i = crown radius, in (B&Y, T-5.7)

C = faktor korosi = $1/8 \text{ in}$

E = faktor pengelasan, digunakan double welded, E = 1

f = stress allowable, bahan konstruksi stainless steel 316
maka $f = 36000 \text{ psi}$ (Perry 7ed, T.28-11)

$$\begin{aligned} \text{Untuk OD} &= ID + 2 t_{\text{shell}} \\ &= 29 \text{ in} \end{aligned}$$

$$r_c = 38 \text{ in} \quad \text{Brownell Tabel 5.7}$$

$$t_h = 0,1439 \text{ in}$$

$$\text{maka, } t = 1/5 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} h &= r_c - (r_c^2 - (D^2/4))^{1/2} \\ &= 2,7799 \text{ in} \\ &= 98,1729 \text{ ft} \end{aligned}$$

Perhitungan spray (perforated pipe) bagian atas:

$$\text{Rate massa} = 75,9798 \text{ kg/jam}$$

$$= 167,5065 \text{ lb/jam}$$

$$\rho \text{ campuran} = 62,43 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{Rate volumetrik} = 0,0447 \text{ cuft/mnt}$$

$$= 0,0007 \text{ cuft/detik}$$

#



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Berdasarkan Peter4ed, fig 14-2, halaman 498, asumsi aliran laminer:

$$3 \times q_f^{0,36} \times \rho^{0,18} \quad (\text{Peters, 4ed, pers.15, hal 496})$$

dengan : q_f = fluid flow rate ; cuft/detik
 ρ = fluid density ; lb/cuft

$$\begin{aligned} \text{Di optimum} &= 0,4724 \text{ in} \\ \text{digunakan pipa ukuran} &= 1/8 \text{ in sch } 40 \\ \text{OD} &= 0,4050 \text{ in} \\ &= 14,3024 \text{ ft} \\ \text{ID} &= 0,2690 \text{ in} \\ &= 9,4996 \text{ ft} \\ \text{A } (1/4\pi\text{ID}^2) &= 70,8409 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Kec. Aliran (v) = 0,000011 ft/detik
dengan μ air = 1 cp
= 0,13368 lb/ft.detik

$$\begin{aligned} N_{re} &= \frac{\text{ID} \times v \times \rho}{\mu} \\ &= 0 < 2100 \text{ (Aliran Laminer)} \end{aligned}$$

dengan $N_{re} < 2100$, menentukan diameter Sparger, pers 6.3Treybal hal 141

$$\begin{aligned} dp &= 0,0071 \times N_{re}^{-0,05} \text{ cuft} \\ \text{dengan : } dp &= \text{diameter sparger; ft} \\ d &= \text{diameter pipa ID; ft} \\ dp &= 0,0083 \text{ ft} \\ &= 0,2923 \text{ mm} \end{aligned}$$

pemasangan sejajar atau segaris pada pipa, jarak interfacve (C) minimal menggunakan jarak 3 dp, maka C = 0,0248 ft

panjang pipa rencana = 0,75 diameter shell
adalah = 1,78 ft



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

posisi sparger direncanakan disusun bercabang = 20 buah

$$\text{maka banyaknya lubang} = \frac{\text{panjang pipa} \times \text{Cabang}}{C}$$

$$= 1437 \text{ lubang}$$

$$\text{Jumlah lubang tiap cabang} = \frac{\text{Jumlah lubang}}{\text{cabang}}$$

$$= 72 \text{ lubang tiap cabang}$$

Perhitungan spray (perforated pipe) bagian bawah:

$$\text{Rate massa} = 41,1559 \text{ kg/jam}$$

$$= 90,7331 \text{ lb/jam}$$

$$\rho \text{ campuran} = 0,0954 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{Rate volumetrik} = 15,8458 \text{ cuft/mnt}$$

$$= 0,2641 \text{ cuft/detik}$$

Berdasarkan Peter4ed, fig 14-2, halaman 498, asumsi aliran laminer:

$$3 \times q_f^{0,36} \times \rho^{0,18} \quad (\text{Peters, 4ed, pers.15, hal 496})$$

dengan : q_f = fluid flow rate ; cuft/detik

ρ = fluid density ; lb/cuft

$$\text{Di optimum} = 1,2170 \text{ in}$$

$$\text{digunakan pipa ukuran} = 1 \text{ in sch } 40$$

$$\text{OD} = 1,32 \text{ in}$$

$$= 46,6154 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 1,049 \text{ in}$$

$$= 37,0451 \text{ ft}$$

$$A (1/4\pi \text{ID}^2) = 1077,285 \text{ ft}^2$$

$$\text{sg bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}$$

$\rho \text{ reference}$

$$= \frac{0,095}{62,430}$$

$$= 0,0015$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

μ berdasarkan sg bahan:

$$\begin{aligned}\mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \text{reference} \\ &= \frac{0,0015}{1} \times 0,95 \\ &= 0,00145 \quad \text{Cp} \quad (\text{berdasarkan sg bahan})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kec. Aliran (v)} &= 0,000 \quad \text{ft/detik} \\ \text{dengan } \mu \text{ bahan} &= 0,00145 \quad \text{cp} \\ &= 0,00019413 \quad \text{lb/ft.detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{re} &= \frac{ID \ v \ \rho}{\mu} \\ &= 4 \quad >2100 \quad (\text{turbulen})\end{aligned}$$

dengan $N_{re} > 2100$, menentukan diameter Sparger, pers 6.3Treybal hal 141

$$\begin{aligned}dp &= 0,0071 \times N_{re}^{-0,05} \\ \text{dengan : } dp &= \text{diameter sparger; ft} \\ d &= \text{diameter pipa ID; ft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}dp &= 0,0066 \text{ ft} \\ &= 0,2327 \text{ mm}\end{aligned}$$

pemasangan sejajar atau segaris pada pipa, jarak interfacve (C) minimal

$$\text{menggunakan jarak } 3 \ dp, \text{ maka } C = 0,0198 \text{ ft}$$

$$\text{panjang pipa rencana} = 0,75 \text{ diameter shell}$$

$$\text{adalah} = 1,78 \text{ ft}$$

posisi sparger direncanakan disusun bercabang = 20 buah

$$\begin{aligned}\text{maka banyaknya lubang} &= \frac{\text{panjang pipa} \times \text{Cabang}}{C} \\ &= 1805 \text{ lubang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah lubang tiap cabang} &= \frac{\text{Jumlah lubang}}{\text{cabang}} \\ &= 90 \text{ lubang tiap cabang}\end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Packing:

Rasching ring packing disusun secara acak (randomize)

Spesifikasi standar (Van Winkle: 607)

ukuran packing : 1 in

tebal packing : 1/8 in

bahan konstruksi: ceramic stoneware

tinggi packing : 80% dari tinggi shell

tinggi packing : 10 ft

Volume packing : $1/4\pi D^2 H = 1,5$ cuft

Jumlah packing tiap cuft = 1350 buah (Van Winkle ; T.15.1)

Jumlah packing total = 2017,3 buah packing

Spesifikasi:

Fungsi : Mengabsorpsi gas campuran dengan bantuan air proses

Tipe : silinder tegak, tutup bawah dan tutup atas dish
dilengkapi packing rasching ring dan sparger

Dimensi tangki

Volume : 21,1079 cuft
6,4337 m³

Diameter : 2,378 ft

Tinggi : 11,889 ft

Tebal shell : 1/5 in

Tebal tutup atas : 3/16 in

Tebal tutup bawah : 3/16 in

Bahan konstruksi : Stainless steel 316

Spesifikasi packing:

digunakan packing jenis rasching ring dengan spesifikasi standar,
packing disusun secara acak

ukuran packing : 1 in

Tebal packing : 1/8 in

Free gas space : 73%



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Jumlah packing : 45 buah
Bahan konstruksi : ceramic stoneware

Spray bagian atas:

Tipe : standar perforated pipe
Bahan konstruksi : commercial steel
Diameter : 0,2923 mm
Jumlah cabang : 20 buah
Lubang tiap cabang : 72 buah

Spray bagian bawah:

Tipe : standar perforated pipe
Bahan konstruksi : commercial steel
Diameter : 0,2327 mm
Jumlah cabang : 20 buah
Lubang tiap cabang : 90 buah

17. Tangki Pengencer HCl 32% (M-340)

Fungsi : Mengencerkan HCl dari menjadi HCl 32%

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berupa standard dished dilengkapi dengan pengaduk

Komponen	Fraksi Berat	Berat (kg)	r (gr/cc) Perry 7ed, T.2-1
HCl	0,6346	3984,1900	1,834
H ₂ O	0,3654	2294,4389	1,000
	1,0000	6278,6289	

$$\begin{aligned} \text{Densitas Campuran} &= \frac{1}{\frac{\text{fraksi berat}}{\rho \text{ komponen}}} \times 62,43 \\ &= \frac{1}{\frac{0,63}{1,83} + \frac{0,37}{1}} \times 62,43 \\ &= 1,4056 \times 62,43 \\ &= 87,7521 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned}\text{Rate Massa} &= 6278,6289 \text{ kg/jam} \\ &= 13841,9908 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rate Volumetrik} &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{13841,9908}{87,7521} \\ &= 157,7397 \text{ cuft/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{sg bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{87,752}{62,430} \\ &= 1,406\end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan:

$$\begin{aligned}\mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1,41}{1} \times 0,95 \\ &= 1,3353 \text{ Cp (berdasarkan sg bahan)} \\ &= 0,1785 \text{ lb/ft s}\end{aligned}$$

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-283 grade C (f = 12650)

Asumsi : Volume Bahan = 80% Volume tangki

$$H/D = 2$$

Faktor Korosi : 1/8 in = 0,125 in

Perhitungan Dimensi Tangki :

a. Diameter Shell :

$$r \text{ Campuran} = 87,752 \text{ lb/cuft}$$

$$\begin{aligned}\text{volume bahan} &= \frac{13841,9908}{87,752} \times 1 \\ &= 157,7397 \text{ ft}^3\end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} \text{volume tangki} &= \frac{157,7397}{80\%} \\ &= 197,1747 \text{ ft}^3 \quad 1474,86664 \\ \text{Volume tangki} &= (2 \times \text{Volume tutup}) + \text{Volume Shell} \\ 197,1747 &= 2 \times 0,0049 + (3,14/4 \times D^2 \times H) \\ 197,1747 &= 1,1873 D^3 \\ D^3 &= 166,0698 \\ D &= 5 \text{ ft} = 66 \text{ in} \quad r = 33 \\ H &= 8 \text{ ft} = 99 \text{ in} \end{aligned}$$

b. Tebal Silinder (Shell)

Tinggi liquid dalam tangki (Hl) :

$$\begin{aligned} \text{Volume Bahan} &= (3,14 / 4 \times D^2 \times Hl) \\ 157,7397 &= 3,1 \times 5,4966^2 \times Hl / 4 \\ Hl &= 7 \text{ ft} \end{aligned}$$

Menentukan Tekanan Design (Pd)

$$\begin{aligned} \text{Tekanan Operasi} &= 15 \\ \text{Tekanan Hidrostatik} &= Ph = \rho (Hl - 1) / 144 \\ &= \frac{87,752 \times 5,6509}{144} \text{ lb / jam} \\ &= 3,4436 \text{ psi} \end{aligned}$$

Pada umumnya, Tekanan Design (Pd) = 1 - 1,2 tekanan operasi

Disini diambil :

$$\begin{aligned} \text{Tekanan design} &= Pd \\ &= 1,05 (P.\text{Operasi atas} + Ph) \\ &= 1,1 \times 14,7 + 3,4436 \\ &= 19 \text{ psi} \end{aligned}$$

persamaan (13-1) Brownell & Young :

Dipilih sambungan las double welded butt joint, = 0,8

$$t_s = (Pd \times r_i) / (f \times E - 0,6 \times Pd) + C$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$t_s = \frac{19,0508 \times 32,9798}{12650 \times 0,8 - 0,6 \times 19,0508} + 0,125$$
$$= 0,18715 \text{ in}$$

Dipilih tebal standar : 3/16 in

c. Perhitungan Tebal Tutup Atas dan Tutup Bawah

Dipilih sambungan las double we = 0,8

$$R_c = D + 2 \times t_s$$

$$R_c = 66,4596 \text{ in}$$

$$t_b = \frac{0,885 \times 19,05 \times 66,4596}{12650 \times 0,8 - 0,1 \times 19,0508} + 0,125$$

$$t_b = 0,2357 \text{ in}$$

Diambil tebal standar : =1/4 in

Perhitungan Tinggi Tutup Atas :

$$\text{dimana : } R_c = ID = 65,9596 \text{ in}$$

$$i_{cr} = 6\% R_c = 3,9576 \text{ in}$$

$$BC = R_c - i_{cr} = 65,9596 - 3,9576$$

$$= 62,0020 \text{ in}$$

$$= 5,167 \text{ ft}$$

$$AB = r_i - i_{cr} = 32,9798 - 3,9576$$

$$= 29,0222 \text{ in}$$

$$= 2,4185 \text{ ft}$$

Tinggi head :

$$b = R_c - (BC^2 - AB^2)^{0,5}$$

$$= 65,9596 - \sqrt{62,0020^2 - 29,0222^2} \quad \#$$

$$= 11,1694 \text{ in}$$

$$= 0,9308 \text{ ft}$$

$$S_f = 2 \text{ in} \quad \text{(Brownell tabel 5.8)}$$

$$OA = t_b + b + S_f$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$= 0,25 + 11,1694 + 2$$

$$= 13,6694 \text{ in} = 1,1391 \text{ ft}$$

Tinggi tutup atas = Tinggi tutup bawah = OA

$$\text{Tinggi total tangki} = \text{tinggi shell (H)} + (2 \times \text{OA})$$

$$= 98,9394 + 2 \times 13,6694$$

$$= 126,278 \text{ in}$$

$$= 11 \text{ ft}$$

SISTEM PENGADUKAN

Dipilih jenis pengaduk Turbin dengan 6 buah flat blade
 (Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants,
 hal. 164, vol. 1, Ernest E.Ludwig).

Ketentuan : (Geankoplis T.34-1 hal 144)

$$Da / Dt = 1/3 \qquad W / Da = 1/5$$

$$C / Dt = 1 \qquad J / Dt = 1/12$$

$$L / Da = 1/4 \qquad H / Dt = 1$$

dimana :

$$Dt = \text{Diameter tangki} = 5,4966 \text{ ft}$$

$$Da = \text{Diameter impeler} = Dt / 3 = 1,8322 \text{ ft}$$

$$W = \text{Lebar blade} = Da / 5 = 0,3664 \text{ ft}$$

$$L = \text{Panjang blade} = Da / 4 = 0,4581 \text{ ft}$$

$$J = \text{Lebar baffle} = Dt / 12 = 0,4581 \text{ ft}$$

$$E = \text{Tinggi impeler dari dasar t} = 1,8322 \text{ ft}$$

Data - Data

$$\rho \text{ campuran} = 87,752 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ campuran} = 1,3353 \text{ Cp} = 0,17851 \text{ lb/ft s}$$

$$N \text{ ditetapkan} = 120 \text{ rpm} = 6000 \text{ rph} = 2 \text{ rps}$$

$$V = \pi \cdot Da \cdot N \quad (\text{Da dalam meter})$$

$$= 3,14 \times 1,37705 \times 120 = 518,8724 \text{ m/min}$$

$$Ne = \frac{\rho \cdot Da^2 \cdot N}{\mu} = \frac{87,752 \times 3,3570 \times 2}{0,17851}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$N_{re} = 2750,9858 \quad (\text{aliran turbulen})$$

Perhitungan power pengaduk yang dibutuhkan :

Diperoleh nilai $N_{re} > 10000$, sehingga $N_p = KT$

$$KT = N_p = 6,3 \quad (\text{Ludwig, vol-1 T.5-1, hal 301})$$

$$P = \frac{KT \times N^3 \times Da^5 \times \rho}{gc} \quad (\text{McCabe 5ed, tabel 9.2, hal.254})$$
$$(\text{McCabe 5ed, tabel 9.24, hal.253})$$

$$P = \frac{6,3 \times 2^3 \times 1,8322^5 \times 87,752}{32,2}$$
$$= 1642,2040 \text{ ft.lbf/s} = \frac{1642,2040}{550}$$
$$= 2,9858 \text{ Hp} = 1 \text{ Hp}$$

(Joshi, 424)

$$\text{Power Losses pada Gland } 10\% \text{ hp} = 0,1 \times 2,9858$$
$$= 0,2986 \text{ hp}$$

$$\text{Diambil power} = 0,2 \text{ hp}$$

$$\text{Power input dengan gland losses} = 2,9858 + 0,2986$$
$$= 3,2844 \text{ hp}$$

$$\text{Transmission sistem losses } 20\% = 0,2 \times 3,2844$$
$$= 0,6569 \text{ hp}$$

$$\text{Power Total} = 3,2844 + 0,6569 = 3,9413 \text{ hp}$$

$$\text{Karena jumlah pengaduk } 3 \text{ buah, maka power} = 3 \times 3,9413$$
$$= 11,824 \text{ hp}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 0,85$$

$$\text{Sehingga power motor} = \frac{11,8239}{0,85} = 13,9104 \text{ hp} \approx 1 \text{ hp}$$

Spesifikasi :

Nama Alat : Tangki Pengencer

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah torispherical dished head dilengkapi dengan pengaduk.



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Fungsi	:	Untuk mengencerkan asam sulfat hingga 32%
Kapasitas	:	87,7521 ft ³
Ukuran	:	Diameter tangki (ID) : 5 ft
		: 66 in
	Tinggi shell	: 8 ft
		: 99 in
	Tutup atas	: 13,67 in
		: 1,14 ft
	Tutup bawah	: 13,67 in
		: 1,14 ft
	Tebal shell	: 3/16 in
	Tebal tutup atas	: 3/16 in
	Tebal tutup bawah	: 3/16 in

Sistem Pengadu :

Turbin dengan 6 buah flat blade	
Jumlah impeller	: 3 buah
Diameter impeller	: 1,8322 ft
Lebar blade	: 0,3664 ft
Panjang blade	: 0,4581 ft
Putaran	: 120 rpm
Power motor	: 1 hp
Lebar baffle	: 0,4581 ft
Jarak impeller dari dasar	: 1,8322 ft



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

18. Pompa-4 (L-271)

Fungsi : Mengalirkan HCL 32 % dari Tangki pengencer ke tangki penampung

Type : Centrifugal Pump

Dasar Pemilihan : sesuai untuk viskositas rendah, tidak mengandung solid.

Bahan Masuk : 2575,7576 kg/jam = 5678,5152 lb/jam

Komponen	Berat (kg)	Fraksi	ρ
Larutan HCl :			
HCl	3984,1900	0,6346	36,5
H ₂ O	2294,4389	0,3654	1
	6278,6289	1	

$$1 \text{ kg} = 2,2046 \text{ lb}$$

$$1 \text{ gr/ml} = 62,43 \text{ lb/cuft}$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas Campuran} &= \frac{1}{\frac{\text{fraksi berat}}{\rho \text{ komponen}}} \times 62,43 \\ &= \frac{1}{\frac{0,63}{36,5} + \frac{0,37}{1}} \times 62,43 \\ &= 2,6122 \times 62,43 \\ &= 163,0786 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

$$\text{Rate Massa} = 2575,7576 \text{ kg/jam}$$

$$= 5678,5152 \text{ lb/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik} &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{5678,5152}{163,0786} \\ &= 34,8207 \text{ cuft/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{sg bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{163,079}{62,430} \\ &= 2,612 \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

μ berdasarkan sg bahan:

$$\begin{aligned}\mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{2,61}{1} \times 0,95 \\ &= 2,4816 \text{ Cp (berdasarkan sg bahan)} \\ &= 0,33174 \text{ lb/ft s}\end{aligned}$$

Perhitungan diameter pipa

Diameter optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$, digunakan persamaan :

$$\text{Diameter Optimum} = 3,900 \times qf^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

(Peters&Timmerhaus,4ed,pers 45)

$$\begin{aligned}\text{dengan : } qf &= \text{fluid flow rate} = \text{Rate Volumetrik} \\ &= 34,8207 \text{ cuft/jam} \\ &= 0,0097 \text{ cuft/s}\end{aligned}$$

ρ = fluid density ; lb/cuft

$$\begin{aligned}\text{Diameter Optimum} &= 3,900 \times 0,0097^{0,45} \times 163,08^{0,130} \\ &= 0,9379 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih pipa 1/2 , sch 40 (McCabbe 5ed App.5, hal.1087)

$$\text{OD} = 0,840 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 0,622 \text{ in} = 0,052 \text{ ft} = 0,016 \text{ m}$$

$$\text{A} = 0,0013 \text{ ft}^2$$

Cek :

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan linier (v)} &= qf/A \\ &= 0,010 / 0,0013 \\ &= 7,273 \text{ ft/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{Re} &= \frac{D v \rho}{\mu} = \frac{0,05 \times 7,27 \times 163,08}{0,33174} \\ &= 185,31 > 2100 \text{ (asumsi benar)}\end{aligned}$$

Menentukan jumlah energi yang hilang :

1. Karena pipa lurus

Ditetapkan : panjang pipa = 50 ft



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Dari Geankoplis 5ed Fig. 2.10-3 hal 88, didapat data :

Dipilih bahan pipa Galvanized Iron = 0,00015

maka harga e/D = 0,003

f = 0,008

2. Karena friksi (Geankoplis T. 2.10-1 hal 93)

Taksiran panjang pipa lurus = 50 ft

- 3 elbow 90° = 3 x 35 x 0,052 = 5 ft

- 1 gate valve = 1 x 9 x 0,052 = 0,47 ft

Panjang total pipa ; L_e = 56 ft

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Peters\&Timmerhaus, hal.484})$$

$$= \frac{2 \times 0,008 \times 7,273^2 \times 56}{32,2 \times 0,052}$$

$$= 28,3468 \frac{\text{ft}^2 \text{ lbf}}{\text{lbm s}^2}$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad \begin{array}{l} \longrightarrow K = 0,5 \text{ A tangki} > \text{A pipa} \\ \alpha = 1 \text{ (Aliran Turbulen)} \end{array}$$

(Peters&Timmerhaus, hal.484)

$$= \frac{0,5 \times 7,273^{2,0}}{2 \times 1 \times 32,20}$$

$$= 0,4106 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{\Delta v_2^2 - \Delta v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (V_1 \lll V_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0)$$

(Peters&Timmerhaus, hal.484)



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$= \frac{7,273^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,20} = 0,8213 \quad \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

4. Friksi karena Elbow 90 (Geankoplis 2.10-17 hal 94)

$$F_4 = \frac{K_f v_1^2}{2} = \frac{0,750 \times 52,8893}{2} = 19,8335 \frac{\text{ft lbf}}{\text{lbm}}$$

5. Friksi karena gate valve (Geankoplis 2.10-17 hal 94)

$$F_5 = \frac{K_f v_1^2}{2} = \frac{0,170 \times 52,8893}{2} = 4,4956 \frac{\text{ft lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\ &= 28,3468 + 0,4106 + 0,8213 + 19,8335 + \# \\ &= 53,9078 \frac{\text{ft lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

$P_1 = P$ hidrostatik

$$\text{Tinggi bahan} = 6,651 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 163,08 \text{ lb/cuft}$$

$$\begin{aligned} P \text{ hidrostatik} &= \rho \cdot H \\ &= 163,08 \times 6,651 \\ &= 1084,6 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 = 1 \text{ atm} &= 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 \\ &= 2116,800 \text{ lbf/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_2 - P_1 \\ &= 1032,188 \text{ lbf/ft}^2; \\ \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{1032,188 \text{ lbf/ft}^2}{163,079 \text{ lbm/cuft}} = 6,329 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

$$Z_2 = 54,949 \text{ ft}$$

$$Z_1 = 8,245 \text{ ft}$$

$$g/gc = 1,000 \text{ lbf/lbm}$$

$$g \text{ percepatan gravitasi} = 32,2 \text{ ft/dt}^2$$

$$gc \text{ konstanta gravitasi} = 32,2 \text{ ft/dt}^2 \times 1 \text{ lb}_m/\text{lb}_f$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} \Delta Z \frac{g}{gc} &= 46,704 \times \frac{32,200 \text{ ft } t/dt^2}{32,200 \text{ } .lb_m/dt^2 .lb_f} \\ &= 46,704 \frac{\text{ft} \cdot \underline{\text{Lbf}}}{\text{lbm}} \\ \frac{\Delta v^2}{2 \times gc \times \alpha} &= \frac{7,273^2}{2 \times 32 \times 1} \\ &= 0,8213 \frac{\text{ft} \cdot \underline{\text{Lbf}}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

Perhitungan daya pompa

Persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{\Delta Z}{\rho} \frac{g}{gc} + \frac{\Delta v^2}{2\alpha \times gc} + \Sigma F = - Wf$$

$$\begin{aligned} 6,329 + 46,704 + 0,8213 + 53,9078 &= - Wf \\ - Wf &= 107,7624 \frac{\text{ft} \cdot \underline{\text{lb}_f}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

$$hp = \frac{- Wf \times \text{flowrate (cuft/s)} \times \rho}{550}$$

$$hp = \frac{107,762 \times 0,0097 \times 163,079}{550} = 0,3091 \text{ hp}$$

$$\text{Kapasitas} = 34,8207 \text{ cuft/menit} \times 7,481 = 260,4939 \text{ gpm}$$

$$\text{Effisiensi pompa} = 20\% \quad (\text{Peters\&Timmerhaus fig. 14-36})$$

$$\text{Bhp} = \frac{hp}{\eta \text{ pompa}} = \frac{0,309}{0,200} = 1,545 \text{ hp}$$

$$\text{Effisiensi motor} = 80\% \quad (\text{Peters fig 14-38})$$

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{h \text{ motor}} = \frac{1,545}{0,800} = 1,932 \text{ hp} = 1 \text{ Hp}$$

Spesifikasi pompa :

Fungsi : Mengalirkan hcl dari tangki penampung sementara
ke Tangki pengencer HCl 32%

Jenis : Centrifugal pump



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Kapasitas : 2575,758 kg/jam
Bhp : 1,545 hp
Effisiensi Pompa : 20%
Effisiensi Motor : 80%
Power Motor : 1 hp
Jumlah : 1 pompa
Bahan konstruksi : Galvanized Iron

19. Tangki Penampung HCl 32% (F-330)

Fungsi : Menampung HCl 32% dari tangki pengencer

Tipe : silinder tegak, tutup bawah datar dan tutup atas dishead.

Dasar pemilihan : umum digunakan pada tekanan atmosferic.

Kondisi Operasi

- Tekanan = 1 atm
- Suhu = 30 °C
- Waktu penyimpanan = 7 hari = 168 jam

Perhitungan :

Komposisi bahan :

Komponen	Fraksi		
		Berat	Densitas
HCl	0,320	3984,2	36,5
H2O	0,680	8466,4	1
Total	1,00	12451	

$$1 \text{ kg} = 2,2046 \text{ lb}$$

$$1 \text{ gr/ml} = 62,43 \text{ lb/cuft}$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas Campuran} &= \frac{1}{\frac{\text{fraksi berat}}{\rho \text{ komponen}}} \times 62,43 \\ &= \frac{1}{\frac{0,32}{36,5} + \frac{0,68}{1}} \times 62,43 \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} &= 1,4519 \text{ gr/ml} \times 62,43 \\ &= 90,6402 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Massa} &= 12450,5936 \text{ kg/jam} \\ &= 27448,57871 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik} &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{27448,579}{90,6402} \\ &= 302,8300 \text{ cuft/jam} \end{aligned}$$

Direncanakan penyimpanan untuk 7 hari proses 4 buah tangki sehingga volume tangki adalah

$$\begin{aligned} &= \frac{302,8300 \text{ cuft} \times 168 \text{ jam}}{1} \\ &= 50875,4446 \text{ cuft} \end{aligned}$$

Asumsi volume bahan (liquid) mengisi 80% volume tangki sehingga volume ruang kosong sebesar 20% dan digunakan 1 buah tangki.

$$\begin{aligned} \text{Volume Tangki} &= \frac{50875,4446}{80\%} \\ &= 63594,3057 \text{ cuft} \quad 475685,407 \end{aligned}$$

Menentukan ukuran tangki tangki dan ketebalannya

$$\text{Dimensi ratio} = \frac{H}{D} = 2 \quad (\text{Ulrich ; T.4-27 : 248})$$

Dengan mengabaikan volume dished head.

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ 63594,3057 \text{ cuft} &= \frac{3,14}{4} \times D^2 \times 2D \\ 63594,3057 \text{ cuft} &= 1,57 \times D^3 \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} D^3 &= 40505,927 \text{ ft} \\ D &= 34,3431 \text{ ft} \\ &= 412,1172 \text{ in} \\ &= 10,4678 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= 2D = 68,6862 \text{ ft} \\ &= 824,2345 \text{ in} \\ &= 20,9356 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi Cairan dalam tangki :

$$\text{Volume feed} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$50875,4446 = \frac{3,14}{4} \times 1179,4487 \times H$$

$$H = 54,9490 \text{ ft}$$

Penentuan tebal shell :

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

dengan :

t_{min} = tebal shell minimum ; in

P = tekanan tangki ; psi

r_i = jari-jari tangki ; ir (1/2 D)

C = faktor korosi ; ir (digunakan 1/8 in)

E = faktor pengelasan, digunakan double welded E = 1

f = stress allowable, bahan konstruksi stainless steel 316

$$f = 36000 \text{ psi} \quad [\text{Perry 7}^{ed}, \text{T.28-11}]$$

Asumsi volume feed = 80%

P operasi = 1 atm

$$= 14,7 \text{ lb/in}^2 \text{ (psi)}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} P \text{ hidrostatik} &= \rho \times g \times h \\ &= 90,6402 \times 1 \times 54,9490 \\ &= 4980,5859 \text{ lb/ft}^2 \\ &= 34,5874 \text{ lb/in}^2 \end{aligned}$$

P Design 10% lebih besar untuk faktor keamanan

$$\begin{aligned} P \text{ design} &= (P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik}) \times 110\% \\ &= 14,7 + 34,5874 \times 110\% \\ &= 54,2 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_i &= 0,5 \times D \\ &= 0,5 \times 412,1172 \\ &= 206,0586 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{\min} &= \frac{P \times r_i}{fE - 0,6P} + C \\ &= \frac{54,2161 \text{ psi} \times 206,1 \text{ in}}{28800 \text{ psi} - 32,5 \text{ psi}} + 1/8 \\ &= 0,5133 \text{ in} \end{aligned}$$

maka digunakan tebal shell = 1/4 in

Untuk tebal tutup atas, karena tekanan atmosferic, maka tebal tutup atas disamakan dengan tebal shell, maka tebal tutup atas = 1/4 in

Dimensi Tutup Atas :

Tutup atas berbentuk standart dished head

$$\begin{aligned} OD &= D + 2 t_s \\ &= 412 \text{ in} + 0,50 \text{ in} = 412,62 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_c &= 206,3 \text{ in} \text{ [Brownell \& Young, T.5-7]} \\ &= 34 \text{ ft} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Tebal standart toripherical dished (atas) :

$$t_h = \frac{0,885 \times P \times r_c}{f_e - 0,1P} + C$$

dengan :

t_h = tebal shell minimu ; in

P = tekanan tangki ; psi

r_c = crown radius ; in [Brownell and Young, T-5.7]

C = faktor korosi ; in (digunakan 1/8 in)

E = faktor pengelasan, digunakan dobel welded E = 1

f = stress allowable, bahan konstruksi stainless steel 316

$$f = 36000 \text{ psi} \quad \text{[Brownell, T.13-1]}$$

P design = 54 psi

$$t_h = \frac{0,885 \times P \times r_c}{f_e - 0,1P} + C$$

$$= \frac{0,885 \times 54 \times 206}{28800 - 5,4216} + 0,125$$

$$= 0,469 \text{ in digunakan } t = 1/4 \text{ in}$$

$$h = r_c - \sqrt{r_c^2 - \frac{D^2}{4}} \quad \text{[Hesse, 92]}$$

$$= 4,595 \text{ ft}$$

Spesifikasi :

Kapasitas : 302,8300 cuft/jam

Diameter shell, inside : 34,3431 ft

Tinggi Shell : 68,6862 ft

Tebal Shell : 1/4 in

Tebal tutup (dished) : 1/4 in

Bahan konstruksi : Stainless steel 316

Jumlah : 1 buah

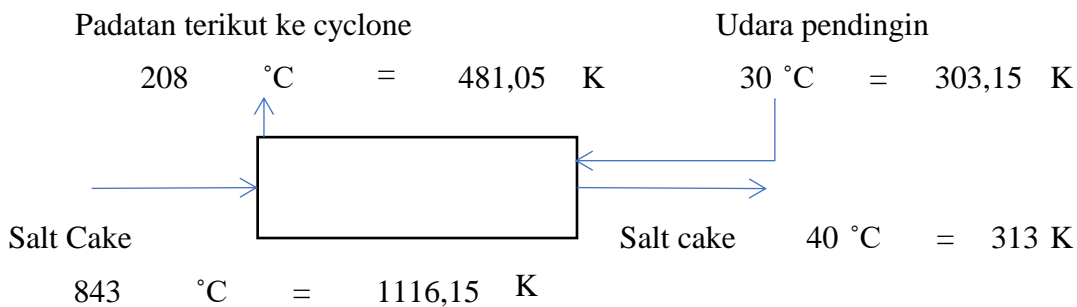


Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

20. Rotary Cooler (E-213)

- Fungsi : Mendinginkan kristal natrium sulfat menggunakan udara
 Dasar Pemilihan : Sesuai untuk pendinginan padatan
 Kondisi Operasi : - Tekanan = 1 atm
 - Suhu = 40 °C
 - Proses operasi = Continuous

Diagram Panas :



Perhitungan :

Dari neraca massa dan neraca panas :

- Feed masuk = 42443,3509 kg/jam
 = 93571,4603 lb/jam
- Suhu bahan masuk = 843 °C = 1549,4 °F
 Suhu bahan keluar = 40 °C = 104 °F
 Suhu udara masuk = 30 °C = 86 °F
 Suhu udara keluar = 207,90 °C = 406,22 °F

Δ LMTD :

$$\Delta t_1 = 1549,4 - 86 = 1463,4 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\Delta t_2 = 406,22 - 104 = 302,22 \text{ } ^\circ\text{F}$$

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

$$= \frac{1463,4 - 302,22}{\ln \frac{1463,4}{302,22}}$$

$$= 736.1529 \text{ } ^\circ\text{F} = 664.346 \text{ K}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Menentukan luas penampang

$$\begin{aligned} \text{Rate udara masuk} &= 28380,8394 \text{ kg/jam} \\ &= 62568,9661 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan supervisial udara (G'G)} = 369 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$$

(Range 369-3687 lb/ft².jam; Perry 7ed, hal 12-55)

$$\text{Luas penampang (S)} = \frac{m_G}{G'_G} = \frac{62568,9661}{369} = 169,5636 \text{ ft}^2$$

Menentukan diameter rotary cooler

$$S = \pi/4 \times D^2$$

$$D^2 = 216,005$$

$$D = 14,6971 \text{ ft} = 4,4797 \text{ m}$$

Menentukan koefisien perpindahan panas volumetrik

$$U_a = \frac{0,5 \times G^{0,67}}{D} \quad [\text{Mc Cabe 5ed, pers.24.28 : 796}]$$

Dengan : U_a = Koefisien volumetrik heat transfer ; Btu/ft³.jam.F
 G = Gas massa velocity ; lb/ft².jam
 D = Diameter dryer ; ft

$$\begin{aligned} U_a &= \frac{0,5 \times G^{0,67}}{D} \\ &= \frac{0,5 \times 369^{0,67}}{14,6971} \\ &= 1,7850 \text{ Btu/ft}^3 \cdot \text{jam.F} \end{aligned}$$

Menentukan panjang rotary cooler

$$L = \frac{Q}{\Delta T_m \cdot U_a \cdot A}$$

Total panas pada steam :

$$Q = 1504780,0600 = 5967355,806 \text{ Btu/jam}$$

$$U_a = 1,7850 \text{ Btu/ft}^3 \cdot \text{jam.F}$$

$$D = 14,6971 \text{ ft}$$

$$\Delta T = 736,1529 \text{ }^\circ\text{F}$$

Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$A = 169,5636 \text{ ft}^2$$

Sehingga diperoleh :

$$L = \frac{5967355,8061 \text{ Btu/jam}}{736,2 \text{ }^\circ\text{F} \times 1,785 \text{ Btu/ft}^3 \cdot \text{jam} \cdot \text{F} \times 169,564 \text{ ft}^2}$$

$$= 26,7815 \text{ ft}$$

$$= 8,1630 \text{ m}$$

Perbandingan L/D rotary cooler = 4 - 10 (Perry 7ed : 12-54)

$$\frac{L}{D} = \frac{26,7815}{4,4797} = 6 \text{ (Memenuhi syarat)}$$

Putaran Rotary Cooler (N)

$$N = \frac{V}{\pi \times D}$$

Dimana : N = Putaran rotary cooler ; rpm
V = Kecepatan keliling selongsong ; 60 - 75 m/menit
diambil V = 60 m/menit

$$\text{Kecepatan putar (N)} = \frac{60}{\pi \times 4,5}$$

$$= 4,265551 \text{ rpm}$$

$$\text{Dipakai N} = 7,9 \text{ rpm}$$

Menentukan waktu tinggal (θ)

$$\theta = \frac{0,23 L}{S N^{0,9} D} \pm 0,6 \frac{BLG}{F} \quad [\text{Perry 7ed : 12-55}]$$

tanda (+) untuk aliran counter current

$$B = 5 (Dp)^{-0,5}$$

Dengan : θ = Time of passes ; menit
L = Panjang drum ; ft
S = Slope drum ; ft/ft
N = Speed ; rpm
B = Konstanta material
G = Rate massa udara ; lb/ft².jam



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

$$F = \text{Rate solid} \quad ; \quad \text{lb solid/ft}^2 \cdot \text{jam}$$

$$D_p = \text{Ukuran partikel} \quad ; \quad \mu\text{m}$$

Ketentuan :

$$S = \text{Slope drum} \quad ; \quad 0 - 8 \text{ cm/m} \quad [\text{Perry 7ed :12-56}]$$

$$G = \text{Rate massa udara} \quad ; \quad \text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$\text{Asumsi : } D_p = 3 \text{ mesh} = 6730 \quad \mu\text{m}$$

$$G = 369 \quad \text{lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$$

$$S = 0,09 \quad \text{ft/ft}$$

$$N = 8 \quad \text{rpm}$$

$$B = 5 \times 6730^{-0,5} = 0,0609$$

$$F = \frac{\text{Feed masuk}}{A} = \frac{93571,4603}{169,5636} = 551,84 \quad \text{lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$$

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{0,23 L}{S N^{0,9} D} + \frac{0,6 BLG}{F} \\ &= \frac{6,1597}{8,4023} + \frac{361,3892}{551,8370} \\ &= 1,388 \quad \text{menit} \approx 3 \quad \text{menit} \end{aligned}$$

Perhitungan sudut rotary cooler

$$\text{Slope} = 0,09 \quad \text{ft/ft}$$

$$\text{tg } \alpha = 0,09$$

$$\alpha = 5^\circ$$

Perhitungan flight rotary drum

Perhitungan berdasarkan Perry 7 ed, 12-56

$$\text{Ketentuan : } \text{Tinggi flight} = 1/12 D - 1/8 D$$

$$\text{Panjang flight} = 0,6 \text{ m} - 2 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah flight tiap 1 circle} = 2,4 D - 3 D$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Pengambilan data :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi flight} &= 1/8 D \\ &= 1/8 \times 4,4797 \\ &= 0,5600 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah flight tiap 1 circle} = 3D = 3 \times 4,4797 = 13 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Total circle} &= \frac{\text{Panjang drum}}{\text{Panjang flight}} \\ &= \frac{26,7815}{2} \\ &= 13,39076 \approx 10 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total jumlah flight} &= \text{Total circle} \times \text{Jumlah flight tiap 1 circle} \\ &= 10 \times 7 \\ &= 73 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar flight} &= \frac{\text{Keliling rotary cooler}}{\text{jumlah flight}} \\ &= \frac{44,4584}{73} \text{ m} \\ &= 0,6125 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan tebal shell drum :

Rotary cooler memakai shell dari Carbon Steel SA-515 grade dengan stress

$$\text{Allowable} = 13700 \text{ psi} \quad (\text{Perry 5 ed Tabel 6-57 hal 6-96})$$

Untuk las dipakai doubl welded butt joint dengan efisiensi 80%

$$\text{Faktor korosi, } C = 1/8$$

$$P \text{ operasi} = 1 \text{ atm} = 15 \text{ psi}$$

P design diambil 10% lebih besar dari P operasi untuk faktor keamanan.

$$\begin{aligned} P \text{ design} &= 1,1 \text{ atm} \times 14,7 \\ &= 16 \text{ psi} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Tebal shell digunakan API-ASME Code :

Dipakai double welded butt joint, maka 80% = 0,8

$$\begin{aligned}t_{\min} &= \frac{P \times r_i}{fE - 0,6P} + C \\&= \frac{16 \times 2,2398 \times 12}{13700 \times 0,8 - 0,6 \times 16} + \frac{1}{8} \\&= 0,1647 \text{ in} = \frac{3}{16} \text{ in}\end{aligned}$$

Isolasi

Batu isolasi dipakai setebal = 12 in
= 1 ft (Perry 7 ed : 12-42)

Diameter dalam rotary = 14,6971 ft

Diameter luar rotary = ID + (2 x ts)
= 14,6971 + 4
= 18,6497 ft

Maka diameter rotary terisolasi = OD + (2 x tebal isolasi)
= 18,6497 + (2 x 1)
= 20,650 ft

Perhitungan Power Rotary cooler

$$H_p = \frac{N \times (4.75 dw + 0.1925 DW + 0.33W)}{100000}$$

Dengan :

N = Putaran rotary ; rpm
d = Diameter shell ; ft
w = Berat bahan ; lb/jam
D = d+2 ; ft
W = Berat total ;lb



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Perhitungan berat total :

a. Berat shell

$$W_e = \frac{\pi}{4,0} \times L \times \rho$$

Dengan :

Do	=	Diameter luar shell	=	18,650	ft
Di	=	Diameter dalam shell	=	14,697	ft
L	=	Panjang drum	=	26,782	ft
	=	Densitas stell	=	490	lb/cuft

$$\begin{aligned} W_e &= \frac{\pi}{4,0} \times ((Do)^2 - (Di)^2) \times L \times \rho \\ &= 103,5 \times 13122,94 \\ &= 1357791,2 \text{ lb} \end{aligned}$$

b. Berat Isolasi

$$W_e = \frac{\pi}{4,0} \times ((Do)^2 - (Di)^2) \times L \times \rho$$

Dengan :

Do	=	Diameter luar shell isolasi	=	20,650	ft
Di	=	Diameter dalam shell isolasi	=	14,697	ft
L	=	Panjang drum	=	26,782	ft
	=	Densitas isolasi	=	19,000	lb/cuft

$$\begin{aligned} W_e &= \frac{\pi}{4,0} \times ((Do)^2 - (Di)^2) \times L \times \rho \\ &= 165,2 \times 508,8487 \\ &= 84045,0 \text{ lb} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

c. Berat Bahan dalam Drum

$$\begin{aligned} \text{Untuk solid hold up} &= 15\% \quad (\text{Ulrich T.4-10}) \\ \text{Rate massa} &= 93571,4603 \quad \text{lb/jam} \\ \text{Berat bahan} &= 107607,1794 \quad \text{lb} \\ \text{Berat total} &= \text{Berat shell} + \text{Berat isolasi} + \text{Berat bahan} \\ &= 1357791,1985 + 84044,9727 + 107607,1794 \\ &= 1549443,3506 \quad \text{lb/jam} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} N &= \text{Putaran rotary ;} \quad 3 \quad \text{rpm} \\ d &= \text{Diameter shell ;} \quad 14,6971 \quad \text{ft} \\ w &= \text{Berat bahan} \quad 107607,1794 \quad \text{lb} \\ D &= d + 2 \quad 16,6971 \quad \text{ft} \\ W &= \text{Berat total ;} \quad 1549443,3506 \quad \text{lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_p &= \frac{N \times (4.75 dw + 0.1925 DW + 0.33W)}{100000} \\ &= 390 \quad H_p \end{aligned}$$

Dengan efisiensi motor = 80% (Perry 6 ed ; pers 20-37)

$$\begin{aligned} P &= \frac{390}{80\%} \\ &= 488 \quad H_p \end{aligned}$$

Spesifikasi :

Fungsi : Menurunkan suhu Sodium Sulfat (Salt Cake)
dari 843 ke 40 C

Type : Rotary cooler



Pra Rencana Pabrik
**“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”**

Kondisi operasi

Suhu	:	40 °C
Tekanan	:	1 atm
Waktu tinggal	:	3 menit
Proses operasi	:	Continuous
Kapasitas	:	93571,4603 lb/jam

Dimensi rotary cooler

Luas	:	169,564 ft ²
Diameter	:	14,6971 ft
Panjang	:	26,7815 ft
Tebal shell	:	2/16 in
Tebal isolasi	:	12 in
Sudut rotary	:	5 °
Jumlah flight	:	73 buah
Jarak antar flight	:	0,6125 ft
Putaran rotary cooler	:	3 rpm
Power	:	488 Hp
Efisiensi motor	:	80%
Bahan konstruksi	:	Carbon Steel SA 515 Grade 55

21. Blower-2 (G-214)

Fungsi	:	Untuk menghembuskan udara luar menuju rotary cooler sebagai pendingin
Type	:	Centrifugal blower
Dasar pemilihan	:	Sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Rate massa udara} &= 28380,8394 \text{ Kg/jam} \\ &= 62568,9661 \text{ lb/jam} \\ \rho \text{ campuran} &= \frac{492}{T} \times \frac{P}{1 \text{ atm}} \times \frac{BM}{359} \end{aligned}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} T &= \text{Suhu bahan (}^\circ\text{Rankine)} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 545,67 \text{ }^\circ\text{Rankine} \\ P &= \text{Tekanan bahan (atm)} = 1 \text{ atm} \\ \text{BM} &= \text{Berat molekul campuran} \\ 492 &= \text{Suhu udara standar (}0^\circ\text{C} = 492 \text{ }^\circ\text{Rankine)} \\ 359 &= \text{Konversi ke lb/cuft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ campuran} &= \frac{492}{545,67} \times \frac{1}{1} \times \frac{28,84}{359} \\ &= 0,0724 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= \frac{\text{Rate massa}}{\rho \text{ campuran}} \\ &= \frac{62568,9661 \text{ lb/jam}}{0,0724 \text{ lb/cuft}} \\ &= 863819,7836 \text{ cuft/jam} \\ &= 14396,9964 \text{ cuft/menit} \end{aligned}$$

Menentukan dimensi blower

Berdasarkan appendix C6a didapatkan:

Asumsi : Aliran turbulen (Foust, 1960)

Dipilih pipa 12 in, sch 40

$$\text{OD} = 12,75 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 11,938 \text{ in}$$

$$\text{A} = 15,77 \text{ in}^2$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Perhitungan power blower

Menggunakan persamaan 10-88 halaman 10-46:

$$H_p = 0,000157 \times Q \times \Delta P \quad (\text{Perry } 7^{\text{ed}}, 1997)$$

Pressure drop diambil = 0,5 psi

Dimana:

$$1 \text{ psi} = 27,7 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$0,5 \text{ psi} = 13,85 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$\begin{aligned} H_p &= 0,000157 \times Q \times \Delta P \\ &= 0,000157 \times 14396,9964 \times 13,85 \\ &= 31,3055 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Effisiensi blowe menggunakan persamaan 10-89 halaman 10-46:

$$\text{Effisiensi} = \frac{H_p \text{ blower}}{H_p \text{ shaft}} \quad (\text{Perry } 7^{\text{ed}}, 1997)$$

Effisiensi blower = 40% - 80%

Dipilih = 80%

$$\begin{aligned} H_p \text{ shaft} &= \frac{31,3055}{80\%} \\ &= 39,1319 \text{ Hp} \\ &= 39,13 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi :

- Fungsi : Untuk mendinginkan salt cake dari furnace dengan udara
Type : Centrifugal blower
Dasar Pemilihan : Sesuai dengan jenis bahan dan effisiensi tinggi
Rate Volumetrik : 863819.7836 cuft/iam
-



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Effisiensi blower	:	80%
Power	:	39 Hp
Bahan konstruksi	:	Carbon steel
Jumlah	:	1 buah

22. Cyclone (H-215)

Fungsi	:	Memisahkan partikel produk yang terbawa aliran udara pengering keluar dari rotary cooler
Type	:	Cyclone separator
Dasar pemilihan	:	Efektif dan sesuai dengan jenis bahan

Perhitungan:

Asumsi : time passes = 2 detik

1. Rate Udara = 28380,8394 Kg/jam
= 62568,9661 lb/jam

$$\rho \text{ campuran} = \frac{492}{T} \times \frac{P}{1 \text{ atm}} \times \frac{BM}{359}$$

Keterangan:

T = Suhu bahan (°Rankine) = 843 °C = 2009,07 °Rankine

P = Tekanan bahan (atm) = 1 atm

BM = Berat molekul campuran

492 = suhu udara standar (0°C = 492 Rankine)

359 = konversi ke lb/cuft

$$\begin{aligned} \rho \text{ campuran} &= \frac{492}{2009,07} \times \frac{1}{1} \times \frac{28,84}{359} \\ &= 0,0197 \text{ lb/cuft} \\ \text{Rate volumetrik} &= \frac{\text{Rate massa}}{\rho \text{ campuran}} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned}
 &= \frac{62568,9661}{0,0197} \text{ lb/cuft} \\
 &= 3180446,813 \text{ cuft/jam} \\
 &= 53007,4469 \text{ cuft/menit} \\
 &= 883,4574 \text{ cuft/detik}
 \end{aligned}$$

Komponen bahan masuk

Komponen	Berat (kg/jam)	Fraksi berat	ρ (gr/cc)
Na ₂ SO ₄	77,5084	0,9711	2,66
NaCl	1,3033	0,0163	2,163
CaSO ₄	0,4175	0,00523	2,96
MgCl ₂	0,1917	0,00240	2,32
MgSO ₄	0,3915	0,00491	2,66
	79,8124	1,0000	

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ campuran} &= \frac{1}{\left(\frac{\sum \text{fraksi berat}}{\rho \text{ komponen}} \right)} \\
 &= \frac{1}{0,3773} \\
 &= 2,6505 \text{ gr/cc} = 165,4724 \text{ lb/cuft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Rate massa solid} &= 79,8124 \text{ kg/jam} \\
 &= 175,9561 \text{ lb/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rate volumetrik} &= \frac{\text{Rate massa}}{\rho \text{ campuran}} \\
 &= \frac{175,9561}{165,4724} \text{ lb/cuft}
 \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} &= 1,0634 \quad \text{cuft/jam} \\ &= 0,0177 \quad \text{cuft/menit} \\ &= 0,00030 \quad \text{cuft/detik} \\ \text{Total rate volumetrik} &= 883,4574 \quad + \quad 0,00030 \\ &= 883,4577 \quad \text{cuft/detik} \end{aligned}$$

Menentukan volume bahan

$$\begin{aligned} \text{Asumsi : time passes} &= 2 \quad \text{detik} \\ \text{Volume bahan} &= 883,4577 \quad \times \quad 2 \\ &= 1766,9155 \quad \text{cuft} \\ \text{Volume cyclone} &= 1,2 \quad \times \quad \text{Volume bahan} \\ &= 1,2 \quad \times \quad 1766,9155 \\ &= 2120,2986 \quad \text{cuft} \end{aligned}$$

Menentukan dimensi cyclone

$$\begin{aligned} \text{H/D} &= 4 \quad - \quad 6 \\ \text{Dipilih H/D} &= 5 \quad ; \quad \text{Maka} \quad \text{H} = 5 \text{ D} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume cyclone} &= \frac{\pi}{4} D^2 H \\ 2120,2986 &= 0,785 \quad \times \quad D^2 \quad \times \quad 5 \text{ D} \\ 2120,2986 &= 3,925 \quad D^3 \\ D^3 &= 540,2035 \\ &= 8,1443 \quad \text{ft} = 2,4824 \quad \text{m} \\ \text{H} &= 5 \text{ D} \\ &= 40,7214 \quad \text{ft} = 12,4119 \quad \text{m} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Spesifikasi Ukuran Cyclone

Bc = Diameter lubang inlet = $1/4 D_c$

$$\begin{aligned} B_c &= \frac{D_c}{4} \\ &= \frac{8,1443}{4} \text{ ft} \\ &= 2,0361 \text{ ft} \end{aligned}$$

De = Diameter gas outlet = $1/2 D_c$

$$\begin{aligned} D_e &= \frac{D_c}{2} \\ &= \frac{8,1443}{2} \\ &= 4,0721 \end{aligned}$$

Hc = Tinggi lubang inlet = $1/2 D_c$

$$\begin{aligned} H_c &= \frac{D_c}{2} \\ &= \frac{8,1443}{2} \\ &= 4,0721 \text{ ft} \end{aligned}$$

Lc = Panjang silinder = $2 D_c$

$$\begin{aligned} L_c &= 2 \times D_c \\ &= 2 \times 8,1443 \\ &= 16,2886 \text{ ft} \end{aligned}$$

Zc = Panjang conis = $2 D_c$

$$\begin{aligned} Z_c &= 2 \times D_c \\ &= 2 \times 8,1443 \\ &= 16,2886 \text{ ft} \end{aligned}$$

Jc = Diameter lubang dust out = $1/4 D_c$

Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} J_c &= \frac{D_c}{4} \\ &= \frac{8,1443}{4} \\ &= 2,0361 \text{ ft} \end{aligned}$$

Sc = Tinggi gas outlet = 1/8 Dc

$$\begin{aligned} S_c &= \frac{D_c}{8} \\ &= \frac{8,1443}{8} \\ &= 1,0180 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Cyclone} &= \frac{\pi}{4} D^2 \\ &= 0,785 \times 66,3292 \\ &= 52,0684 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Bahan} &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{\text{Area cyclone}} \\ &= \frac{883,4577}{52,0684} \\ &= 16,9672 \text{ ft/s} \\ &= 5,1716 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Menentukan ukuran partikel yang bisa lolos (Dpc)

$$D_{pc} = \left(\frac{9 \mu B_c}{\pi N_t V_c (\rho_s - \rho)} \right)^{0,5}$$

Dimana:

Dpc = Ukuran partikel yang bisa lolos ayakan

Bc = Besar inlet dust (ft)

Ns = Jumlah belokan yang dilalui udara



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

V_c = Kecepatan gas masuk cyclone (ft/s)

ρ_s = Densitas bahan (lb/cuft)

ρ = Densitas gas (lb/cuft)

μ = Viskositas gas (lb/ft.s)

Suhu udara masuk = 30 °C

= 86 °F

ρ udara = 1 kg/m³ = 0,06243 cuft/s

μ udara = 0,0175 cP (Kern; Fig. 15; 825)

N_s = 1,8 (Perrd 8ed. Fig.17-38; 17-30)

$$D_{pc} = \left(\frac{9 \mu B_c}{\pi N_t V_c (\rho_s - \rho)} \right)^{0,5}$$

$$= \left(\frac{9 \times 0,0175 \times 2,0361}{0,0175 \times 1,8 \times (165,4724 - 0,06243)} \right)^{0,5}$$

$$= 0,2481 \text{ ft}$$

Perencanaan tebal dan tutup cyclone

Tebal shell berdasarkan ASME code untuk cylindrical tank:

$$t_{min} = \frac{P \times r_i}{f \cdot E - 0,6P} + C$$

Dengan:

t_{min} = Tebal shell minimum (in)

P = Tekanan tangki (lb/in²)

r_i = Jari-jari tangki (in)

C = Faktor korosi (in)

E = Faktor Pengelasan, digunakan double welded

e = 0,8

f = Stress allowable, bahan konstruksi carbon stell tipe SA-283

grade C f = 12650 (Brownell; T.13-1)



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned}
 t_{\min} &= \frac{P \times r_i}{f \times e - 0,6 \times P} + C \\
 &= \frac{14,7 \times 0,5 \times 8,1443}{12650 \times 0,8 - 0,6 \times 14,7} + \frac{1}{8} \\
 &= 0,1309 \text{ in} \text{ maka digunakan } t_s = 3/16 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Menentukan tebal tutup atas

Tebal tutup atas sama dengan tebal shell dikarenakan cyclone pada kondisi atmospheric

Tebal tutup atas = 3/16 in

Menentukan tebal tutup bawah

tutup bawah berbentuk conis

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal conical} &= \frac{P \times D}{2 \cos \alpha (f \cdot E - 0,6 P)} + \frac{1}{8} \\
 &= \frac{14,7 \times 97,7313}{2 \cos 30 (10120 - 8,82)} + \frac{1}{8} \\
 &= \frac{1436,6502}{17512,564} + \frac{1}{8} = 0,2070 \text{ in}
 \end{aligned}$$

maka digunakan tebal tutup = 3/16 in

Spesifikasi:

Fungsi : Memisahkan partikel yang terbawa aliran udara pengering keluar dari rotary cooler

Type : Cyclone separator

Dasar pemilihan : Efektif dan efisien dengan jenis bahan



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Kondisi operasi

Suhu	:	900	°C
Tekanan	:	14,7	psi
Kapasitas	:	175,9561	lb/jam
Kecepatan bahan	:	16,9672	ft/s

Dimensi Cyclone

Tebal shell	:	3/16 in
Diameter silinder	:	8,1443 ft
Panjang silinder	:	16,2886 ft
Diameter lubang inlet	:	2,0361 ft
Diameter gas outlet	:	4,0721 ft
Tinggi lubang inlet	:	4,0721 ft
Diameter lubang dustout	:	2,0361 ft
Tinggi gas outlet	:	1,0180 ft

Dimensi tutup

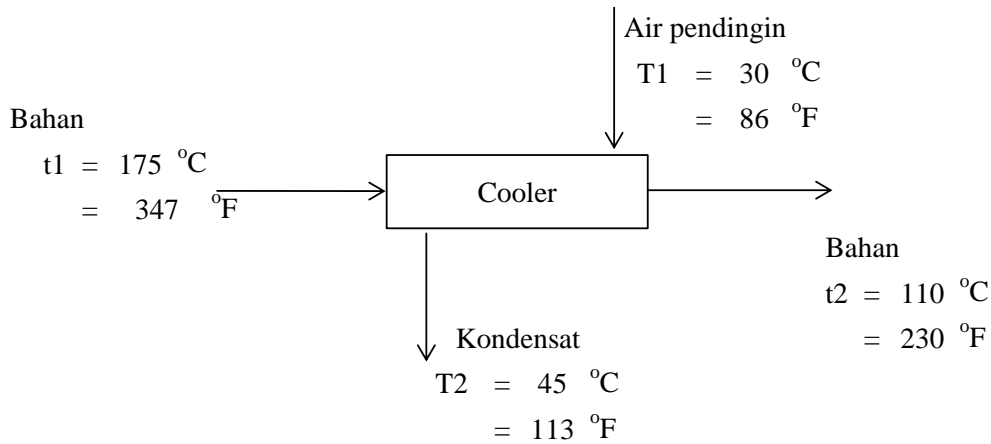
Tebal tutup atas	:	3/16 in
Tebal tutup bawah	:	3/16 in
Panjang conis	:	16,2886 ft
Bahan konstruksi	:	Carbon steel SA-283 Grade C
Jumlah	:	1 buah



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

24. Cooler-1 (E-241)

Fungsi : Mendinginkan bahan dari coke tower dari 175 °C ke 110 °C
 Type : 1-2 Shell and Tube Heat Exchanger
 Dasar Pemilihan : Umum digunakan dan mempunyai range perpindahan panas kecil



(1) Perhitungan :
 Heat balance

Data dari neraca massa dan neraca panas diperoleh :

Rate massa produk = 6041,3692 kg/jam
 = 13318,9233 lb/jam
 Q = 108670,8401 kkal/jam
 = 430988,552 btu/jam
 Kebutuhan air pendingin = 7244,7227 kg/jam
 = 15971,8605 lb/jam

(2) Log Mean Temperature Difference

Hot fluid		Cold fluid	Diff
347	Higher temp	113	234 (Δt1)
230	Lower temp	86	144 (Δt2)
117	Differences	27	
(T1-T2)		(t2-t1)	

$$\Delta T \text{ LMTD} = \frac{(\Delta t_2 - \Delta t_1)}{2,3 \log \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} = \frac{-90}{2,3 \log 1} = 185,58 \text{ } ^\circ\text{F}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

(3) T_c dan t_c

$$T_c = T_{av} \text{ steam}$$

$$T_c = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{347 + 230}{2} = 288,5 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_c = t_{av} \text{ bahan}$$

$$t_c = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{86 + 113}{2} = 99,5 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Dalam perencanaan ini digunakan heater dengan spesifikasi :

Digunakan tube dengan ukuran :

OD, BWG = 1 in 12 BWG

Pitch = 1 1/4 in square pitch

Panjang tube (L) = 10 ft

Dari tabel 10 Kern diperoleh :

$$ID = 0,782 \text{ in}$$

$$a't = 0,479 \text{ in}^2$$

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

Dari T.8, Kern, cooler untuk gas panas daricoke tower dan fluida dingin air diperoleh:

$$\text{Overall } U_D = 2 - 50$$

$$\text{Asumsi} = 2 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta\tau} = \frac{430988,5519}{2 \times 185,581} = 1161,185 \text{ ft}^2$$

$$\text{Jumlah tube } (N_t) = \frac{A}{L \times a''} = \frac{1161,1855}{10 \times 0,2618} = 443,54 \text{ buah} = 52 \text{ buah}$$

Dari tabel 9 Kern, untuk pipa 1 in OD, 12 BWG, 1 1/4 in square pitch diperoleh :

$$\text{Digunakan } N_t = 52$$

$$ID \text{ Shell} = 13 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$\text{Passes } (n) = 4$$

$$\text{Baffle} = 13 \frac{1}{4} \text{ in}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Koreksi U_D

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

$$= 52 \times 10 \times 0,2618$$

$$= 136,136 \text{ ft}^2$$

$$U_D \text{ koreksi} = \frac{Q}{A \times \Delta t} = \frac{430988,5519}{136,14 \times 185,581} = 17,059 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Nilai U_d asumsi sama dengan U_d koreksi (memenuhi)

Fluida dingin (Tube side) Air	Fluida panas (Shell side) produk
(4) Flow Area (at)	(4) Flow Area (as)
$at = \frac{N_t \times a''}{144 \times n}$	$as = \frac{ID_s \times C' \times B}{144 \times P_T}$
$= \frac{52 \times 0,479}{144 \times 4}$	$= \frac{13 \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times 13}{144 \times 1 \frac{1}{4}}$
$= 0,043243 \text{ ft}^2$	$= 0,243837 \text{ ft}^2$
(5) Kecepatan massa (Gt)	(5) Kecepatan massa (Gs)
$G_t = \frac{W}{at}$	$G_s = \frac{W}{as}$
$= \frac{15971,86}{0,043243}$	$= \frac{13318,92}{0,244}$
$= 369350,9 \text{ lb/jam ft}^2$	$= 54622,28 \text{ lb/jam ft}^2$
(6) Pada $T_c = 99,5 \text{ } ^\circ\text{F}$	(6) Pada $t_c = 288,5 \text{ } ^\circ\text{F}$
$\mu_{\text{air}} = 0,700 \text{ cp (Kern, fig15)}$	$\mu_{\text{bahan}} = 0,3 \text{ cP (Fig 14)}$
$= 1,694 \text{ lb/jam ft}$	$= 0,726 \text{ lb/jam ft}$
$D_i = 0,78 \text{ in} = 0,0652 \text{ ft}$	$D_e = 0,99 \text{ in} = 0,0825 \text{ ft}$
$Re_t = \frac{D_i \times G_t}{\mu}$	$Re_s = \frac{D_e \times G_s}{\mu}$
$= \frac{0,0652 \times 369350,88}{1,694}$	$= \frac{0,0825 \times 54622,284}{0,726}$
$= 14208,6$	$= 6207,078$
(7) Mencari J_H	(7) Mencari J_H
$J_H = 43 \text{ (Kern, fig 24)}$	$J_H = 63 \text{ (Kern, fig 28)}$
(8) pada $t_c = 99,5 \text{ } ^\circ\text{F}$	(8) pada $t_c = 288,5 \text{ } ^\circ\text{F}$
$k = 0,32607 \frac{\text{Btu}}{\text{jam ft } ^\circ\text{F}}$	$k = 0,046 \frac{\text{Btu}}{\text{jam ft } ^\circ\text{F}}$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

$$C_p = 1,00 \text{ Btu/lb oF}$$

$$\left[\frac{C_p \mu}{k} \right]^{1/3} = \frac{1,00 \times 1,694}{0,3261} = 1,731945$$

(9) Mencari h_i

$$h_i = J_H \times (k/D) \times (c \times \mu / k)^{1/3} \times \phi_t$$

$$\frac{h_i}{\phi_t} = 43 \times \frac{0,326}{0,0652} \times 1,7319$$

$$= 372,64 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ oF}$$

$$\frac{h_{io}}{\phi_t} = \frac{h_i}{\phi_t} \times \frac{ID}{OD}$$

$$= 372,6 \times \frac{0,7820}{1} = 291,4$$

(10) Mencari t_w

$$t_w = t_c + \frac{h_{io}}{h_{io} + h_o} (T_c - t_c)$$

$$= \frac{289 + 291,4035 \times 189}{291,4 + 478,01199}$$

$$= 360 \text{ oF}$$

(11) pada $t_w = 360 \text{ oF}$

$$\mu_w = 0,48 \text{ cps (Kern : fig14)}$$

$$= 1,1616 \text{ lb/jam ft}$$

$$\phi_t = (\mu / \mu_w)^{0,14}$$

$$= 0,9315$$

(12) Corrected coefficient

$$h_{io} = \frac{h_{io}}{\phi_t} \times \phi_t$$

$$= 291,4035 \times 0,9315$$

$$h_{io} = 271,4567 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ oF}$$

(13) Mencari U_c

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o}$$

$$= \frac{291,4 \times 395,48}{291,4 + 395,48}$$

$$= 167,779 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ oF}$$

$$C_p = 159,663 \text{ Btu/lb oF}$$

$$\left[\frac{C_p \mu}{k} \right]^{1/3} = \left[\frac{159,663 \times 0,7}{0,046} \right] = 13,608$$

(9) Mencari h_o

$$h_o = J_H \times (k/De) \times (c \times \mu / k)^{1/3} \times \phi_s$$

$$\frac{h_o}{\phi_s} = 63 \times \frac{0,046}{0,08} \times 13,6$$

$$= 478,012 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ oF}$$

(11) pada $t_w = 360 \text{ oF}$

$$\mu_w = 2 \mu_{\text{water}}$$

$$= 0,48 \text{ cps Kern:fig14}$$

$$= 1,1616 \text{ lb/jam ft}$$

$$\phi_s = (\mu / \mu_w)^{0,14}$$

$$= 0,8273$$

(12) Corrected coefficient

$$h_o = \frac{h_o}{\phi_s} \times \phi_s$$

$$\phi_s$$

$$= 478,012 \times 0,8273$$

$$h_o = 395,483 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ oF}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

(14) Mencari Dirt Factor (Rd)

$$Rd = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} = \frac{167,78 - 17}{167,78 \times 17} = 0,0527 \text{ jam ft}^2\text{°F/Btu}$$

Rd perhitungan > Rd data
 0,0527 > 0,003

Fluida dingin (Tube side) Air	Fluida panas (Shell side) produk
(1) Untuk Re $Re_t = 14208,6$ $f = 0,0004 \text{ ft}^2/\text{in}^2$ (Kern: fig 26)	(1) Flow Area (as) $(N+1) = \frac{12L}{B} = \frac{12 \times 10}{13 \frac{1}{4}}$ $= 9,056604$
$\Delta P_t = \frac{f \times G_t^2 \times L \times n}{5,22 \times 10^{10} \times D \times \phi_t}$ $= 0,6888 \text{ Psi}$	$D_s = \frac{13}{12} = 1,1042 \text{ in}$
$G_t = 369350,9$, $V^2 = 0,008$ $2g'$	$Res' = 6207,1$ $f = 0,0045 \text{ ft}^2/\text{in}^2$ Kern: fig 29
$\Delta P_T = \frac{4n V^2}{s \cdot 2g' \cdot 1} = \frac{4 \times \text{ft} \cdot x}{0,008}$ $= 0,032 \text{ psi}$	$\Delta P_s = f \times G_s^2 \times D_e \times (N+1)$ $5,22 \times 10^{10} \times D_s \times s \times \phi_s$ $= 1,83E-04 \text{ Psi}$
$\Delta P_t = \Delta P_t + \Delta P_T$ $= 0,6888 + 0,032$ $= 0,7208 \text{ psi}$	$\Delta P_s < 2 \text{ psi}$ (Memenuhi untuk gas) kern,193
$\Delta P_t < 10 \text{ psi}$ (Memenuhi)	

Menentukan dimensi cooler

Luas penampang (A) = $N_t \times L \times a''$

= $1161,1855 \text{ ft}^2$

Diameter cooler (D) = $\sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$

= $38,461 \text{ ft} = 461,53 \text{ in} = 11,723 \text{ m}$

Asumsi :

$H = 1,5 D$

= $1,5 \times 38$

= $57,691 \text{ ft}$

= $17,584 \text{ m}$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Menentukan tekanan design cooler

$$P_{\text{operasi}} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ Psi}$$

Tekanan over design yang digunakan 5-10% dari kerja normal (Walas,1998)

Untuk faktor keamanan tekanan design dlebihihkan 10% dari tekanan total

$$P_{\text{design}} = 1,1 \times 15 \\ = 16,17 \text{ Psi}$$

Menentukan tebal minimum shell

Tebal shell berdasarkan ASME code untuk cylindrical tank :

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

dengan :

t_{min} = tebal shell minimum (in)

P = tekanan tangk (psi)

r_i = jari-jari tangki (in) (1/2 D)

C = faktor korosi (in) (digunakan 1/8 in)

e = faktor pengelasan, digunakan double welded butt joi (0,8)

f = stress allowable, bahan konstruksi carbon steel dengan nikel.

Dipilih bahan konstruksi jenis Carbon steel SA-202 Grade B, maka

$$f = 17500 \text{ Psi} \quad \text{[Brownell, T.13-1]}$$

$$t_{\text{min}} = \frac{P \times r_i}{f_e - 0,6P} + C \\ = \frac{16,17 \times 230,764}{13514,9} + \frac{1}{8} \\ = 0,4011 \text{ in} = \frac{4}{9}$$

(maka digunakan $t_s = 1/4$ in untuk memudahkan pengelasan semua bagian)

Menentukan dimensi tutup atas dan bawah (Elliptical dished)

Tutup atas dan bawah dipilih bentuk Elliptical Dished karena tekanan operasi di atas 200 Psi

$$OD = ID + 2t_s \\ = 461,53 + 2 \cdot \frac{4}{9} \\ = 462 \frac{2}{5} \text{ in} = 38 \frac{1}{2} \text{ ft}$$

$$r_c = 144 \text{ in} = 12 \text{ ft} \quad \text{(Brownell \& Young Tabel 5.7)}$$

$$r_{\text{inggi}} \text{ tutup } (h = r_c - \left[r_c^2 - \frac{D^2}{4} \right]^{1/2}) \\ = 12 - \left[12^2 - \frac{38,461^2}{4} \right]^{1/2} \quad \text{(Hesse : 4-14)} \\ = 52,902 \text{ ft} = 16,125 \text{ m} = 634,83 \text{ in}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$t_h = \frac{P D_i}{2 f x e - 0,2 x P} + C \quad (\text{Brownell \& Young pers 13.10 hal 256})$$

Dimana :

- Pd = Tekanan desain (psi)
rc = crown radius (in)
e = Faktor Pengelasan, (0,8)
th = Tebal tutup minimal (in)

$$t_h = \frac{16,17 \times 461,5271125}{27996,766} + \frac{1}{8} = 0,39 \text{ in} \quad (\text{Maka digunakan } t_h = 1/4 \text{ in})$$

Spesifikasi :

- Fungsi = Mendinginkan produk dari 175°C menjadi 110°C
Tipe = 1-2 Shell and Tube Heat Exchanger
Dasar pemilihan = Umum digunakan dan mempunyai range perpindahan panas yang besar serta cocok untuk kapasitas rate yang besar

Kondisi operasi :

- Tekanan : 1 atm
Suhu : 35 °C
Waktu operasi : Continue

Dimensi cooler

- Diameter cooler : 38,461 ft
Tinggi heater : 57,691 ft
Tebal shell : 7/16 in

Dimensi Tube

- OD , BWG : 1 in 12 BWG
Panjang (L) : 10 ft
Pitch : 1 1/4 in square pitch
Jumlah tube (Nt) : 52 buah
Passes (n) : 4
ID Shell : 13 1/4 in
Baffle space : 13 1/4 in
Flow area per tube (a't) : 0,479 in²
Surface per lin ft (a") : 0,2618 ft²
Luas penampang (A) : 136,1360 ft²



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Dimensi Tutup

Tebal tutup atas (dished) : 6/16 in
Tinggi tutup atas : 52,902 ft
Tebal tutup bawah (dishe : 6/16 in
Tinggi tutup bawah : 52,902 ft

Faktor pengotor

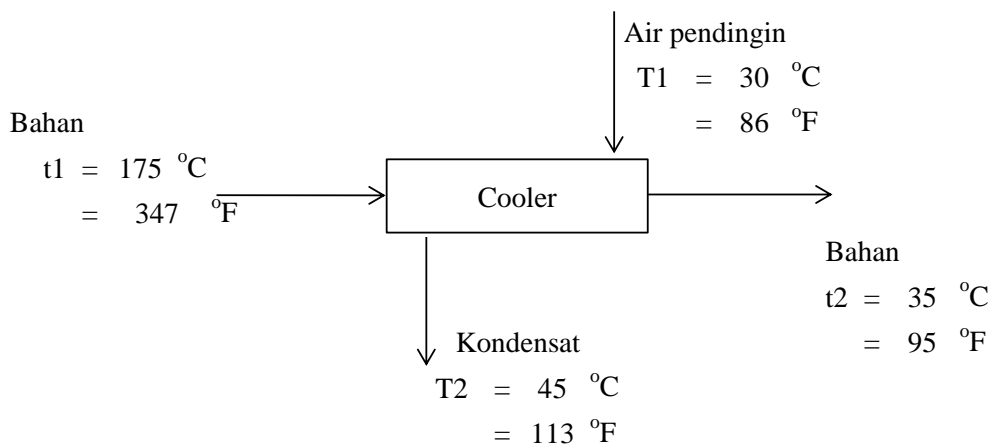
Rd recuiered : 0,003
Rd calculated : 0,0527

Pressure Drop

Shell : 1,83E-04 Psi
Tube : 0,7208 Psi
Bahan Konstruksi shell : Carbon steel , SA-212 grade B
Jumlah : 1 buah

25. Cooler-2

Fungsi : Mendinginkan bahan dari coke tower dari 175 °C ke 35 °C
Type : Double Pipe Exchanger
Dasar Pemilihan : Umum digunakan dan mempunyai range perpindahan panas kecil



(1) Perhitungan :

Heat balance

Data dari neraca massa dan neraca panas diperoleh :

Rate massa produk = 374,4421 kg/jam
= 825,5026 lb/jam
Q = 31025,2063 kkal/jam



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned} &= 123045,968 \text{ btu/jam} \\ \text{Kebutuhan air pendingin} &= 2068,3471 \text{ kg/jam} \\ &= 4559,9193 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

(2) Log Mean Temperature Difference

Hot fluid		Cold fluid	Diff	
347	Higher temp	113	234	(Δt_1)
95	Lower temp	86	9	(Δt_2)
252	Differences	27		
(T1-T2)		(t2-t1)		

$$\Delta T \text{ LMTD} = \frac{(\Delta t_2 - \Delta t_1)}{2,3 \log \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} = \frac{-225}{2,3 \log 0,0385} = 69,136 \text{ } ^\circ\text{F}$$

(3) Tc dan tc

$$T_c = T_{av} \text{ pendingin}$$

$$T_c = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{347 + 95}{2} = 221 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_c = t_{av} \text{ bahan}$$

$$t_c = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{86 + 113}{2} = 99,5 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Dari T.8, Kern, cooler untuk fluida panas asam sulfat dan fluida dingi air pendingin dengan viskositas kurang dari 1 cP, diperoleh :

$$\text{Overall } U_D = 75 - 150$$

$$\text{Asumsi} = 75 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta T} = \frac{123045,968}{75 \times 69,136} = 23,730 \text{ ft}^2$$

Asumsi digunakan ukuran pipa

A number 20 ft hairpins of 1/2 by 1/4 in, sch 80

$$\text{ID, } 1/2 \text{ in} = 0,546 \text{ in}$$

$$\text{OD } 1/4 \text{ in} = 0,540 \text{ in}$$

$$\text{ID, } 1/4 \text{ in} = 0,302 \text{ in}$$

Berdasarkan table 6.2 kern, Inner pipe memiliki flow area lebih besar dari annulus. Maka feed yang lebih besar masuk ke annulus



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Cold Fluid : Annulus, air pendingin	Hot Fluid : Inner Pipe, Asam sulfat
(4) Flow Area	(4) Flow Area
$D_2 = \frac{0,546}{12} \quad D_1 = \frac{0,540}{12}$ $= 0,0455 \text{ ft} \quad = 0,045 \text{ ft}$	$D = \frac{0,302}{12}$ $= 0,0252 \text{ ft}$
$a_a = \frac{3,1 (D_2^2 - D_1^2)}{4}$ $= 0,002434 \text{ ft}^2$	$a_p = \frac{3,1 D^2}{4}$ $= 0,0716 \text{ ft}^2$
$D_e = \frac{(D_2 - D_1)}{D_1}$ $= 0,0111 \text{ ft}$	
(5) Massa Velocity	(5) Massa Velocity
$G_a = \frac{W}{a_a}$ $= \frac{4559,9193}{0,002434}$ $= 1873289 \text{ lb/Jam ft}^2$	$G_p = \frac{w}{a_p}$ $= \frac{825,5026}{0,071595}$ $= 11530,1491 \text{ lb/Jam ft}^2$
(6) Pada T _c = 221 °F	(6) Pada T _c = 100 °F
$\mu = 1 \text{ cp (Kern, Fig 15)}$ $= 2,4 \text{ lb/Jam ft}$	$\mu = 0,3000 \text{ cP}$ $= 0,7260 \text{ lb/jam ft}$
Reynolds, Re _a = $\frac{D_e \times G_a}{\mu}$	Reynolds, Re _f = $\frac{D \times G_p}{\mu}$
$= \frac{0,0111 \times 1873289}{2,42}$ $= 8601$	$= \frac{0,0252 \times 11530,15}{0,726}$ $= 399,6907$
(7) Mencari J _H	(7) Mencari J _H
J _H = 300 (Kern, Fig 24)	J _H = 3 (Kern, Fig 24)
	(8) Pada T _c = 100 °F
	k = 0,4 Btu Hour-ft °F
	C _p = 1,8 Btu lb °F



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

(9) Condensation of water
 $h_o = 100 \text{ Btu / Hour} \cdot (\text{Kern:164})$

$$\begin{aligned}\mu_w &= 2 \mu_{\text{water}} \\ &= 2 \times 0,6 \text{ (Kern, Fig 14)} \\ &= 1,1 \text{ cps} \\ &= 2,7 \text{ lb/Jam ft} \\ \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14} &= \left(\frac{0,7260}{2,662}\right)^{0,14} \\ &= 0,8 \\ (C_p \mu)^{1/3} &= \left(\frac{1,8 \times 0,7}{0,406}\right)^{1/3} \\ &= 1,5\end{aligned}$$

(9) h_i

$$\begin{aligned}h_i &= J_H \frac{k}{D} C_p \mu^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14} \\ &= 3 \times \frac{0,4}{0,0252} \times 1,5 \times 0,8 \\ &= 59,5732 \text{ Btu/Hour-ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}\end{aligned}$$

(10) koreksi h_i terhadap permukaan OD

$$\begin{aligned}h_{io} &= h_i \times \frac{ID}{OD} \\ &= 59,6 \times \frac{0,3}{0,5} \\ &= 33\end{aligned}$$

(11) Clean Overall Coefficient, U_c

$$\begin{aligned}U_c &= \frac{h_{ic} \times h_o}{h_{ic} + h_o} = \frac{33 \times 100}{33 + 100} \\ &= 24,9908 \text{ Btu/Hour-ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}\end{aligned}$$

(12) Design Overall Coefficient, U_D

$$\begin{aligned}\frac{1}{U_D} &= \frac{1}{U_c} + R_d \\ R_d &= 0,003 \text{ (Kern, Table 8)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{1}{U_D} &= \frac{1}{U_c} + R_d \\ &= \frac{1}{24,9908} + 0,003\end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$U_D = 23,2478 \text{ Btu/Hour-ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

(13) Required Surface

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{U_D \times DT} \\ &= \frac{123045,968}{23,2478 \times 69,1363} \\ &= 76,5559 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Dari Table 11 untuk Pipa Standart 1/8 in IPS $a = 0,1 \text{ ft}^2$

$$\begin{aligned} \text{Required Length} &= \frac{76,5559}{0,058} \\ &= 1319,9301 \text{ lin ft} \end{aligned}$$

This may be fulfilled by connecting four 20-ft hairpins in series.

(14) Maka Luas Permukaan

$$\begin{aligned} &= 160 \times 0,1 \\ &= 9,2800 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_D &= \frac{Q}{A \times DT} \\ &= \frac{123045,968}{9,280 \times 69,1363} \\ &= 191,7843 \text{ Btu/Hour-ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

Dirt Factor

$$\begin{aligned} R_D &= \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D} \\ &= -0,035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_D \text{ Perhitungan} &> R_D \text{ Data} \\ -0,035 &> 0,003 \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Fluida Dingin (Annuulus) air pendingin	Fluida dingin (Inner Pipe) asam sulfat
<p>(1) D'e untuk perbedaan pressure drop dari De untuk perpindahan panas</p> $D'e = (D_2 - D_1)$ $= 0,0455 - 0,045$ $= 0,0005 \text{ ft}$ <p>Reynolds, Re'a = $\frac{D'e \times G_a}{\mu}$</p> $= \frac{0,0005 \times 123046}{2,42}$ $= 25,423$ $f = 0,0035 \times \frac{0,264}{25,423}$ $= 0,00003635$ <p>v = 6,4 s = 1 ρ = 62 x s = 62</p> <p>(2) $D = \frac{4fG_a^2L}{2g\rho^2D'e}$</p> $= \frac{0,0001454 \times 2422449640159,9}{1627591680}$ $= 0,216381 \text{ ft}$ <p>(3) $V = \frac{G}{3600\rho}$</p> $V = \frac{G}{3600\rho} = \frac{123046}{224640}$ $= 0,5 \text{ fps}$ $F_t = 3 \left(\frac{V^2}{2g'} \right)$ $= 3 \times \frac{0,3000}{2 \times 32}$ $= 0,014 \text{ ft}$ $D_{pa} = \left(\frac{0,2164 + 0,014}{144} \right) 62,4$ $= 0,0998 \text{ psi}$ <p>AllowatΔPa = 10 psi</p>	<p>(1) Untuk Re_p = 399,69</p> $f = 0,0035 \times \frac{0,264}{DG/\mu^{0,42}}$ $= 0,0035 \times \frac{0,264}{399,69^{0,42}}$ $= 0,000075$ <p>s = 1,8 ρ = 62 x s = 112,32</p> <p>(2) $D = \frac{4fG_a^2L}{2g\rho^2D}$</p> $= \frac{0,0002985 \times 21271094210,5}{265427651174,40}$ $= 0,0000239 \text{ ft}$ $\Delta P_1 = \frac{0,0000 \times 112}{144}$ $= 0,0000 \text{ psi}$ $= 0,011 \text{ psi}$ <p>AllowatΔP_p = 10 psi</p>



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Spesifikasi :

Fungsi : Untuk mendinginkan larutan asam sulfat dari suhu 175C ke 35C
Type : Double Pipe Echanger
Dasar pemi : Umum digunakan dan mempunyai range perpindahan panas yang kecil serta cocok digunakan untuk rate yang kecil.

Kondisi Operasi :

Tekanan : 1 atm
Waktu Operasi : Continue

Anulus

IPS, sch : 1/2 in Sc 80
OD : 0,8 in
ID : 0,5 in
Jumlah Pipa : 4 Buah
Panjang Harpins : 20 ft

Faktor Pengontor

Rd Required : 0,003
Rd Calculated : -0,035

Pressure Drop :

Anulus : 0,0998 psi
Pipe : 0,0110 psi
Bahan Kontruksi : Commercial Pipe



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

26. Ball Mill (C-216)

Fungsi	:	Menghaluskan solid sampai 100 mesh
Type	:	Marcy Ball Mill
Dasar pemilihan	:	Sesuai dengan jenis bahan dan kapasitas
Kondisi operasi	:	Tekanan operasi = 1 atm
		Suhu operasi = suhu kamar
		Waktu operasi = continue

Perhitungan :

Rate bahan	=	7902,2291	kg/jam
	=	17421,4124	lb/jam
	=	189,7	ton/hari

Berdasarkan rate massa 189,7 ton/hari, dari Perry 7ed ; Tabel 20-16 didapatkan :

Jenis Ball Mill	=	Marcy Ball Mills
Diameter mill	=	4,5 ft
Panjang mill	=	6 ft
Ball charge	=	8,9 ton
Power	=	85-95 hp, dipilih = 85 hp
No.sieve	=	100 mesh
Rate maksimum	=	105 ton/hari
Mill Speed	=	24,0 rpm

Mencari diameter ball

Dball	=	K	x	Xf
dimana :	Dball	=	diameter ball	
	K	=	Konstanta grindability, antara 35 - 55 in.	
		Dipilih K =	55	in [Foust, App C-8]
	Xf	=	Ukuran rata-rata feed	= 0,0041

maka :

$$D_{ball} = 55 \times 0,0041 = 0,2255 \text{ in}$$

Spesifikasi

Diameter mill	:	4,5 ft	=	1,3716 m
Panjang mill	:	6 ft	=	1,8288 m
Diameter ball	:	0,2255 in		



Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Power	:	85	hp
No.sieve	:	100	mesh
Rate maksimum	:	105	ton/hari
Mill Speed	:	24	rpm
Bahan ball	:	carbon steel	
Bahan konstruksi	:	carbon steel C - 283	
Jumlah	:	1	buah

25. Screen (S-217)

Fungsi	:	Menyaring produk sodium nitrate dari ball mill
Type	:	Vibrating Screen
Dasar Pemilihan	:	Sesuai dengan ukuran , kapasitas dan jenis bahan

Perhitungan

Bahan masuk	=	8297,3406	kg/jam
	=	8,2973	ton/jam

ukuran yang tersaring diharapkan mempunyai ukuran 100 mesh

produk oversize = 5 %

produk undersize = 95 %

Lubang ukuran 100 mesh = 0,149 mm

Perhitungan Efisiensi Screen

$$E = 100 \times \frac{100(e - v)}{e(100 - v)} \quad (\text{Perry 7ed pg. 19-23})$$

dimana : E = efisiensi screen

e = % undersize dalam feed

v = % undersize dalam screen oversize

sehingga

$$E = 100 \times \frac{100(95 - 5)}{95(100 - 5)}$$

$$= 99,7 \%$$

dari perry 6^{ed} hal. 21-15 untuk tipe screen vibrated didapat spesifikasi :

Spesifikasi Screen

Fungsi	:	Menyaring produk sodium nitrate dari ball mill
Type	:	Vibrating Screen
Kapasitas	:	8,3 ton/jm
Speed	:	50 vibration/dt



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

No. Sieve	:	100	mesh
Sieve design	:	standart	149 micron
Sieve opening	:	0,1490	mm
Ukuran kawat	:	0,1100	mm
Effisiensi	:	99,7	%
Jumlah	:	1	buah



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

APPENDIX D
ANALISA EKONOMI

Kapasitas bahan baku = 6821,2973 kg/jam

Dengan bahan baku berupa :

Garam = 6821,2973 kg/jam

H₂SO₄ 98% = 6004,1743 kg/jam

Dengan bahan pembantu berupa :

Coke = 293,1882 kg/jam

Silika = 69,272 kg/jam

Menghasilkan produk berupa :

Na₂SO₄ = 7750,8432 kg/jam

HCl = 3984,1900 kg/jam

Analisa ekonomi sangat penting dalam suatu perencanaan pabrik, agar kita mengetahui pabrik yang direncanakan ini layak untuk didirikan atau dalam artian memenuhi.

Faktor - faktor yang perlu ditinjau antara lain :

1. Laju Pengembalian Modal (*Rate of Return*)
2. Lama Pengembalian Modal (*Pay of Period*)
3. Titik Impas (*Break Even Point*)

Untuk meninjau faktor - faktor diatas, perlu adanya penaksiran terhadap beberapa faktor, yaitu :

1. Penaksiran modal industri (*Total Capital Investment*) yang terdiri atas :
 - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Production Cost*) yang terdiri atas :
 - a. Biaya Pembuatan (*Manufacture Cost*)
 - b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expences*)
3. Total Pendapatan

1. Harga Pendapatan

Harga peralatan berubah menurut waktu resmi sesuai dengan kondisi ekonomi dunia. Untuk mem-perkirakan harga peralatan saat ini, digunakan indeks seperti pada persamaan sebagai berikut :

$$C_p = \frac{I_p}{I_o} \times C_o$$

Dimana :

C_p = Harga alat pada tahun 2019

C_o = Harga alat pada tahun data 2014

I_p = Cost Index pada tahun 2019

I_o = Cost Index pada tahun data 2014



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Perhitungan peralatan didasarkan pada cost equipment. Sedangkan cost index didasarkan pada "Peters Plants Desing and Economic for Chemical Engineering"

Tabel D.1 Indeks Harga Peralatan

Tahun	Indeks
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8
2016	541,7
2017	562,1
2018	603,1
2019	607,5
2020	603,9

Sumber : CEPCI

Dengan metode last square dan data - data pada tabel diatas dilakukan pendekatan atau penafsiran indeks harga peralatan pada awal tahun dimana data - data tersebut dibentuk dalam persamaan :

$$Y = a + bX$$

Keterangan :

Y = indeks harga peralatan pada tahun ke- n

X = tahun ke- n

n	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	2009	522	4036081	272379,61	1048497,1
2	2010	551	4040100	303380,64	1107108
3	2011	586	4044121	343044,49	1177842,7
4	2012	585	4048144	341757,16	1176215,2
5	2013	567	4052169	321829,29	1141974,9
6	2014	576	4056196	331891,21	1160265,4
7	2015	557	4060225	310026,24	1121952
8	2016	542	4064256	293438,89	1092067,2
9	2017	562	4068289	315956,41	1133755,7
10	2018	603	4072324	363729,61	1217055,8
11	2019	608	4076361	369056,25	1226542,5
12	2020	604	4080400	364640,861	1219787,1
Total	24174	6861	48698666	3931130,661	13823063,6



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

Jumlah data = n = 12

Dengan menggunakan metode Least Square Pers 17-21, Peters&Timmerhauss, diperoleh :

$$\sum (\bar{x} - x)^2 = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} = 143$$

$$\sum (\bar{y} - y)^2 = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} = 7.833,6$$

Pers 17-20, Peters & Timmerhauss

$$\sum (\bar{x} - x)(\bar{y} - y) = \sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n} = 662,5025$$

$$b = \frac{\sum (\bar{x} - x)(\bar{y} - y)}{\sum (\bar{x} - x)^2} = 4,63$$

$$\text{Rata-rata } y = \sum y / 12 = a = 571,8$$

$$\text{Rata-rata } x = \sum x / 12 = c = 2014,5$$

$$\begin{aligned} y &= a + b(x-c) \\ &= 571,788 + 4,63(x - 2015) \\ &= 571,788 + 4,63x - 9332,9 \\ &= -8761,2 + 4,63x \end{aligned}$$

Dari persamaan di atas diperoleh indeks har; 2025 sebesar

$$\begin{aligned} y &= -8761,2 + 4,63x(2025) \\ &= 620,4332 \end{aligned}$$

Kurs Dolar Pada Tahun 2025

$$\text{USD} = \text{Rp } 14.860,00 \text{ (www.kursdolar.net)}$$

Contoh Harga Peralatan

1. Heater

Jenis : Shell and Tube Exchanger

Indeks Harga Tahun 2020 = 603,86

Indeks Harga Tahun 2025 = 620,4

Harga Alat Tahun 2014 = \$ 7.600,00

$$\text{Harga Alat Tahun 2020} = \frac{603,86}{620} \times 7600$$

$$= \$ 7.396,93 \text{ (USD)}$$

Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

APP D -3



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

2. Harga Peralatan Proses

No.	Kode Alat	Nama Alat	Harga per unit (USD)		Jumlah	Harga Total US \$
			2020	2025		
1		Gudang Garam NaCl	\$ 33.900	\$ 32.994	1	\$ 32.994
2		Belt Conveyor	\$ 21.400	\$ 20.828	1	\$ 20.828
3		Bucket Elevator	\$ 21.200	\$ 20.634	1	\$ 20.634
4		Hopper Garam	\$ 20.900	\$ 20.342	1	\$ 20.342
5		Manheim Furnace	\$ 80.000	\$ 77.862	1	\$ 77.862
6		Blower-1	\$ 30.900	\$ 30.074	1	\$ 30.074
7		Rotary Cooler	\$ 17.900	\$ 17.422	1	\$ 17.422
8		Cyclone	\$ 400	\$ 389	1	\$ 389
9		Blower-2	\$ 30.900	\$ 30.074	1	\$ 30.074
10		Ball Mil	\$ 207.500	\$ 201.956	1	\$ 201.956
11		Screen	\$ 19.100	\$ 18.590	1	\$ 18.590
12		Gudang Na ₂ SO ₄	\$ 33.900	\$ 32.994	1	\$ 32.994
13		Tangki H ₂ SO ₄	\$ 126.300	\$ 122.925	1	\$ 122.925
14		Pompa-1	\$ 800	\$ 779	1	\$ 779
15		Heater	\$ 19.000	\$ 18.492	1	\$ 18.492
16		Tangki Pengencer H ₂ SO ₄	\$ 282.000	\$ 274.465	1	\$ 274.465
17		Pompa-2	\$ 900	\$ 876	1	\$ 876
18		Silika Tower	\$ 9.900	\$ 9.635	1	\$ 9.635
19		Coke Tower	\$ 14.200	\$ 13.821	1	\$ 13.821
20		Cooler-1	\$ 13.400	\$ 13.042	1	\$ 13.042
21		Tangki Penampung H ₂ SO ₄	\$ 249.000	\$ 242.347	1	\$ 242.347
22		Cooler-2	\$ 25.200	\$ 24.527	1	\$ 24.527
23		Absorber	\$ 7.800	\$ 7.592	1	\$ 7.592
24		Scrubber	\$ 790	\$ 769	1	\$ 769
25		Pompa-3	\$ 900	\$ 876	1	\$ 876
26		Tangki Pengencer HCl	\$ 353.000	\$ 343.568	1	\$ 343.568
27		Pompa-4	\$ 900	\$ 876	1	\$ 876
28		Tangki Penampung HCl 32%	\$ 262.000	\$ 54.053	1	\$ 54.053
TOTAL						\$ 1.632.800

Total harga peralatan proses pada tahun 2025 = \$ 1632799,70926,
= Rp 24.263.403.680



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

3. Harga Peralatan Utilitas

No.	Kode Alat	Nama Alat	Harga per unit (USD)		Jumlah	Harga Total US \$
			2020	2025		
1		Boiler	\$ 233.900	\$ 227650,1,	1	\$227650,1,
2		Pompa Cooling tower	\$ 6.700	\$ 6521,0,	1	\$ 6521,,
3		Cooling tower	\$ 150.900	\$ 146867,9,	1	\$146867,9,
4		Pompa Air Sungai	\$ 6.700	\$ 6521,0,	1	\$ 6521,,
5		Bak Penampungairsungai	\$ 9.730	\$ 9470,0,	1	\$ 9470,,
6		Tangki koagulasi	\$ 2.530	\$ 2462,4,	1	\$ 2462,4,
7		Pompa Tangki Koagulasi	\$ 6.700	\$ 6521,0,	1	\$ 6521,,
8		Tangki Flokulasi	\$ 5.200	\$ 5061,1,	1	\$ 5061,1,
9		Clarifier	\$ 10.100	\$ 9830,1,	1	\$ 9830,1,
10		Bak penampung flok	\$ 10.480	\$ 10200,0,	1	\$ 10200,,
11		Bak penampung air bersih	\$ 5.200	\$ 5061,1,	1	\$ 5061,1,
12		Pompa ke sand filter	\$ 7.800	\$ 7591,6,	1	\$ 7591,6,
13		Sand Filter	\$ 6.000	\$ 5839,7,	1	\$ 5839,7,
14		Bak penampung air bersih	\$ 4.495	\$ 4374,9,	1	\$ 4374,9,
15		Pompa ke bak sanitasi	\$ 5.700	\$ 5547,7,	1	\$ 5547,7,
16		Kation Exchanger	\$ 3.000	\$ 2919,8,	1	\$ 2919,8,
17		Anion Exchanger	\$ 3.000	\$ 2919,8,	1	\$ 2919,8,
18		Bak penampung air Demnialisasi	\$ 200	\$ 194,7,	1	\$ 194,66,
19		Pompa Kation Exchanger	\$ 5.200	\$ 5061,1,	1	\$ 5061,1,
20		Pompa Anion Exchanger	\$ 5.200	\$ 5061,1,	1	\$ 5061,1,
21		Pompa Air Umpan Boiler	\$ 4.200	\$ 4087,8,	1	\$ 4087,8,
23		Bak penampung air proses	\$ 20	\$ 19,5,	1	\$ 19,5,
24		Pompa air proses	\$ 5.200	\$ 5061,1,	1	\$ 5061,1,
25		Pompa ke bak air pendingin	\$ 9.800	\$ 9538,1,	1	\$ 9538,1,
26		Bak penampung air pendingin	\$ 4.120	\$ 4010,	1	\$ 4009,9,
27		Pompa Recyle air pendingin	\$ 6.700	\$ 6521,,	1	\$ 6521,,
28		Bak penampung brine	\$ 5.402	\$ 5257,7,	1	\$ 5257,7,
29		Pompa ke bak brine	\$ 6.700	\$ 6521,,	1	\$ 6521,,
30		Generator set	\$ 9.800	\$ 9538,1,	1	\$ 9538,1,
31		Tangki penyimpanan bahan bakar	\$ 40.400	\$ 39320,5,	1	\$ 39320,5,
TOTAL						\$ 565550,4,

Total harga peralatan utilitas pada tahun 2025 = \$ 565550,4073,
= Rp 8.404.079.052



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

$$\begin{aligned}
 \text{Total Harga Peralatan} &= \text{Harga peralatan proses} + \text{Harga peralatan utilitas} \\
 &= \$ 1.632.800 + \$ 565.550 \\
 &= \$ 2198350,116,52 \\
 &= \text{Rp } 32.667.482.731
 \end{aligned}$$

2. Harga Bahan Baku

Tabel D.4 Biaya Bahan Baku

No	Bahan baku	kebutuhan (kg/jam)	Harga (Rp/kg)	Harga (Rp/th)
1	H ₂ SO ₄	6004,1743	Rp 5.100,00	Rp 242.520.609.522,81
2	Garam	6821,2973	Rp 8.000,00	Rp 432.197.396.928,00
3	Silika Sand	69,2718	Rp 5.000,00	Rp 2.743.163.151,03
4	Coke	293,1882	Rp 12.000,00	Rp 27.864.606.450,88
Total harga bahan baku per tahun				Rp 705.325.776.052,72

3. Harga Penjualan Produk

Tabel D.5 Hasil Penjualan Produk

No	Produk	Kapasitas	Harga (Rp/kg)	Harga (Rp/th)
1	HCl 32%	36.571.995 liter/th	Rp 21.000,00	Rp 768.011.899.521,00
2	Na ₂ SO ₄	61.386.678 kg/th	Rp 8.100,00	Rp 497.232.094.604,52
Total harga penjualan produk per tahun				Rp 1.265.243.994.125,52

4. Biaya Pengemasan produk

a. Hydrochloric Acid

$$\begin{aligned}
 \text{Produk yang dihasilkan} &= 36.571.995 \text{ liter/th} \\
 \text{Produk dikemas dalam drum plastik 150 liter} & \\
 \text{Kebutuhan drum} &= 243.813 \text{ drum/th} \\
 \text{Harga 1 drum} &= \text{Rp} 70.000 \\
 \text{Biaya pengemasan per tahun} &= \text{Rp } 17.066.931.100
 \end{aligned}$$

b. Natrium Sulfat

$$\begin{aligned}
 \text{Produk yang dihasilkan} &= 61.386.678 \text{ kg/th} \\
 \text{Produk dikemas dalam bag 50 kg} & \\
 \text{Kebutuhan bag} &= 1.227.734 \text{ bag/th} \\
 \text{Harga 1 bag} &= \text{Rp } 1.500 \\
 \text{Biaya pengemasan per tahun} &= \text{Rp } 1.841.600.350
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya pengemasan per tahun} &= \text{Rp } 17.066.931.100 \\
 & \quad \text{Rp } 1.841.600.350 + \\
 & \quad \text{Rp } 18.908.531.451 \\
 \text{Biaya pendukung (10% pengemasan)} &= \text{Rp } 1.890.853.145 + \\
 \text{Total biaya pengemasan per tahun} &= \text{Rp } 20.799.384.596
 \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Sintering”

5. Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jml	Gaji Per Orang	Jumlah
1	Direktur Utama	1	Rp 45.000.000	Rp 45.000.000
2	Direktur Produksi & Teknik	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
3	Direktur Keuangan&Administras	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
4	Sekretaris Direktur	2	Rp 15.000.000	Rp 30.000.000
5	Staff Ahli	3	Rp 15.000.000	Rp 45.000.000
6	Kepala Bagian Produksi	1	Rp 9.500.000	Rp 9.500.000
7	Kepala Bagian Teknik	1	Rp 9.500.000	Rp 9.500.000
8	Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp 9.500.000	Rp 9.500.000
9	Kepala Bagian Umum	1	Rp 9.500.000	Rp 9.500.000
10	Kepala Bagian Keuangan	1	Rp 9.500.000	Rp 9.500.000
11	Kasi Proses	1	Rp 8.500.000	Rp 8.500.000
12	Kasi Riset & Pengembangan	1	Rp 8.500.000	Rp 8.500.000
13	Kasi Utilitas & Energi	1	Rp 8.500.000	Rp 8.500.000
14	Kasi Pemeliharaan & Perbaikan	1	Rp 8.500.000	Rp 8.500.000
15	Kasi Pembelian	1	Rp 8.500.000	Rp 8.500.000
16	Kasi Gudang	1	Rp 8.500.000	Rp 8.500.000
17	Kasi Pemasaran & Penjualan	1	Rp 8.500.000	Rp 8.500.000
18	Kasi Administrasi	1	Rp 8.500.000	Rp 8.500.000
19	Kasi Personalia & Kesejahteraan	1	Rp 8.500.000	Rp 8.500.000
20	Kasi Keamanan	1	Rp 8.500.000	Rp 8.500.000
21	Karyawan Bagian Proses(Kepala	11	Rp 6.000.000	Rp 66.000.000
22	Karyawan Bagian Proses(Regu)	20	Rp 5.000.000	Rp 100.000.000
23	Karyawan Bagian Laboratorium	11	Rp 5.000.000	Rp 55.000.000
24	Karyawan Bagian Utilitas	12	Rp 5.000.000	Rp 60.000.000
25	Karyawan Bagian Personalia	4	Rp 5.000.000	Rp 20.000.000
26	Karyawan Bagian Pemasaran	8	Rp 5.000.000	Rp 40.000.000
27	Karyawan Bagian Administrasi	4	Rp 5.000.000	Rp 20.000.000
28	Karyawan Bagian Pembelian	5	Rp 5.000.000	Rp 25.000.000
29	Karyawan Bagian Pemeliharaan	5	Rp 4.750.000	Rp 23.750.000
30	Karyawan Bagian Gudang	5	Rp 4.750.000	Rp 23.750.000
31	Karyawan Bagian Keamanan	6	Rp 4.750.000	Rp 28.500.000
32	Karyawan Bagian Kebersihan	4	Rp 4.300.000	Rp 17.200.000
33	Dokter	1	Rp 8.000.000	Rp 8.000.000
34	Perawat	4	Rp 4.750.000	Rp 19.000.000
35	Supir	2	Rp 4.000.000	Rp 8.000.000
36	Satpam	5	Rp 4.000.000	Rp 20.000.000
	Total	130	Rp	846.700.000

Gaji Karyawan perbul = Rp 846.700.000

Gaji Karyawan pertah = Rp 10.160.400.000

Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

APP D -7



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

6. Biaya Utilitas

a. Biaya untuk air

Kebutuhan air setiap hari	=	2.160,47	m ³ /hari
Biaya air tiap hari	=	2.160,47	m ³ /hari x Rp330 /m ³
	=	Rp	712.956 /hari
Biaya per tahun	=	Rp	235.275.431

b. Biaya penunjang pengolahan air

1. Alum (tawas)

Kebutuhan	=	13831,34	kg/thn
Harga	=	Rp	6.000 /kg (Tokopedia.com)
Biaya per tahun	=	Rp	82.988.061

2. PAC (Poly Alumunium Chlorida)

Kebutuhan	=	2074,868	kg/tahun
Harga	=	Rp	12.000 /kg (Tokopedia.com)
Biaya per tahun	=	Rp	24.898.410

3. resin kation (Zeolith)

Kebutuhan	=	3,292991	L/tahun
Harga	=	Rp	13.000 /L (Alibaba.com)
Biaya per tahun	=	Rp	42.809

4. resin anion (Aps)

Kebutuhan	=	5,927384	L/tahun
Harga	=	Rp	52.000 /kg (Bukalapak.com)
Biaya per tahun	=	Rp	308.224

5. HCl

Kebutuhan	=	6070,413	L/tahun
Harga	=	Rp20.000,00	/L (Bukalapak.com)
Biaya per tahun	=	Rp	121.408.257

6. NaOH

Kebutuhan	=	1829,439	kg/tahun
Harga	=	Rp	13.000 /kg (Bukalapak.com)
Biaya per tahun	=	Rp	23.782.713



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

c. Bahan bakar

Kebutuhan	=	56,08719	lt/Hari
Harga	=	Rp 11.500	(Solarindustri.com)
Biaya per tahun	=	Rp 5.108.421.144	

d. Listrik

Kebutuhan listrik / jam	=	398,37	kWh
Biaya pemakaian listrik /k	=	Rp 1.457	/kWh (http://listrik.org)
Biaya listrik per tahun	=	Rp 4.597.897.228	

Total biaya Utilitas per tahun Rp 10.195.022.277

7. Luas Tanah dan Bangunan

Luas tanah	=	15.500	m ²
Harga tanah / m ²	=	Rp 4.500.000	(rumah123.com)
Total harga tanah	=	Rp 69.750.000.000	

Luas bangunan pabrik	=	6.000	m ²
Harga bangunan / m ²	=	Rp 5.200.000	(rumah123.com)
Total harga bangunan	=	Rp 31.200.000.000	

Luas bangunan gedung	=	4.000	m ²
Harga bangunan gedung / m ²	=	Rp 2.500.000	
Total harga bangunan gedun	=	Rp 10.000.000.000	

Total Harga bangunan gedung pabrik = Rp 41.200.000.000

Total harga tanah dan bangunan = Rp 110.950.000.000

D.6 Depresiasi

A. Depresiasi Peralatan

Harga pembelian peralatan (A)	Rp	32.667.482.731
Taksiran harga akhir ma: 10% (A)	Rp	3.266.748.273
Usefull life		10
Depresiasi	Rp	2.940.073.446

B. Depresiasi Bangunan

Harga Bangun (B)	Rp	110.950.000.000
Taksiran harga akhir ban 10% (B)	Rp	11.095.000.000
Usefull life		10



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Asam Klorida dari Asam Sulfat dan Natrium Klorida
dengan Proses Sintering”

Depresiasi Rp 9.985.500.000

Total depresiasi = Rp 12.925.573.446

D.7 Bunga Bank

Komposisi Modal

Modal sendiri 60%

Modal Pinjaman 40% , Lama pengembalian = 5 tahun

Suku bunga Bank Rakyat Indonesia 12% per tahun