



APPENDIX A NERACA MASSA

kapasitas produksi 149407,59 ton/tahun
 kapasitas produksi yang digunakan 43000 ton/taf 43000000 kg/tahun
 5429 kg/jam
 waktu operasi 1 tahu = 330 hari 130303,03 2,1717
 1 hari = 24 jam

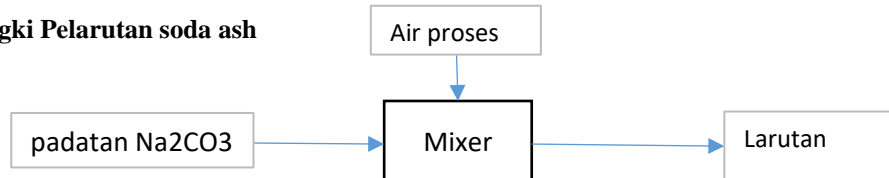
komposisi bahan baku basis produk Na_2HPO_4 = 38,2 mol/jam
 natrium karbonat(Na_2CO_3) asam phosphate(H_3PO_4)

komposisi soda ash : (Shanghai Guanru Chemic) komposisi asam phosphat : (PT. Petrokimia Gre:

komponen	% berat	Berat moleku
Na_2CO_3	99,43%	106
NaCl	0,52%	58,44
H_2O	0,05%	18

komponen	%berat	Berat moleku
H_3PO_4	85	98
H_2O	15	18

Tangki Pelarutan soda ash



kebutuhan soda ash = 4291 kg/jam

komponen	%berat	berat(kg/jam)
Na_2CO_3	99,43%	4266,16049
NaCl	0,52%	22,3112085
H_2O	0,05%	2,1453085
	100,00%	4290,61701

Kelarutan Na_2CO_3 dalam air = 38,9 gr Na_2CO_3
 100 air

Mencari kebutuhan air

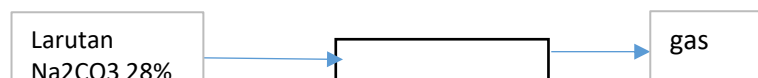
Kebutuhan air untuk melarutkan = 10970,127 kg/jam

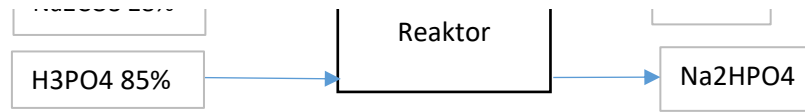
Penambahan air = kebutuhan air - H_2O pada feed
 = 10970,127 - 2,1453085
 = 10967,9817 kg/jam

neraca massa tangki pelarutan

masuk(kg/jam)			keluar(kg/jam)		
Na ₂ CO ₃ padatan			larutan Na ₂ CO ₃ ke reaktor		
Na ₂ CO ₃	=	4266,1605	Na ₂ CO ₃	=	4266,1605
NaCl	=	22,3112	NaCl	=	22,3112
H ₂ O	=	2,1453	H ₂ O	=	10970,1270
		4290,6170			
air proses utilitas					
H ₂ O	=	10967,9817			
total	=	15258,5987	total	=	15258,5987

Reaktor





Reaksi yang terjadi : (Keyes :697)



konversi 95%

kondisi operasi 85 C

tekanan 1 atm

waktu operasi 30 menit

feed masuk

Larutan Na2CO3 dari tangki pelarutan

komponen	berat(kg/jam)	kmol/jam
Na2CO3	4266,1605	40,2468
NaCl	22,3112	0,3818
H2O	10970,1270	609,4515
	15258,5987	

larutan H3PO4 85%

komponen	% berat	berat(kg/jam)	kmol/jam
H3PO4	85%	3944,1861	40,2468
H2O	15%	696,0328	38,6685
		4640,2190	

stokiometri

	$\text{Na}_2\text{CO}_3 (\text{Aq})$	+	$\text{H}_3\text{PO}_4 (\text{l})$	\rightarrow	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 (\text{l})$	+	$\text{CO}_2 (\text{g})$	+	$\text{H}_2\text{O} (\text{l})$
M	40,2468		40,2468						
R	38,2345		38,2345		38,2345		38,2345		38,2345
S	2,0123		2,0123		38,2345		38,2345		38,2345

tinjauan reaksi

mula-mula

Na2CO3 4266 kg/jam

H3PO4 3944 kg/jam

H2O 15% 696 kg/jam

reaksi

konversi 95%

Na2HPO4 5429 kg/jam

H3PO4 3747 kg/jam

Na2CO3 4053 kg/jam

CO2 terbentuk 1682 kg/jam

H2O terbentuk 688 kg/jam

sisanya

Na2CO3 213 kg/jam

H3PO4 197 kg/jam

total H2O 12354,3801 kg/jam

neraca massa reaktor

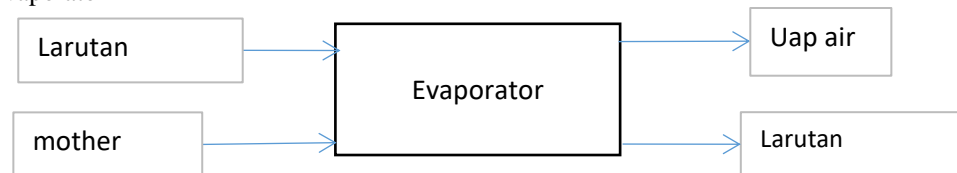
masuk(kg/jam)	keluar(kg/jam)
---------------	----------------



Larutan Na ₂ CO ₃			Larutan Na ₂ HPO ₄		
Na ₂ CO ₃	=	4266,1605	Na ₂ HPO ₄	=	5429,2929
NaCl	=	22,3112	sisas Na ₂ CO ₃	=	213,3080
H ₂ O	=	10970,1270	sisas H ₃ PO ₄	=	197,2093
		15258,5987	NaCl	=	22,3112
H ₃ PO ₄			H ₂ O	=	12354,3801
H ₃ PO ₄ 85%	=	3944,1861		=	18216,5015
H ₂ O 15%	=	696,0328	gas ke G-222		
	=	4640,2190	CO ₂	=	1682,3161
total	=	19898,8176	total	=	19898,8176

Evaporator

Evaporator



feed masuk

komponen	berat(kg/jam)	fraksi berat
Na ₂ HPO ₄	5429,2929	0,2980
sisas Na ₂ CO ₃	213,3080	0,0117
sisas H ₃ PO ₄	197,2093	0,0108
NaCl	22,3112	0,0012
H ₂ O	12354,3801	0,6782
	18216,5015	1

0,67819719

kadar pemekatan evaporator 48,59%

neraca massa total $F = V + L$

neraca massa komponen : $F \cdot X_f = V \cdot X_v + L \cdot X_l$

Asumsi tidak ada disodium phosphate yang menguap maka : $V \cdot X_v = 0$

F 18216,5015 kg/jam

X_f 0,2980

X_l 0,4859 (kadar pemekatan)

maka L 11174,5411 kg/jam

berat bahan non air pada feed = berat feed - berat air
 = 18216,5015 - 12354,3801
 = 5862,1215 kg/jam

berat air pada produk = berat larutan akhir(L - berat bahan non air pada feed)
 = 11174,5411 - 5862,1215
 = 5312,4197 kg

berat air pada feed = 12354,3801

berat air yang menguap = 7041,9604

neraca massa

masuk(kg/jam)			keluar(kg/jam)		
Larutan Na ₂ HPO ₄ dari reaktor(R-2)			menuju crystallizer		
Na ₂ HPO ₄	=	5429,2929	Na ₂ HPO ₄	=	5429,2929
sisas Na ₂ CO ₃	=	213,3080	sisas Na ₂ CO ₃	=	213,3080
sisas H ₃ PO ₄	=	197,2093	sisas H ₃ PO ₄	=	197,2093



**APPENDIX B
PERHITUNGAN NERACA PANAS**

Kapasitas Produksi = 43000000 kg/tahun
 Waktu Operasi = 1 tahun = 330 hari
 1 hari = 24 jam
 Satuan massa = kilogram/jam
 Satuan Panas = kilokalori/jam

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

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

Denga : H = panas ; kkal
 n = berat bahan ; kmol
 Cp = spesifik heat ; kkal/kmol kelvin
 T_{re} = suhu reference ; Kelvin
 T = suhu bahan ; kelvin

$$C_p = A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3$$

Dengan : Cp = Spesif (kkal/kmol. Kelvin)
 A,B,C,D = Konstanta
 T = Suhu t (Kelvin)

Perhitungan intergrasi ΔH , (Himmelblau : 412) :

$$C_p = A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3$$

Cp = kkal/kmol. K

$$\begin{aligned} \Delta H &= n \int_{T_{ref}}^T C_p \Delta T = n \int_{T_{ref}}^T (A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3) dT \\ &= n [(A(T - T_{ref})) + (B/2(T^2 - T_{ref}^2)) + (C/3(T^3 - T_{ref}^3)) + (D/4(T^4 - T_{ref}^4))] \\ &= \text{kmol} \cdot [\text{kkal/kmol} \cdot \text{K}] = \text{kkal} \end{aligned}$$

Perhitungan intergrasi ΔH , (Perry 8ed) :

Untuk H₂O(l) dan udara

$$\Delta H = n \int_{T_{ref}}^T C_p \Delta T = n [(C_1(T - T_{ref})) + (C_2/2(T^2 - T_{ref}^2)) + (C_3/3(T^3 - T_{ref}^3)) + (C_4/4(T^4 - T_{ref}^4)) + (C_5/5(T^5 - T_{ref}^5))]$$

Data konstanta heat capacity (A,B,C,D)

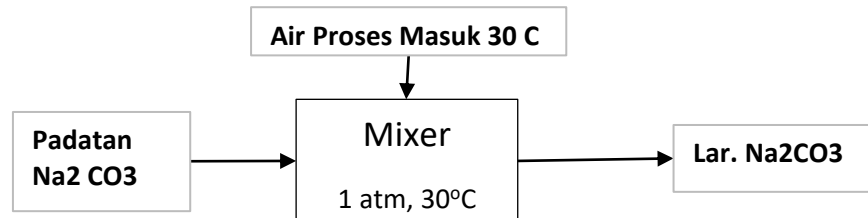
Komponen	BM	A	B	C	D	E	Literature
Na ₂ CO ₃	106	28,9					(Perry 9 ^{ed} ; T.2-70)
NaCl impuriti	58,4	10,8	0,0042				(Perry 9 ^{ed} ; T.2-70)
Na ₂ HPO ₄	142	86,6					(Perry 9 ^{ed} ; T.2-70)
H ₃ PO ₄	98	0,45	Cp dari (Perry 9^{ed}; T.2-84)				
CO ₂	44	10,3	0,00274	-195500			(Perry 9 ^{ed} ; T.2-70)
O ₂	32	8,27	0,000258	-187700			(Perry 9 ^{ed} ; T.2-70)
N ₂	28	6,5	0,001				(Perry 9 ^{ed} ; T.2-70)
H ₂ O(g)	18	33,9	-8,42E-03	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12	(Yaws, T.2-2)
Na ₂ HPO.2H ₂ O	358	133					(Perry 9 ^{ed} ; T.2-70)



Literature : Perry 9ed, table 2-72 (J/kmol K)

komponen	BM (kg/kmol)	C1	C2	C3	C4	C5
H ₂ O(L)	18	276370	-2090,1	8,125	-0,0141	9,37E-06

1. Tangki pelarutan soda ash



kondisi operasi :

tekanan operasi = 1 atm
 suhu operasi = 30 °C (keyes :697)

Neraca energi total :

Entalpi bahan masuk + ΔH pelarutan = entalpi bahan keluar

T saat masuk tangki = 30 °C = 303 K

T reference = 25 °C = 298 K

Entalpi bahan masuk :

1. Entalpi padatan Na₂CO₃ dari gudang penyimpanan pada suhu 30 °C

Komponen	Berat (kg/jam)	BM	Kmol/jam	∫C _p .dT (kkal/kmol)	Q _{in} (kkal/jam)
Na ₂ CO ₃	4266,1605	106	40,2468	144,5	5815,6622
Impuritis	22,3112	58,4	0,3820	60,2637	23,0232
H ₂ O	2,1453	18	0,1192	90,5591	10,7932
Total	4290,6170				5849,4786

Entalpi bahan masuk pada suhu 30°C (303,15 K)

$$\begin{aligned} \Delta H_{Na_2CO_3} &= n \int_{T_{ref}}^T C_p \Delta T = n [(A(T-T_{ref}))] \\ &= 40,2468 (28,9(303,15-298,15)) \\ &= 5816 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{NaCl} &= n \int_{T_{ref}}^T C_p \Delta T = n [(A (T - T_{ref})) + (B /2 (T^2 - T_{ref}^2))] \\ &= 0,3820 [(10,79 (303,15 - 298,15)) + (0,0042/2 (303,15^2 - 298,15^2))] \\ &= 23,0232 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{H_2O} &= n \int_{T_{ref}}^T C_p \Delta T = n [(C1 (T - T_{ref})) + (C2/2 (T^2 - T_{ref}^2)) + (C3/3 (T^3 - T_{ref}^3)) + \\ &\quad (C4/4 (T^4 - T_{ref}^4)) + (C5/5 (T^5 - T_{ref}^5))] \\ &= 45159,7193 \text{ J/jam} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 10,7932 \text{ kkal/jam} \\
 \text{Entalpi total} &= 5815,6622 + 23,0232 + 10,7932 \\
 &= 5849,4786 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

2. Entalpi air proses pada suhu 30 C

Komponen	Berat (kg/jam)	BM	Kmol/jam	$\int C_p \cdot dT$ (kkal/kmol)	Q _{in} (kkal/jam)
H ₂ O	10967,9817	18	609,3323	90,5591	55180,5591

Entalpi bahan masuk pada suhu 30°C (303,15 K)

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{H_2O} &= n \int_{T_{ref}} C_p \Delta T = n [(C_1(T-T_{ref})) + (C_2/2(T^2-T_{ref}^2)) + (C_3/3(T^3-T_{ref}^3)) + \\
 &\quad (C_4/4(T^4-T_{ref}^4)) + (C_5/5(T^5-T_{ref}^5))] \\
 &= 230881000 \text{ J/jam} \\
 &= 55180,5591 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Entalpi total bahan masuk} &= 5849,4786 + 55180,5591 \\
 &= 61030,0377 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Panas pelarutan bahan(ΔH_s)

Berdasarkan Perry 8ed, tabel 2-147 diketahui :

$$\text{Panas pelarutan Na}_2\text{CO}_3(\Delta H_s) = 7000 \text{ kkal/kmol}$$

$$\text{Panas pelarutan NaCl}(\Delta H_s) = 7220 \text{ kkal/kmol}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_s &= \frac{m \text{ Na}_2\text{CO}_3}{\text{BM Na}_2\text{CO}_3} \times \Delta H_s \\
 &= \frac{4266,1605}{106} \times 7000 \\
 &= 281727,58 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_s &= \frac{m \text{ NaCl}}{\text{BM NaCl}} \times \Delta H_s \\
 &= \frac{22,3112}{58,4} \times 7220 \\
 &= 2758,3378 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\Delta H_s \text{ total} = 284485,917 \text{ kkal/jam}$$

Entalpi bahan keluar :

Entalpi larutan Na₂CO₃ keluar tangki

dari neraca massa bahan keluar tangki pelarutan diketahui

Komponen	Berat (kg/jam)	BM	Kmol/jam
Na ₂ CO ₃	4266,1605	106	40,2468
NaCl	22,3112	58,4	0,3820
H ₂ O	10970,1270	18	609,4515
total	15258,5987		650,0803

Entalpi bahan masuk + ΔH pelarutan = Entalpi bahan keluar

$$\begin{aligned}
 61030,0377 + 284485,9175 &= \Delta H \text{ Na}_2\text{CO}_3 + \Delta H \text{ NaCl} + \Delta H \text{ H}_2\text{O} \\
 345515,9551 &= (56,9166(28,9(T-298,15))) + \\
 &\quad (0,2072 [(10,79 (T - 298,15)) + \\
 &\quad (0,0042/2 (T^2 - 298,15^2))]) +
 \end{aligned}$$



APPENDIX C
SPESIFIKASI PERHITUNGAN ALAT

Kapasitas produksi = 43000 ton/tahun
Waktu Operasi = 24 jam/hari ; 330 hari/tahun
Satuan massa = kilogram/jam
Satuan panas = kilokalori/jam

1. Gudang soda ash

Fungsi : Menampung soda ash dari supplier
Type : Bangunan segi 4
Dasar Pemilihan : Umum digunakan untuk menampung padatan
Kondisi Operasi
- Tekanan = 1 atm
- Suhu = Suhu kamar
- Waktu penyimpanan = 7 hari proses

Perhitungan :

Komposisi bahan :

Komponen	Berat (kg)	Fraksi	ρ (gr/cc)	xi/pi
		Berat	[Perry 7 ^{ed} , T.2-1]	
Na ₂ CO ₃	4266,160	0,9943	2,533	0,3925
Impuritis	22,3112	0,0052	2,163	0,0024
H ₂ O	2,1453	0,0005	1	0,0005
	4290,617	1,0000		0,3954

Total bahan masuk dalam 1 minggu Densitas 158 lb/cuft
Total bahan masuk = 33981,6867 ton/tahun Rate volumetrik = $\frac{\text{Rate mass}}{\text{densitas}}$
= 102,9748 ton/hari
= 720,8237 ton/minggu = 27,2 ft³/jan

Ukuran gudang 30 m x 30 m x 10 m dengan jalan 3 x 3 m

Spesifikasi:

Kapasitas = 720,8237 ton/minggu
Tipe = Bangunan segi 4
Waktu penyimpanan = 7 hari proses
Panjang gudang = 30 m
Lebar gudang = 30 m
Tinggi gudang = 10 m
Bahan konstruksi = Beton



2. Screw Conveyor (J-111)

Fungsi : Memindahkan bahan dari gudang ke J-112
 Type : Plain spouts or chutes
 Dasar Pemilihan : Umum digunakan untuk padatan dengan sistem tertutup.

Perhitungan :

Komponen	Berat (kg)	Fraksi Berat	ρ (gr/cc)
			erry 7 ^{ed} ; T.2.
Na ₂ CO ₃	4266,1605	0,9943	2,533
NaCl	22,3112	0,0052	2,163
H ₂ O	2,1453	0,0005	1
total	4290,6170	1,0000	

$$\begin{aligned} \text{Rate Massa} &= 4290,6170 \text{ kg/jam} = 9460,8105 \text{ lb/jam} = 1,19 \text{ kg/s} \\ \rho \text{ campuran} &= \frac{1}{\frac{\text{fraksi berat}}{\rho \text{ komponen}}} \times 62,4 \\ &= \frac{1}{\frac{0,9943}{2,533} + \frac{0,0052}{2,163} + \frac{0,0005}{1}} \times 62,4 \\ &= 2,5288 \times 62,4 \\ &= 157,87 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volume} &= \frac{\text{Rate massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{9460,8105}{157,87} \\ &= 59,93 \text{ cuft/jam} \\ &= 0,9988 \text{ cuft/menit} \\ &= 7,47 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\text{Power Motor} = \frac{\text{K.C.p.L}}{2000000} \text{ (Badger pers 360 hal 627)}$$

Dengan : C = kapasitas ,Cuft/jam
 L = panjang ,ft
 W = densitas baha ,lb/cuft
 K = faktor bahan (4 untuk ashes)

Asumsi panjang screw L = 30 ft

$$\begin{aligned} \text{Power Motor} &= \frac{\text{K.C.p.L}}{2000000} \\ &= \frac{4 \times 59,93 \times 157,87 \times 30}{2000000} \\ &= 0,56765 \text{ hp} \end{aligned}$$

Efisiensi mot = 80% maka;

$$\begin{aligned} \text{Power Motor} &= \frac{0,57}{0,8} \\ &= 0,71 \text{ hp} \\ &\approx 1 \text{ hp} \end{aligned}$$

Asumsi tinggi screw dari dasar H = 25 ft



3. Bucket elevator (J - 112)

Fungsi : Memindahkan soda ash dari J-111 ke F-110
Type : Continuous Discharge Bucket elevator
Dasar Pemilihan : Untuk memindahkan bahan dengan ketinggian tertentu.

Perhitungan :

Rate massa = 4290,617 kg/jam = 4,2906 ton/jam
Tinggi bucket = Tinggi (screw + mixer + hopper + jarak dari dasar)
= 25 + 3,86 + 9 + 5
= 42,79 ft

Perhitungan power (Perry 7^{ed} tabel 21-8)

Kapasitas maksimum = 14 ton/jam
Power pada head shaft = 1 hp
Power tambahan = 0,02 hp/ft
= 0,02 hp/ft x 42,8 ft
= 0,86 hp (minimum 0,5 hp)
Power total = 0,5 + 1
= 1,5 hp
Efisiensi motor = 80%
Power total = $\frac{1,5}{80\%}$
= 1,88 hp
Kecepatan bucket = 225 ft/menit
= 225
 $\frac{14 \times 4,2906}{3,75}$
= 3,75 ft/menit

Dari Perry 7^{ed} tabel 21-8 sesuai kapasitas yang dipilih spesifikasi sebagai berikut :

Spesifikasi :

Kapasitas maksimum = 14 ton/jam
Ukuran = 6 in x 4 in x 5 1/4 in
Bucket spacing = 12 in
Bucket speed = 225 ft/min
Tinggi elevator = 42,8 ft
Ukuran feed (maximum) = 3/4 in
Putaran Head Shaft = 43 rpm
Lebar belt = 7 in
Power total = 2 hp
Alat pembantu = Hopper chute (pengumpan)
jumlah = 1 buah



4. Hopper soda ash

- Fungsi : Menampung soda ash dari bucket elevator
 Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas datar dan bawah conis
 Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk menampung padatan
 Kondisi operasi
 Tekanan = 1 atm
 Suhu = 30 C

Perhitungan:

Direncanakan penyimpanan untuk 0,5 jam proses, sehingga volume bahan adalah

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan} &= 27,1906 \frac{\text{cuft}}{\text{jam}} \times 0,5 \text{ jam} \\ &= 13,595293 \text{ cuft} \end{aligned}$$

Asumsi bahan mengisi 80% volume tangki(faktor keamanan)

$$\text{Maka Volume tangki} = 16,9941 \text{ cuft}$$

Menentukan Dimensi tangki

Asumsi dimensi rasio : $H/D = 3 - 5$ (Ulrich : T.4-27)
 $H/D = 3$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1}{4}\pi D^2 H \\ 16,9941 &= \frac{1}{4}\pi D^3 \\ D^3 &= 7,2096 \text{ cuft} \\ D &= 1,9318 \text{ ft} = 23,182066 \text{ in} = 0,5888 \text{ m} \\ H &= 3,8636777 \text{ ft} = 46,3641 \text{ in} = 1,1776 \text{ m} \end{aligned}$$

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

Menentukan tebal minimum shell

Tebal shell berdasarkan ASME code untuk cylindrical tank :

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

dengan :

$$\begin{aligned} t_{\min} &= \text{tebal shell minimum} \quad ; \text{in} \\ P &= \text{tekanan tangki} \quad ; \text{psi} \\ r_i &= \text{jari-jari tangki} \quad ; \text{in} \quad (1/2 D) \\ C &= \text{faktor korosi} \quad ; \text{in} \quad (\text{digunakan } 1/8 \text{ in}) \\ E &= \text{faktor pengelasan, digunakan double welded} \\ e &= 0,8 \\ f &= \text{stress allowable, bahan konstruksi carbon steel SA-283} \\ &\quad \text{grade C, maka } f = 12650 \text{ psi} \\ &\quad [\text{Brownell, T.13-1}] \end{aligned}$$

$$P \text{ operasi} = P \text{ hidrostatik} \quad \text{Asumsi volume tangki} = 80\%$$

$$\begin{aligned} P \text{ hidrostatik} &= \frac{157,7979 \times (80\% \times H)}{144} \\ &= 3,39 \text{ psi} \end{aligned}$$

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

$$P \text{ design} = 1,1 \times 3,39$$



$$\begin{aligned} &= 3,7258 \quad \text{psi} \\ r_i &= \frac{1}{2} \times D \\ &= 0,9659 \quad \text{ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{\min} &= \frac{P \times r_i}{f_e - 0,6P} + C \\ &= \frac{3,7}{10120} \times \frac{0,9659}{2,24} + 0,125 \\ &= 0,0004 + 0,125 \\ &= 0,1254 \quad \text{in} \quad \text{digunakan } t = 0,1875 \quad \text{in} \end{aligned}$$

Untuk tebal tutup atas disamakan dengan tebal tutup bawah, karena tutup bawah menerima beban lebih besar.

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

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

$$\begin{aligned} \text{dengan } \alpha &= \frac{1}{2} \text{ sudut conis} = 30^\circ/2 \\ &= 15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_c &= \frac{P \cdot D}{2 \cos \alpha (f_e - 0,6P)} + C \\ &= \frac{3,7258 \times 23,1821}{2 \times (-\cos 15) \times ((12650 \times 0,8) - (0,6 \times 6,0579))} + \frac{1}{8} \\ &= \frac{86,3723}{15372,6868} + \frac{1}{8} \\ &= 0,1306 \quad \text{in} \quad \text{digunakan } t = 0,1875 \quad \text{in} \end{aligned}$$

Tinggi conical :

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

$$\begin{aligned} \text{Keterangan} &= \alpha = \frac{1}{2} \text{ sudut conis} \quad ; \quad 15 \\ &D = \text{diameter tangki} \quad ; \quad \text{ft} \\ &m = \text{flat spot center} \quad ; \quad 12 \\ &= 1 \quad \text{in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{maka } h &= \frac{\tan \alpha \times (D - m)}{2} \quad \text{ft} \\ &= \frac{0,86 \times 0,9318}{2} \\ &= 0,3988 \quad \text{ft} \end{aligned}$$

Spesifikasi

Kapasitas	=	16,9941	cuft
Diameter	=	1,9318	ft
Tinggi	=	3,8637	ft
Tebal shell	=	0,0156	ft
Bahan konstruksi	=	Carbon steel SA-283 grade C (Brownell : 253)	
Tebal tutup atas	=	0,0156	ft
Tebal tutup bawah	=	0,0156	ft
Tinggi conical	=	0,399	ft
Jumlah	=	1	buah



APENDIX D
PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

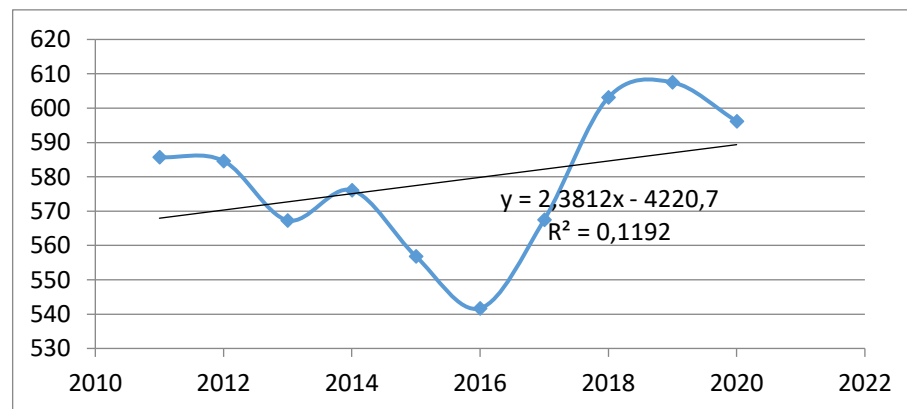
Kapasitas Produksi	=	430	Ton/tahun
	=	54,2929	Kg/jam
Bahan Baku			
Aluminium Sulfat	=	6908,6301	kg aluminium sulfat
Ammonium Sulfat	=	2677,5493	kg/jam ammonium sulfat

1. Harga Peralatan

Tabel 1. Indeks Harga Peralatan

Tahun	Index Harga
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8
2016	541,7
2017	567,5
2018	603,1
2019	607,5
2020	596,2

Chemical engineering cost design



$$Y = 2,3812 x - 4220,7$$

Dari regresi linier diperoleh nilai Index berikut:

Tahun	Index
2021	591,705
2022	594,086
2023	596,468
2024	598,849
2025	601,230



Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Disodium Phosphat Anhidrat dari Soda Ash dan Asam Phospat dengan Proses Kristalisasi”

2026	603,611
2027	605,992
2028	608,374

Pra rancangan pabrik tahun	=	2022
Pabrik didirikan tahun	=	2023
Pabrik beroperasi tahun	=	2027

Harga alat pada tahun akan didirikan (metode Index) :

$$EX = (NX / NY) * EY$$

Dimana :

EX = Harga tahun pembelian

EY = Harga tahun referensi

NX = Indeks harga pada tahun pembelian

NY = Indeks harga pada tahun referensi

Jika kapasitas alat tidak ada di referensi, maka harga alat dihitung menggunakan metode six tenths factor :

$$Eb = Ea.(Cb/Ca)^{0.6}$$

Dimana :

Ea = Harga alat a

Eb = Harga alat b

Ca = kapasitas alat a

Cb = kapasitas alat b

Kurs Dollar 2022 \$ 1 = Rp14.555

Tabel 2 Perhitungan Harga Peralatan Proses

No	Nama Alat	Kode	Harga per unit (US\$)		Jmlh	Harga Total US \$
			2014	2027		
1	Tangki H3PO4	F-120	\$ 82.400	\$86.335	2	\$ 172.670
2	Hopper Na2CO3	F-111	\$ 2.300	\$ 2.410	1	\$ 2.410
3	Silo Na2HPO4	F-320	\$ 49.800	\$52.178	2	\$ 104.356
4	Mixer	M-110	\$236.600	\$ 247.899	1	\$ 247.899
5	Reaktor	R-210	\$308.900	\$ 323.651	1	\$ 323.651
6	Evaporator	V-220	\$262.100	\$ 274.616	1	\$ 274.616
7	Crystallizer	S-230	\$ 88.500	\$ 92.726	2	\$ 185.452
8	Centrifuge	H-240	\$207.100	\$ 216.990	1	\$ 216.990
9	Rotary Dryer	B-250	\$117.700	\$ 123.321	1	\$ 123.321
10	Cyclone	H-251	\$163.900	\$ 171.727	1	\$ 171.727
11	Cooling Conveyor	E-260	\$ 3.800	\$ 3.981	1	\$ 3.981
12	Ball Mill	C-270	\$168.900	\$ 176.966	1	\$ 176.966
13	Screw Conveyor	J-112	\$ 5.700	\$ 5.972	1	\$ 5.972
14	Screw Conveyor	J-241	\$ 5.700	\$ 5.972	1	\$ 5.972



15	Bucket Elevator	J-113	\$ 14.200	\$14.878	1	\$ 14.878
16	Bucket Elevator	J-261	\$ 12.300	\$12.887	1	\$ 12.887
17	Centrifugal Pumps	L-114	\$ 9.100	\$ 9.535	1	\$ 9.535
18	Centrifugal Pumps	L-121	\$ 5.900	\$ 6.182	1	\$ 6.182
19	Centrifugal Pumps	L-211	\$ 11.800	\$12.363	1	\$ 12.363
20	Centrifugal Pumps	L-221	\$ 9.100	\$ 9.535	1	\$ 9.535
21	Blower	G-252	\$ 68.000	\$71.247	1	\$ 71.247
22	Heater	E-115	\$ 1.700	\$ 1.781	1	\$ 1.781
23	Heater	E-122	\$ 100	\$ 105	1	\$ 105
24	Heater	E-254	\$ 60.200	\$63.075	1	\$ 63.075
25	Condensor	E-222	\$ 73.000	\$76.486	1	\$ 76.486
26	Compressor	G-212	\$ 69.400	\$72.714	1	\$ 72.714
27	Tangki CO2 Liquid	F-310	\$ 74.400	\$77.953	4	\$ 311.812

Tabel 3 Harga Peralatan Utilitas

No	Nama Alat	Kode	Harga per unit (US\$)		Jmlh	Harga Total US \$
			2014	2027		
1	Bak Penampung air sungai	F-110	\$ 26.108	\$27.355	2	\$ 54.710
2	Bak Koagulasi	M-210	\$ 307	\$ 322	2	\$ 644
3	Bak Flokulasi	M-220	\$ 1.843	\$ 1.931	1	\$ 1.931
4	Bak flok	F-311	\$ 2.350	\$ 2.462	1	\$ 2.462
5	Bak clarifier	F-312	\$ 3.525	\$ 3.693	1	\$ 3.693
6	Sand filter	H-320	\$ 68.600	\$71.876	2	\$ 143.752
7	Tangki HCl		\$ 53.600	\$56.160	1	\$ 56.160
8	Tangki NaOH		\$ 87.800	\$91.993	1	\$ 91.993
9	Bak Air sanitasi	F-325	\$ 2.606	\$ 2.731	1	\$ 2.731
10	Cooling Tower	P-350	\$364.700	\$ 382.116	1	\$ 382.116
11	Bak Air dingin	F-326	\$ 21.036	\$22.040	1	\$ 22.040
12	Screening		\$ 26.800	\$28.080	1	\$ 28.080
13	Bak air bersih	F-321	\$ 1.745	\$ 1.828	1	\$ 1.828
14	Clarifier	H-310	\$ 6.267	\$ 6.566	1	\$ 6.566
15	Kation exchanger	H-330	\$192.500	\$ 201.693	1	\$ 201.693
16	Anion Exchanger	H-340	\$196.200	\$ 205.569	1	\$ 205.569
17	Bak Air Demin	F-341	\$ 21.175	\$22.186	1	\$ 22.186
18	Pompa 1	L-111	\$ 20.500	\$21.479	1	\$ 21.479
19	Pompa 2	L-112	\$ 20.500	\$21.479	1	\$ 21.479
20	Pompa 3	L-211	\$ 25.900	\$27.137	1	\$ 27.137
21	Pompa 4	L-221	\$ 25.900	\$27.137	1	\$ 27.137
22	Pompa 5	L-314	\$ 20.500	\$21.479	1	\$ 21.479
23	Pompa 6	L-322	\$ 5.900	\$ 6.182	1	\$ 6.182
24	Pompa 7	L-324	\$ 24.200	\$25.356	1	\$ 25.356



25	Pompa 8	L-323	\$ 14.200	\$14.878	1	\$ 14.878
26	Pompa 9	L-331	\$ 14.200	\$14.878	1	\$ 14.878
27	Pompa 10	L-342	\$ 11.800	\$12.363	1	\$ 12.363
28	Pompa 11	L-343	\$ 9.100	\$ 9.535	1	\$ 9.535
29	Pompa 12	L-327	\$ 24.200	\$25.356	1	\$ 25.356
30	Pompa 13	L-351	\$ 24.200	\$25.356	1	\$ 25.356
31	Pompa 14	L-357	\$ 24.200	\$25.356	1	\$ 25.356
32	Pompa 15		\$ 5.200	\$ 5.448	1	\$ 5.448
33	Pompa 16		\$ 6.900	\$ 7.230	1	\$ 7.230
34	Tangki Bahan Bakar		\$ 19.900	\$20.850	1	\$ 20.850
35	Boiler	E-360	\$588.500	\$ 616.603	1	\$ 616.603

$$\begin{aligned}
 \text{Total Harga Peralatan} &= \text{Peralatan proses} + \text{Peralatan utilitas} \\
 &= \$ 2.678.584 + \$ 2.156.253 \\
 &= \text{Rp } 70.371.052.526,44
 \end{aligned}$$

2. Harga Bahan Baku

a. Sodium carbonate

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Kebutuhan} &= 4.291 \text{ kg/jam soda ash} \\
 \text{Harga soda ash} &= 4500,0000 \text{ /kg} \\
 \text{Biaya per Tahun} &= 4500,0000 \times 330 \times 24 \\
 &= \text{Rp}152.917.590.235
 \end{aligned}$$

b. Asam fosfat

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Kebutuhan} &= 4.640 \text{ kg/jam asam fosfat} \\
 \text{Harga asam fosfat} &= 8000,0000 \\
 \text{Biaya per Tahun} &= \text{Rp } 8.000 \times \text{Rp } 330 \times 24 \\
 &= \text{Rp}294.004.273.318
 \end{aligned}$$

3. Harga Jual Produk

Produk Utama

Disodium phosphate anhidrat

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Produk} &= 53882,36241 \text{ Ton/tahun} \\
 \text{Harga Produk} &= 21.000 \text{ /kg} \\
 \text{Harga Jual Produk} &= \text{Rp}1.131.529.610.619
 \end{aligned}$$

Produk Utama

Disodium phosphate anhidrat

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Produk} &= 13323,94366 \text{ Ton/tahun} \\
 \text{Harga Produk} &= 3.000 \text{ /kg} \\
 \text{Harga Jual Produk} &= \text{Rp}39.971.830.986
 \end{aligned}$$

Pengemasan

Na₂HPO₄



Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Disodium Phosphat Anhidrat dari Soda Ash dan Asam Phospat dengan Proses Kristalisasi”

Jumlah produk(kg/th)	=	53882362,4104 kg/thn
Produk dikemas dalam karung	=	50 kg
Kebutuhan karung	=	1077647,2482 buah
Harga 1 karung	=	1450
Biaya pengemasan	=	Rp1.562.588.510

CO2

Jumlah produk(kg/thn)	=	0,0000 kg/thn
Densitas produk	=	1,101 kg/L
Kemasan produk(drum 200 Liter)		
Volume produk	=	0,0000 L/thn
Kebutuhan drum per tahun	=	0 buah
Harga 1 buah drum	=	Rp165.000
Biaya pengemasan per tahun		Rp0

Total biaya pengemasan = Rp1.562.588.510

5. Tabel Gaji Karyawan

BIAYA TENAGA KERJA

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji
1	Direktur Utama	1	Rp55.000.000	Rp55.000.000
2	Direktur Produksi dan	1	Rp40.000.000	Rp40.000.000
3	Direktur Keuangan dan	1	Rp40.000.000	Rp40.000.000
4	Sekretaris Direktur	3	Rp8.500.000	Rp25.500.000
5	Staff Ahli	4	Rp12.000.000	Rp48.000.000
6	Ka.Bag.Produksi	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
7	Ka.Bag.Teknik	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
8	Ka.Bag.Keuangan	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
9	Ka.Bag.Pemasaran	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
10	Ka.Bag.Umum dan	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
11	Ka.Sek.Proses	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
12	Ka.Sek.Pemeliharaan dan	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
13	Ka.Sek.Utilitas dan Energi	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
14	Ka.Sek.Penelitian dan	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
15	Ka.Sek.Pembelian	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
16	Ka.Sek.Gudang	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
17	Ka.Sek.Pemasaran &	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
18	Ka.Sek.Administrasi	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
19	Ka.Sek.Personalia	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
20	Ka.Sek.Anggaran	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
21	Ka.Sek.Keamanan	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
22	Karyawan Proses(Kepala)	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000



Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Disodium Phosphat Anhidrat dari Soda Ash dan Asam Phospat dengan Proses Kristalisasi”

23	Karyawan Proses(Regu)	40	Rp5.000.000	Rp200.000.000
24	Karyawan Pengendalian	4	Rp5.000.000	Rp20.000.000
25	Karyawan Laboratorium	6	Rp5.000.000	Rp30.000.000
26	Karyawan Pemeliharaan	8	Rp5.000.000	Rp40.000.000
27	Karyawan Utilitas	12	Rp5.000.000	Rp60.000.000
28	Karyawan Pembelian	5	Rp5.000.000	Rp25.000.000
29	Karyawan Pemasaran	10	Rp5.000.000	Rp50.000.000
30	Karyawan Administrasi	5	Rp5.000.000	Rp25.000.000
31	Karyawan Personalia	5	Rp5.000.000	Rp25.000.000
32	Karyawan Gudang	8	Rp5.000.000	Rp40.000.000
33	Karyawan Keamanan	15	Rp5.000.000	Rp75.000.000
34	Karyawan Litbang	4	Rp5.000.000	Rp20.000.000
35	Operator Proses	24	Rp5.000.000	Rp120.000.000
36	Operator Utilitas	28	Rp5.000.000	Rp140.000.000
37	Supir	4	Rp4.375.000	Rp17.500.000
38	Librarian	2	Rp4.500.000	Rp9.000.000
39	Cleaning Service	10	Rp4.375.000	Rp43.750.000
40	Dokter	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
41	Perawat	5	Rp5.000.000	Rp25.000.000
42	Satpam	10	Rp4.375.000	Rp43.750.000
	Total	237	Rp501.125.000	Rp1.460.750.000

Total gaji karyawan = Rp1.460.750.000 per bulan
= Rp17.529.000.000 per tahun

BIA YA KEBUTUHAN UTILITAS

Bahan	kebutuhan		Harga satuan	Biaya (Rp)	
	kebutuhan/jam	kebutuhan/tahun		Rp/jam	Rp/th
Al ₂ (SO ₄) ₃	1,3090	10.367,2	Rp 19.500	25.525,237	202.159.880,377
Resin kation	130,2926	1.031.917,4	Rp 921.000	4.799.979,549	38.015.838.030,05
Resin anion	130,1754	1.030.989,5	Rp 1.375.000	7.159.649,562	56.704.424.531,842
HCl(33%)	8,2643	65.453,1	Rp 12.000	99.171,363	785.437.193,946
NaOH	10,4140	82.479,2	Rp 25.000	260.350,893	2.061.979.073,885
PAC	0,3273	2.592,0	Rp 12.000	3.927,274	31.104.008,180
Chlorine	0,3630	2.874,6	Rp 7.429	2.696,262	21.354.394,286
Air sanitasi	1,8148	14.373,2	Rp 1.500	2.722,188	21.559.725,000
Air umpan boiler	18,5221	146.695,1	Rp 1.500	27.783,171	220.042.714,225
Air pendingin	29,2963	232.027,0	Rp 1.000	29.296,341	232.027.021,619
Air proses	10,9680	86.866,4	Rp 1.500	16.451,973	130.299.622,281
Fuel Oil	189,8838	1.503.879,3	Rp 10.600	2.012.767,801	15.941.120.981,084
Listrik (kWh)	701,1781	5.553.330,4	Rp 1.352	947.992,760	7.508.102.663,079
Total	1.232,8086	9.763.844		15.388.314,37	121.875.449.839,85



7. Perhitungan Tanah dan Bangunan

Luas Tanah	=	20000	m ²	
Harga tanah/m ²	=	Rp	2.500.000	
Total harga tanah	=	Rp		50.000.000.000
	=			
Luas bangunan pabrik	=	10450	m ²	
Harga bangunan pabrik per m ²	=	Rp	2.500.000	
Harga bangunan pabrik total	=	Rp		26.125.000.000
	=			
Luas bangunan gedung	=	4125	m ²	
Harga bangunan gedung	=	Rp		2.400.000
Harga bangunan gedung total	=	Rp		9.900.000.000
	=			
Harga bangunan total	=	Rp		36.025.000.000
Total harga tanah dan bangunan	=	Rp		86.025.000.000