APPENDIX A
PERHITUNGAN NERACA MASSA

kebutuhan produksi		149407,59	ton/tahun		
kapasitas produksi yang digunakan		57000	ton/tahun	57000000	kg/tahun
		7196,9697	kg/jam		

waktu operasi 1 tahun = 330 hari 172727,273
1 hari = 24 jam

komposisi bahan baku basis produk Na_2HPO_4 = 50,68 mol/jam

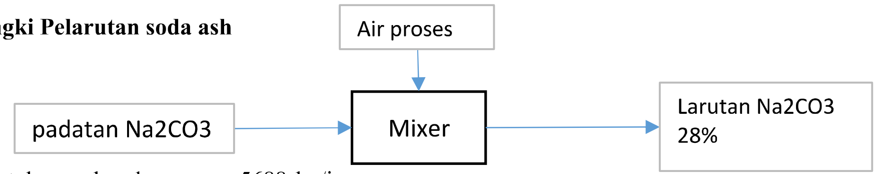
natrium karbonat(Na_2CO_3) asam phosphate(H_3PO_4)

komposisi soda ash : (Shanghai Guanru Chemica komposisi asam phosphat : (PT. Petrokimia Gres

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 = 5688 kg/jam

komponen	%berat	berat(kg/jam)
Na_2CO_3	99,43%	5655,14298
NaCl	0,52%	29,5753228
H_2O	0,05%	2,84378104
	100,00%	5687,56208

Kelarutan Na_2CO_3 dalam air = 38,89 gr Na_2CO_3
100 air

Mencari kebutuhan air

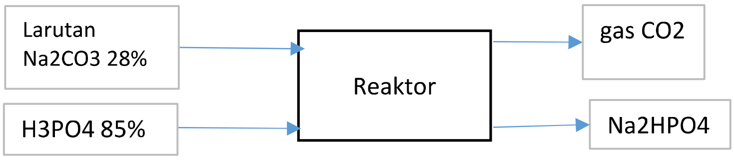
Kebutuhan air untuk melarutkan = 14541,7962 kg/jam

Penambahan air = kebutuhan air - H_2O pada feed
= 14541,7962 - 2,84378104
= 14538,9525 kg/jam

Neraca massa tangki pelarutan

masuk(kg/jam)			**keluar(kg/jam)**		
Na_2CO_3 padatan			**larutan Na_2CO_3 ke reaktor**		
Na_2CO_3	=	5655,1430	Na_2CO_3	=	5655,1430
NaCl	=	29,5753	NaCl	=	29,5753
H_2O	=	2,8438	H_2O	=	14541,7962
	=	5687,5621			
air proses utilitas					
H_2O	=	14538,9525			
Total	=	**20226,5145**	**Total**	=	**20226,5145**

Reaktor



Reaksi yang terjadi : (Keyes :697)

$Na_2CO_{3\,(Aq)}$ + $H_3PO_{4\,(l)}$ → $Na_2HPO_{4\,(l)}$ + $CO_{2\,(g)}$ + $H_2O_{\,(l)}$

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	5655,1430	53,3504
NaCl	29,5753	0,5061
H2O	14541,7962	807,8776
	20226,5145	

larutan H3PO4 85%

komponen	%berat	berat(kg/jam)	kmol/jam
H3PO4	85%	5228,3397	53,3504
H2O	15%	922,6482	51,2582
		6150,9879	

Stokiometri

	$Na_2CO_{3\,(Aq)}$ +	$H_3PO_{4\,(l)}$ →	$Na_2HPO_{4\,(l)}$ +	$CO_{2\,(g)}$ +	$H_2O_{\,(l)}$
M	53,3504	53,3504			
R	50,6829	50,6829	50,6829	50,6829	50,6829
S	2,6675	2,6675	50,6829	50,6829	50,6829

tinjauan reaksi

mula-mula

Na2CO3 5655 kg/jam

H3PO4 5228 kg/jam

H2O 15% 922,6 kg/jam

reaksi

konversi 95%

Na2HPO4 7197 kg/jam

H3PO4 4967 kg/jam

Na2CO3 5372 kg/jam

CO2 terbentuk 2230 kg/jam

H2O terbentuk 912,3 kg/jam

sisa

Na2CO3 282,8 kg/jam

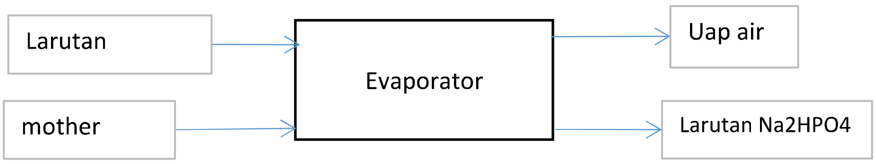
H3PO4 261,4 kg/jam

total H2O 16376,7364 kg/jam

neraca massa reaktor

masuk(kg/jam)			keluar(kg/jam)			
Larutan Na2CO3			Larutan Na2HPO4			
Na2CO3	=	5655,1430	Na2HPO4		=	7196,9697
NaCl	=	29,5753	sisa Na2CO3		=	282,7571
H2O	=	14541,7962	sisa H3PO4		=	261,4170
		20226,5145	NaCl		=	29,5753
H3PO4			H2O		=	16376,7364
H3PO4	=	5228,3397			=	24147,4555
H2O	=	922,6482	gas ke G-222			
	=	6150,9879	CO2		=	2230,0469
total	=	26377,5025	total		=	26377,5025

Evaporator



feed masuk

komponen	berat(kg/jam)	fraksi berat
Na2HPO4	7196,9697	0,2980
sisa Na2CO3	282,7571	0,0117
sisa H3PO4	261,4170	0,0108
NaCl	29,5753	0,0012
H2O	16376,7364	0,6782
	24147,4555	1

kadar pemekatan evaporator 48,59%

neraca massa total F = V + L

neraca massa komponen : F.Xf = V.Xv + L.Xl

Asumsi tidak ada disodium phosphate yang menguap maka : V.Xv = 0

F 24147,4555 kg/jam

Xf 0,2980

Xl 0,4859 (kadar pemekatan)

maka L 14812,7638 kg/jam

berat bahan non air pada feed = berat feed - berat air

= 24147,4555 - 16376,7364

= 7770,7192 kg/jam

berat air pada produk = berat larutan akhir(L - berat bahan non air pada feed

= 14812,7638 - 7770,7192

= 7042,0447 kg

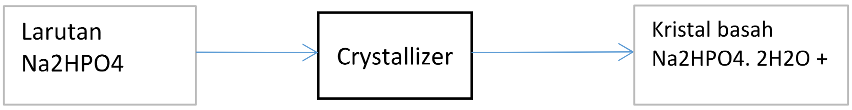
berat air pada feed = 16376,7364

berat air yang menguap = 9334,6917

neraca massa

masuk(kg/jam)			keluar(kg/jam)		
arutan Na2HPO4 dari reaktor(R-21			menuju crystallizer		
Na2HPO4	=	7196,9697	Na2HPO4	=	7196,9697
sisa Na2CO3	=	282,7571	sisa Na2CO3	=	282,7571
sisa H3PO4	=	261,4170	sisa H3PO4	=	261,4170
NaCl	=	29,5753	NaCl	=	29,5753
H2O	=	16376,7364	H2O	=	7042,0447
					14812,7638
			Menuju kondensor		
			Uap air	=	9334,6917
total		24147,4555	total		24147,4555

Crystallizer



feed masuk

komponen	berat(kg/jam)	fraksi berat(%
Na2HPO4	7196,9697	0,4859
sisa Na2CO3	282,7571	0,0191
sisa H3PO4	261,4170	0,0176
NaCl	29,5753	0,0020
H2O	7042,0447	0,4754
total	14812,7638	1

penentuan kristal yang terbentuk:
dengan metode example 1 (perry 9ed, hal 18-33) dengan persamaan :

$$P = R \times \frac{100\ Wo - S\ (Ho - E)}{100 - S\ (R-1)}$$

ketera Dengan :

P	=	Berat Kristal
R	=	Ratio BM dari kristal/larutan
S	=	Solubility kristal pada mother liquor
Wo	=	Berat bahan yang akan dikristalkan pada feed
Ho	=	Total bahan yang bersifat liquid pada feed
E	=	Evaporation

Perhitungan :

Penguapan H_2O

Asumsi terjadi penguapan H_2O = 0%

H_2O yang menguap = 0% x 7042,0447 kg
= 0,0000 kg

APPENDIX B
PERHITUNGAN NERACA PANAS

Kapasitas Produksi	=	57000000	kg/tahun		
Waktu Operasi	=	1 tahur	=	330	hari
		1 hari	=	24	jam
Satuan massa	=	kilogram/jam			
Satuan Panas	=	kilokalori/jam			

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

$\Delta H = n \cdot Cp \cdot \Delta T = n\int_{Tref}^{T} Cp\Delta T$ (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

$Cp = A + B.T + C.T^2 + D.T^3$

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

Perhitungan intergrasi ΔH, (Himmelblau : 412) :

$Cp = A + B.T + C.T^2 + D.T^3$

Cp = kkal/kmol. K

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

$$= n\,[(A(T-Tref))+(B/2(T^2-Tref^2))+(C/3(T^3-Tref^3))+(D/4(T^4-Tref^4))]$$

= kmol.[kkal/kmol.K x = kkal

Perhitungan intergrasi ΔH , (Perry 8ed) :

Untuk H2O(l) dan udara

$$\Delta H = n\int_{Tref}^{T} Cp\Delta T\ n\,[(C1(T-Tref))+(C2/2(T^2-Tref^2))+(C3/3(T^3-Tref^3))+(C4/4(T^4-Tref^4)) +(C5/5(T^5-Tref^5))$$

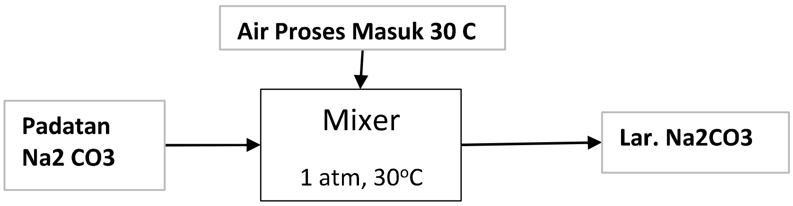
Data konstanta heat capacity (A,B,C,D)

Komponen	BM	A	B	C	D	E	Literature
Na_2CO_3	106	28,9					(Perry 9^{ed};T.2-70)
NaCl impuritis	58,4	10,79	0,0042				(Perry 9^{ed};T.2-70)
Na_2HPO_4	142	86,6					(Perry 9^{ed};T.2-70)
H_3PO_4	98	0,446	**Cp dari (Perry 9^{ed}; T.2-84)**				
CO_2	44	10,34	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_2O(g)	18	33,93	-8,42E-03	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12	(Yaws, T.2-2)
Na2HPO.12H2O	358,2	133,4					(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_2O(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 = 303,2 K

T reference = 25 °C = 298,2 K

Entalpi bahan masuk :

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

Komponen	Berat (kg/jam)	BM	Kmol/jam	∫Cp.dT (kkal/kmol)	Qin (kkal/jam)
Na2CO3	5655,1430	106	53,3504	144,5	7709,1336
Impuritis	29,5753	58,4	0,5064	60,2637	30,5191
H2O	2,8438	18	0,1580	90,5591	14,3072
Total	5687,5621				7753,9599

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

$$\Delta H \text{ Na2CO3} = n \int_{Tref}^{T} Cp\,\Delta T = n\,[(A(T-T_{ref}))]$$

= 53,3504 (28,9(303,15-298,15)
= 7709 kkal/jam

ΔH NaCl = n $\int_{Tref}^{T} Cp\,\Delta T$ = n [(A (T - T ref)) + (B /2 (T^2 - Tref ^{2}))
= 0,5064 [(10,79 (303,15 - 298,15)) + (0,0042/2 ($303,15^2$ - $298,15^2$))
= 30,5191 kkal/jam

ΔH H_2O = n $\int_{Tref}^{T} Cp\,\Delta T$ = n [(C1(T-Tref))+(C2/2(T^2-Tref ^{2}))+(C3/3(T^3-Tref ^{3}))+ (C4/4(T^4-Tref^4))+(C5/5(T^5-Tref^5))
= 59862,8838 J/jam
= 14,3072 kkal/jam

Entalpi total = 7709,1336 + 30,5191 + 14,3072
= 7753,9599 kkal/jam

2. Entalpi air proses pada suhu 30 C

Komponen	Berat (kg/jam)	BM	Kmol/jam	∫Cp.dT (kkal/kmol)	Qin (kkal/jam)
H2O	14538,9525	18	807,7196	90,5591	73146,3225

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

ΔH H_2O = n $\int_{Tref}^{T} Cp\,\Delta T$ = n [(C1(T-Tref))+(C2/2(T^2-Tref ^{2}))+(C3/3(T^3-Tref ^{3}))+ (C4/4(T^4-Tref^4))+(C5/5(T^5-Tref^5))
= 306051559 J/jam
= 73146,3225 kkal/jam

Entalpi total bahan masuk = 7753,9599 + 73146,3225
= 80900,2825 kkal/jam

Panas pelarutan bahan(ΔHs)
Berdasarkan Perry 8ed, tabel 2-147 diketahui :
Panas pelarutan Na2CO3(ΔHs) = 7000 kkal/kmol
Panas pelarutan NaCl(ΔHs) = 7220 kkal/kmol

ΔHs = $\frac{\text{m Na2CO3}}{\text{BM Na2CO3}}$ x ΔHs
= $\frac{5655,1430}{106}$ x 7000
= 373452,838 kkal/jam

ΔHs = $\frac{\text{m NaCl}}{\text{BM NaCl}}$ x ΔHs
= $\frac{29,5753}{58,4}$ x 7220
= 3656,4012 kkal/jam

ΔHs total = 377109,239 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
Na2CO3	5655,1430	106	53,3504
NaCl	29,5753	58,4	0,5064
H2O	14541,7962	18	807,8776
total	20226,5145		861,7344

Entalpi bahan masuk + ΔH pelarutan = Entalpi bahan keluar

80900,2825 + 377109,2395 = ΔH Na2CO3 + ΔH Nacl + ΔH H2O

458009,5219 = (56,9166(28,9(T-298,15)) +
(0,2072 [(10,79 (T - 298,15)) +
(0,0042/2 (T^2 - $298,15^2$))) +
(861,2078 ((276370 (T - 298,15)) +
(-2090,1/2 (T^2-$298,15^2$))+
(8,125/3 (T^3-$298,15^3$))+
(-0,01412/4 (T^4 - $298,15^4$))+
(9,375x10^-06/4 (T^5- $298,15^5$))))

T = 53,3147 C
326,4647 K

Entalpi campuran keluar pada suhu 326,3473 K

ΔH Na2CO3 = $n \int_{Tref}^{T} Cp\,\Delta T$ = n [(A(T-T_{ref}))]
= 53,3504 (28,9(309,155-298,15)
= 43656,435 kkal/jam

ΔH NaCl
= $n \int_{Tref}^{T} Cp\,\Delta T$ = n [(A (T - T ref)) + (B /2 (T^2 - Tref ^{2}))
= 0,5064 [(10,79 (309,155 - 298,15)) + (0,0042/2 ($309,155^2$ - $298,15^2$))
= 173,5 kkal/jam

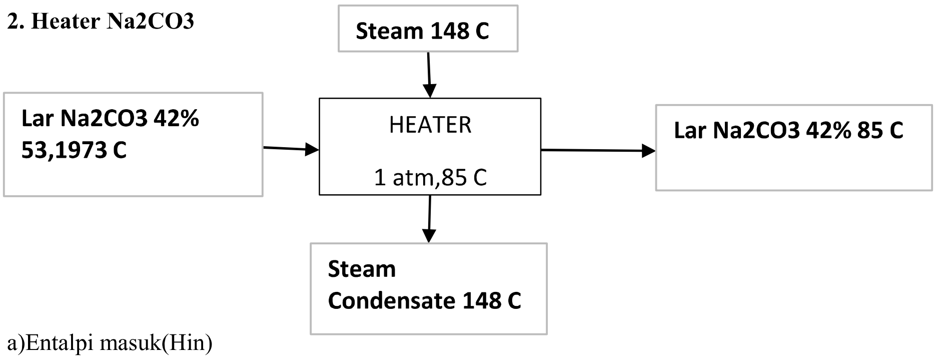
ΔH H_2O = $n \int_{Tref}^{T} Cp\,\Delta T$ = n [(C1(T-Tref))+(C2/2(T^2-Tref ^{2}))+(C3/3(T^3-Tref ^{3}))+
(C4/4(T^4-Tref^4))+(C5/5(T^5-Tref^5))

= 1732968856 J/jam
= 414179,557 kkal/jam

Entalpi total = 43656,435 + 173,5303 + 414179,557
= 458009,5219 kkal/jam

Komponen	Qinput (kkal/jam)			Qoutput (kkal/jam)
	1	2		3
Na2CO3	7709,1336			43656,4350
Impuritis	30,5191			173,5303
H2O	14,3072	73146,3225		414179,5567
ΔH pelarutan			377109,239	
TOTAL	458009,5219			458009,5219

2. Heater Na2CO3



a)Entalpi masuk(Hin)

Tin 326,4647 K

Tref 298,15 K

Neraca energi masuk

Komponen	Berat (kg/jam)	BM	Kmol/jam	∫Cp.dT (kkal/kmol)	Qin (kkal/jam)
Na2CO3	5655,1430	106	53,3504	818,2962	43656,4350
NaCl	29,5753	58,4	0,5064	342,6563	173,5303
H2O	14541,7962	18	807,8776	512,6761	414179,5567
Total	20226,5145				458009,5219

Menghitung entalpi keluar

Tout 85 C 358,15 K

Tref 298,15 K

ΔH Na2CO3 $= n \int_{Tref}^{T} Cp\,\Delta T = n\,[(A(T-T_{ref}))]$

$= 53,3504\ (28,9(358,15-298,15)$

$= 92509,6031$ kkal/jam

ΔH NaCl $= n \int_{Tref}^{T} Cp\,\Delta T = n\,[\,(A\,(T - T\,ref\,)) + (B/2\,(T^2 - Tref^2))$

$= 0,5064\ [(10,79\ (358,15 - 298,15)) + (0,0042/2\ (358,15^2 - 298,15^2\ ))$

$= 369,7390$ kkal/jam

ΔH H_2O $= n \int_{Tref}^{T} Cp\,\Delta T = n\,[(C1(\,T\text{-}Tref)) + (C2/2(T^2\text{-}Tref^2)) + (C3/3(T^3\text{-}Tref^3)) + (C4/4(T^4\text{-}Tref^4)) + (C5/5(T^5\text{-}Tref^5))$

$= 3680373109$ J/jam

$= 879609,173$ kkal/jam

APPENDIX C
PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT

Kapasitas produksi = 57000 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 Berat	ρ (gr/cc) [Perry 7[ed]; T.2-1]	xi/ρi
Na_2CO_3	5655,143	0,9943	2,533	0,3925
Impuritis	29,5753	0,0052	2,163	0,0024
H_2O	2,8438	0,0005	1	0,0005
Total	5687,562	1,0000		0,3954

Total bahan masuk dalam 1 minggu — Densitas 158 lb/cuft

Total bahan masuk = 45045 ton/tahun
= 136,5015 ton/hari
= 955,5104 ton/minggu

Rate volumetrik = $\frac{\text{Rate mass}}{\text{densitas}}$ = 36,0 ft3/jam

Ukuran gudang 25 m x 20 m x 10 m dengan jalan 3 x 3 m

Spesifikasi:

Kapasitas = 955,5104 ton/minggu
Tipe = Bangunan segi 4
Waktu penyimpanan = 7 hari proses — 13351,89307
Panjang gudang = 25 m
Lebar gudang = 20 m
Tinggi gudang = 5 m
Bahan konstruksi = Beton

2. Screw Conveyor (J-122)

Fungsi : Memindahkan bahan dari gudang ke J-111
Type : Plain spouts or chutes
Dasar Pemilihan : Umum digunakan untuk padatan dengan sistem tertutup.

Perhitungan :

Komponen	Berat (kg)	Fraksi Berat	ρ (gr/cc) [Perry 7ed; T.2-1]
Na2CO3	5655,1430	0,9943	2,533
NaCl	29,5753	0,0052	2,163
H2O	2,8438	0,0005	1
total	5687,5621	1,0000	

Rate Massa = 5687,5621 kg/jam = 12541,0744 lb/jam = 1,58 kg/s

ρ campuran = $\dfrac{1}{\dfrac{\text{fraksi berat}}{\rho\ \text{komponen}}} \times 62{,}43$

$= \dfrac{1}{\dfrac{0{,}9943}{2{,}533} + \dfrac{0{,}0052}{2{,}163} + \dfrac{0{,}0005}{1}} \times 62{,}43$

= 2,5288 x 62,43

= 157,87 lb/cuft

Rate Volumetrik = $\dfrac{\text{Rate massa}}{\text{Densitas}}$

$= \dfrac{12541{,}0744}{157{,}87}$

= 79,44 cuft/jam

= 1,3240 cuft/menit

= 9,90 gpm

Power Motor = $\dfrac{K.C.\rho.L}{2000000}$ **(Badger pers 360 hal 627)**

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

Asumsi panjang screw L = 30 ft

Power Motor = $\dfrac{K.C.\rho.L}{2000000}$

$= \dfrac{4 \times 79{,}44 \times 157{,}87 \times 30}{2000000}$

= 0,75246 hp

Efisiensi motor = 80% maka;

Power Motor = $\dfrac{0{,}75}{0{,}8}$

= 0,941 hp

≈ 1 hp

Asumsi tinggi screw dari dasar H = 25 ft

Resume							
Spesifikasi :							
Kapasitas	:	5,69	ton/jam				
Panjang	:	30	ft	9,144	meter		
Power	:	1	hp				
Jumlah	:	1	buah				
Dari Perry 7ed, tabel 21-6 hal 21-8, didapatkan :							
kapasitas maksimum	:	10	ton/jam				
Diameter flight	:	10	in	0,254001	meter		
Diameter pipa	:	2,5	in	0,063500	meter		
Diameter shaft	:	2	in	0,050800	meter		
Hanger center	:	10	ft			0,3683	meter
Diameter feed section	:	9	in				
Kecepatan putaran	:	55	rpm				

3. Bucket elevator (J - 113)

Fungsi	:	Memindahkan soda ash dari J-122 ke F-111
Type	:	Continuous Discharge Bucket elevator
Dasar Pemilihan	:	Untuk memindahkan bahan dengan ketinggian tertentu.

Perhitungan :

Rate massa = 5687,562 kg/jam = 5,6876 ton/jam

Tinggi bucket = Tinggi (screw + mixer + hopper + jarak dari dasar)
= 25 + 4,24 + 5 + 5
= 39,29 ft

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

Kapasitas maksimum = 14 ton/jam
Power pada head shaft = 1,6 hp
Power tambahan = 0,02 hp/ft
= 0,02 hp/ft x 39,29 ft
= 0,786 hp
Power total = 0,786 + 1,6
= 2,386 hp
Efesiensi motor = 80%
Power total = $\frac{2,386}{80\%}$
= 2,982 hp
Kecepatan bucket = 225 ft/menit
= $\frac{225}{14 \times 5,6876}$
= 2,826 ft/menit

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

Spesifikasi :

Kapasitas maksmimum	=	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	=	39,29 ft	= 11,9745 meter
Ukuran feed (maximum)	=	3/4 in	
Putaran Head Shaft	=	43 rpm	
Lebar belt	=	7 in	
Power total	=	2,982 hp	
Alat pembantu	=	Hopper chute (pengumpan)	
jumlah	=	1 buah	

4. Hopper soda ash

Fungsi : Menampung soda ash dari J-113 ke M-110
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

$$\text{Volume bahan} = 36{,}0433\ \frac{\text{cuft}}{\text{jam}} \times 0{,}5\ \text{jam}$$

$$= 18{,}0216676\ \text{cuft}$$

Asumsi bahan mengisi 80% volume tangki(faktor keamanan)
Maka Volume tangki = 22,5271 cuft

Menentukan Dimensi tangki

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

$\text{Volume} = 1/4\pi.D^2.H$
$22{,}5271 = 1/4\pi.3D^3$
$D^3 = 9{,}5569$ cuft
D = 2,1221 ft = 25,4656211 in = 0,6468 m
H = 4,24427019 ft = 50,9312 in = 1,2937 m

P operasi = 1 atm = 14,7 psi

Menentukan tebal minimum shell

Tebal shell berdasarkan ASME code untuk cylindrical tank :

$$t_{min} = \frac{P \times ri}{fe - 0{,}6P} + C$$ **[Brownell,pers. 13-1,hal 254]**

dengan :
t_{min} = tebal shell minimum ;in
P = tekanan tangki ; psi
ri = jari-jari tangki ; in (1/2 D)
C = faktor korosi ; in (digunakan 1/8 in)
E = faktor pengelasan, digunakan dobel welded
e = 0,8
f = stress allowable, bahan konstruksi carbon steel SA-283 grade C, maka
f = 12650 psi **[Brownell, T.13-1]**

P operasi = P hidrostatis Asumsi volume tangki = 80%

$$P\ \text{hidrostatis} = \frac{157{,}7979 \times (80\% \times H)}{144}$$

= 3,72 psi

P design diambil 10% lebih besar dari P operasi untuk faktor keamanan.
P design = 1,1 x 3,72
= 4,0928 psi
ri = 1/2 x D
= 1,0611 ft

$$t_{min} = \frac{P \times ri}{fe - 0{,}6P} + C$$

$$= \frac{4{,}0928 \times 1{,}0611}{10120 - 2{,}46} + 0{,}125$$

$$= 0{,}0004 + 0{,}125$$

= 0,1254 in digunakan t = 0,1875 in

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

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

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

dengan α = 1/2 sudut conis = 30˚/2
= 15

$$tc = \frac{P.D}{2 \cos \alpha\, (fe - 0{,}6P)} + C$$

$$= \frac{4{,}0928 \times 25{,}4656}{2 \times (-\cos 15) \times ((12650 \times 0{,}8) - (0{,}6 \times 6{,}0579)} + 1/8$$

$$= \frac{104{,}2266}{15372{,}3522} + 1/8$$

= 0,1318 in digunakan t = 0,1875 in

Tinggi conical :

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

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

$$\text{maka } h = \frac{tg\, \alpha \times (D - m)}{2}$$

$$= \frac{0{,}86 \times 1{,}1221}{2}$$

= 0,4803 ft

Spesifikasi

Kapasitas	=	22,5271 cuft/jam	
Diameter	=	2,1221 ft	0,6468 meter
Tinggi	=	4,2443 ft	1,2937 meter
Tebal shell	=	0,0156 ft	
Tebal tutup atas	=	0,0156 ft	
Tebal tutup bawah	=	0,0156 ft	
Tinggi conical	=	0,4803 ft	0,1464 meter
Jumlah	=	1 buah	1,440040 meter
Bahan konstruksi	=	Carbon steel SA-283 grade C **(Brownell : 253)**	

5. Tangki pelarutan soda ash (M-110)

Fungs : Mengencerkan soda ash dengan air proses

Type : Silinder tegak, tutup atas torispherical dished head, tutup bawah conis dilengkapi pengaduk

Kondisi operasi :

* Tekanan operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)

* Suhu operasi = 30 ˚C (Suhu kamar)

* Waktu tinggal = 30 menit **(Ulrich T.4-27)**

Perhitungan :

Kondisi feed :

1	kg	=	2,2	lb
1	in	=	0,03	m
1	gr/cc	=	62,4	lb/cuft
1	ft	=	0,3	m
1	lb.ft/dt	=	550	hp

1. Feed soda ash dari tangki F-110

Rate massa = 5687,562 kg/jam

= 12538,80 lb/jam

$$\text{Rate Volumetrik} = \frac{\text{rate massa}}{\text{densitas}} = \frac{12538{,}80}{157{,}798} = 79{,}46 \text{ cuft/jam}$$

2. Feed air proses dari utilitas :

Rate massa = 14538,95 kg/jam

= 32052,57 lb/jam

ρ air = 62,4 lb/cuft

$$\text{Rate volumet} = \frac{\text{rate massa}}{\text{densitas}} = \frac{32052{,}57}{62{,}43} = 513{,}4162 \text{ cuft/jam}$$

Total rate volumetrik = 79,46 + 513,4162

= 593 cuft/jam

Digunakan 1 tangki untuk 1 jam proses, volume tangki ::

= 593 cuft/jam x 1 = 593 cuft

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

$$\text{Volume tangki} = \frac{593}{80\%} = 741{,}0967 \text{ cuft}$$

Menentukan ukuran tangki tangki dan ketebalannya

$$\text{Diambil dimension} \quad \frac{H}{D} = 1{,}5 \quad \textbf{(Ulrich ; T.4-27 : 248)}$$

Dengan mengabaikan volume dished head.

Volume tangki = Vol tutup atas + Vol silinder + Vol tutup bawah

$$741{,}0967 = 2 \quad (0{,}08 \; D^3) + \frac{1{,}5\pi}{4} D^3$$

$$741{,}0967 = 0{,}17 \; D^3 + 1{,}18 \; D^3$$

$$741{,}0967 = 1{,}35 \; D^3$$

D^3	=	549				
D	=	8	ft	=	98,3	in
				=	2,5	m
				(D_{maks} = 4 m ; (**Ulrich ; T.4-18**))		
H	=	12	ft	=	147	in
				=	3,74	m

Tinggi liquid dalam shell

$$Hls = \frac{593}{(\pi/4 \times D^2)} = 11,27 \text{ ft} = 3,434 \text{ m}$$

Perhitungan :

Komposisi bahan :

Komponen	Berat (kg)	Fraksi Berat	ρ (gr/cc) [Perry 7ed; T.2-1]
Na_2CO_3	5655,143	0,2796	2,53
Impuritis	29,5753	0,0015	2,163
H_2O	14541,80	0,7189	1
Total	20226,51	1,0000	

$$\text{Densitas campuran} = \frac{1}{\dfrac{\text{fraksi berat}}{\rho \text{ komponen}}}$$

$$= \frac{1}{\dfrac{0,2796}{2,53} + \dfrac{0,0015}{2,163} + \dfrac{0,719}{1}}$$

= 1,2046 gr/cc

= 75,2048 lb/cuft

Penentuan tebal shell :

Tebal shell berdasarkan ASME code untuk cylindrical tank :

$$t_{min} = \frac{P \times ri}{fe - 0,6P} + C$$ **[Brownell,pers. 13-1,hal 254]**

dengan :

t_{min}	=	tebal shell minimum	;in	
P	=	tekanan tangki	; psi	
ri	=	jari-jari tangki	; in	(1/2 D)
C	=	faktor korosi	; in	(digunakan 1/8 in)
E	=	faktor pengelasan, digunakan dobel welded		
		e = 0,8		
f	=	stress allowable, bahan konstruksi carbon steel SA-283 grade C, maka		
		f = 12650 psi	**[Brownell, T.13-1]**	

P operasi = P hidrostatis Asumsi volume tangki = 80%

$$P \text{ hidrostatis} = \frac{75,2048 \times 80\% \times 12}{144}$$

= 5,1315 psi

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

P design = 1,1 x 5,1315

= 5,6447 psi

r = 1/2 x 98,26

= 49,1283 in

$t_{min} = \dfrac{P \times ri}{fe - 0{,}6P} + C$

$= \dfrac{5{,}6447 \times 49{,}1283}{10120 - 3{,}38679} + 0{,}125$

= 0,0274 + 0,125

= 0,1524 in digunakan t = 0,1875 in

Standarisasi

Do = Di + 2ts

= 98,2566 + 3/8

= 98,6316 in

Standarisasi dari Brownell hal 91

Do = 96 in

= 96 - 3/8

= 95,6 in

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

Tutup bawah, torispherical dished head :

$$th = \frac{P.rc.W}{2.f.E - 0{,}2.P} + c$$

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

W = 1,76

$tc = \dfrac{P.rc.W}{2fe - 0{,}2P} + C$

$= \dfrac{5{,}6447 \times 96 \times 1{,}76}{20240 - 1{,}129} + 1/8$

$= \dfrac{954{,}036}{20238{,}87} + 1/8$

= 0,0471 + 1/8

= 0,1721 in digunakan t = 1/5 in

Tinggi dished :

h = 0,17 x Do

maka h = 0,17 x 95,63

= 16,3 in

Tinggi tangki = ha + hb + hl

= 180 in

2. Perencanaan sistem pengaduk

Dipakai impeler jenis turbin dengan 6 buah blade. Dari **(McCabe 5ed hal 243)**

Diameter impeler (Da)	=	1/3	x	diameter tangki	=	2 3/4	ft
Tinggi impeller dari dasar tangki	=	1/3	x	diameter tangki	=	1	ft
Panjang impeller	=	0,25	x	diameter impeller	=	0,682	ft
Lebar daun impeller	=	0,2	x	diameter impeller	=	5/9	ft
Tebal blades	=	0,08	x	diameter tangki	=	0,682	ft

3. Penentuan jumlah pengaduk :

$$n = \frac{H_{liquid}}{2 \times Da^2}$$

= 0,007 ≈ 1 buah

4. Menghitung bilangan reynold

$$Nre = \frac{n \times Da^2 \times \rho}{\mu}$$ (n ditetapkan (Walas, 1990) = 84 rpm

ρ campuran = 75 lb/cuft

$$\mu \text{ bahan} = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference}$$

$$= \frac{1{,}205}{0{,}996} \times 0{,}00085$$

= 0,00103 lb/ft dt (berdasarkan sg bahan)

$$sg = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference } (H_2O)}$$

$$= \frac{75 \text{ lb/cuft}}{62{,}4 \text{ lb/cuft}}$$

= 1,21

Nre = 762555,1654 > 2100 (turbulen)

5. Menghitung poros pengaduk

Dari G.G Brown fig 4.77 hal 507 diperoleh ϕ = 6

P = 10,597628 Hp

Perhitungan losses pengaduk :

Gland losses (kebocoran tenaga akibat poros dan bearing)	=	10%		
		(Joshi : 425)		
Gland losses 10%	=	10%	x	10,6
	≈	1,06	hp	(minimum = 0,5)
Power input dengan gland loses	=	10,6	+	1,06
	=	11,66		hp
Transmission system losses	=	20%	(joshi : 425)	
Transmission system losses	=	20%	x	11,6574
	=	2,3315		hp
Power input dengan transmissin system l	=	11,6574	+	2,3315
	=	13,9889		hp
Digunakan power motor	=	14	hp	

Spesifikasi :

Dimensi Shell :

Diameter shell	:	8	ft	=	2,4957	meter
Tinggi Shell	:	12	ft	=	3,7436	meter
Tebal Shell	:	1/5	in			
Tebal tutup (dished)	:	1/5	in			
Tinggi tutup(dishead)	:	16,3	in	=	0,4129	meter

Sistem pengaduk 4,5694 meter

Dipakai impeler jenis turbin dengan 6 buah flat blade dengan 1 impeller.

Diameter impeller	:	2 3/4	ft
Panjang impeller	:	0,682	ft

Lebar impeller	:	5/9 ft
Power motor	:	14 hp
Bahan konstruksi	:	Carbon steel SA-283 grade C **(Brownell : 253)**
Jumlah tangki	:	1 buah

6. Pompa-1 (L-114)

Fungsi : memindahkan bahan dari M-110 ke E-115
Type : Centrifugal Pump
Dasar pemilihan : sesuai untuk viskositas <10 cP dan bahan liquid.
Perhitungan : (Asumsi aliran Turbulen)

Bahan masuk = 14541,80 kg/jam = 32058,84 lb/jam
ρ campuran = 75 lb/cuft = 1204,6303 kg/m3

Rate Volumetrik = $\frac{\text{rate massa} \quad \text{lb/jam}}{\text{densitas} \quad \text{lb/cuft}}$

= $\frac{32058,84}{75}$

= 426,287 cuft/jam
= 7,1048 cuft/menit
= 53,1438 gpm
= 0,0034 m3/detik

Asumsi aliran turbulen: **[Peters, 4[ed], pers,15 hal 496]**
Di optimum untuk turbulen, Nre >2100 digunakan persamaan (15) peters :

Diameter optimum = $3{,}9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$

Dengan : qf = fluid flow rate ; m3/s
ρ = fluid density ; kg/m3

Diamter pipa optimum = 2,77 in **[Peters, 4[ed], pers,15 hal 496]**
Dipilih pipa 3 1/2 in, sch 80

OD = 4 in **[Mc.Cabe 5[ed], appendix 5]**
ID = 3,364 in
= 0,2803 ft

A = $(1/4 \times \pi \times ID^2)$
= 1/4 x 3,14 x 0,0786
= 0,0617 ft^2

Kecepatan aliran, V = $\frac{\text{Rate volumetrik}}{\text{(Area pipa x s)}}$

= $\frac{7,1048}{0,0617}$

= 1,9195 ft/dt

sg bahan = $\frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}}$ x sg reference

= $\frac{75}{62,4}$ x 1

= 1,2

μ berdasarkan sg bahan:

μ bahan = $\frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}}$ x μ reference

= $\frac{1,2046}{1}$ x 0,00085

= 0,001023932 lb/ft dt (berdasarkan sg bahan)

$$Nre = \frac{D\ V\ \rho}{\mu}$$

$$= \frac{0,2803 \times 1,92 \times 75}{0,001023932}$$

$= 39521,17842 > 2100$ (asumsi turbulen benar)

Dipilih pipa commercial steel

(ε = 0,00015

ε / D = 0,0006 Fig. 126 Brown

f = 0,04 Fig. 125 Brown

Digunakan persamaan Bernaulli :

$$-Wf = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \times gc \times \alpha} + \Sigma F$$

Perhitungan friksi berdasarkan peters, 4ed tabbel 1 halaman 484

Taksiran panjang pipa lurus = 80 ft

Panjang ekuivalen suction , (Peters 4ed; Tabel-11)

- 4 Elbow 90˚	=	4	x	32	x	0,2803	
	=	35,883	ft				
- 1 globe valve	=	1	x	300	x	0,2803	
	=	84,1	ft				
- 1 gate valve	=	1	x	7	x	0,2803	
	=	1,9623	ft				+
Panjang total pipa	=	201,95	ft				

Friksi yang terjadi :

1. Friksi karena gsekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times V^2 \times Le}{gc \times D}$$

$$= \frac{2 \times 0,04 \times 3,68 \times 202}{32,2 \times 0,280}$$

$$= 6,5941 \ \frac{ft.lb_f}{lb_m}$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times V_2^2}{2 \times \alpha \times gc}$$

K = 0,4

A tangki >>> A pipa,[Peters 4ed,hal 484)

α = 1

untuk aliran turbulen [Peters 4ed,hal 484)

$$= \frac{0,4 \times 3,684}{2 \times 1 \times 32,2}$$

$$= 0,023 \ \frac{ft.lb_f}{lb_m}$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc}$$

$$= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc}$$; ($A_1 <<< A_2$, maka V_1 dianggap = 0)

$$= \frac{3,68 - 0,00000}{2 \times 1 \times 32,2}$$

$= 0{,}057 \dfrac{ft.lb_f}{lb_m}$

$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3$

$= 6{,}594 + 0{,}023 + 0{,}057$

$= 6{,}674 \dfrac{ft.lb_f}{lb_m}$

1 atm = 14,7 x 144 lb_f/ft^2 = 2117 lb_f/ft^2

P_1 = P hidrostatis

Tinggi bahan = 5,0 ft (pada M-110)

ρ bahan = 75

P hidrostatis = ρ . H

= 75 (lb/cuft) x 5,0 (ft)

= 379 lb/ft^2

P_2 = 1 atm = 2116,8 lb_f/ft^2

ΔP = P2 - P1

= 2116,8 - 379

= 1738 lb_f/ft^2 ; $\dfrac{\Delta P}{\rho} = 23{,}10492179 \dfrac{lb_f/ft^2}{lb_m/ft^3}$

$= 23{,}105 \dfrac{ft.lb_f}{lb_m}$

$\dfrac{\Delta V^2}{2 \times gc \times \alpha} = \dfrac{3{,}684 - 0}{2 \times 32{,}2 \times 1}$

$= 0{,}06 \dfrac{ft.lb_f}{lb_m}$

Asumsi : Z_2 = 70 ft

Z_1 = 5,0 ft

g/gc = 1

g percepatan gravitasi = 32,2 ft/dt^2

gc konstanta gravitasi = 32,2 $ft/dt^2 \times lb_m/lb_f$

$\Delta Z = 64{,}9578 \text{ ft} \dfrac{ft/dt^2}{ft.lb_m/dt^2.lb_f}$

$= 64{,}9578 \dfrac{ft . Lbf}{lbm}$

Persamaan Bernaulli :

$-Wf = \dfrac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \dfrac{g}{gc} + \dfrac{\Delta V^2}{2 \times gc \times \alpha} + \Sigma F$

$= 23{,}105 + 64{,}9578 + 0{,}0572 + 6{,}674$

$= 94{,}794 \dfrac{ft.lb_f}{lb_m}$

sg campuran (Himmelblau : berdasarkan sg bahan) = 1,205

Rate Volumetrik = 53,1438 gpm

$$hp = \frac{-Wf \times flowrate(gpm) \times sg}{3960}$$ [Perry 6ed; pers.6-11 ; hal.6-5]

$$= \frac{94{,}79 \times 53 \times 1{,}2}{3960}$$

$$= 1{,}532 \text{ hp}$$

(Minimum = 0,5 hp)

Effisiensi pompa = 62% (Peters 4ed ; fig.12-17; 520)

$$Bhp = \frac{hp}{\eta\ pompa}$$

$$= \frac{1{,}532}{62\%}$$

$$= 2{,}472 \text{ hp}$$

Effisiensi motor = 83% (Peters 4ed ; fig. 12-18; 521)

$$\text{Power motor} = \frac{Bhp}{\eta\ motor}$$

$$= \frac{2{,}4717}{83\%}$$

$$= 2{,}978 \text{ hp}$$

Spesifikasi :

Rate Volumetrik	:	53 gpm
Total Dynamic Head	:	94,79 $ft.lb_f/lb_m$
Effisiensi motor	:	83%
Power	:	3 hp
Bahan Konstruksi	:	Commercial steel
Jumlah	:	1 buah

APENDIX D
PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

Kapasitas Produk	=	57.000	Ton/tahun
	=	7.196,9697	Kg/jam
Bahan Baku			
Soda Ash	=	5655,1430	kg/jam
Asam Phosphat	=	5228,3397	kg/jam

1. Harga Bahan Baku

a. Sodium carbonate

Jumlah Kebutuhan	=	5.655	kg/jam soda ash				
Harga soda ash	=	4500	/kg				
Biaya per Tahun	=	4500	x	330	x	24	
	=	Rp201.549.295.775					

b. Asam fosfat

Jumlah Kebutuhan	=	5.228	kg/jam asam fosfat				
Harga asam fosfat	=	8000,0000					
Biaya per Tahun	=	Rp 8.000	x	330	x	24	
	=	Rp331.267.605.634					

2. Harga Jual Produk

Produk Utama

Disodium phosphate anhydrat

Jumlah Produk	=	71170,51813	ton/tahun
Harga Produk	=	21.000	/kg
Harga Jual Produk	=	Rp1.494.580.880.786	

Produk Samping

Karbon dioksida

Jumlah Produk	=	17661,97183	ton/tahun
Harga Produk	=	3.000	/kg
Harga Jual Produk	=	Rp52.985.915.493	

Pengemasan

Na2HPO4

Jumlah produk(kg/th)	=	71170518,1327	kg/thn
Produk dikemas dalam karung	=	50	kg
Kebutuhan karung	=	1423410,3627	buah
Harga 1 karung	=	1450	

Biaya pengemasan	=	Rp2.063.945.026

CO_2

Jumlah produk(kg/thn)	=	17661971,8310	kg/thn
Densitas produk	=	1,101	kg/L
Kemasan produk(drum 200 Liter)			
Volume produk	=	16041754,6149	L/thn
Kebutuhan drum per tahun	=	80208,77307	buah
Harga 1 buah drum	=	Rp165.000	
Biaya pengemasan per tahun		Rp13.234.447.557	

Total biaya pengemas =	Rp15.298.392.583

3. Perhitungan Tanah dan Bangunan

Luas Tanah	=		41920	m^2
Harga tanah/m2	=	Rp	2.500.000	
Total harga tanah	=	Rp	104.800.000.000	
Luas bangunan pabrik	=		29100	m2
Harga bangunan pabrik per m2	=	Rp	2.500.000	
Harga bangunan pabrik total	=	Rp	72.750.000.000	
Luas bangunan gedung	=		6545	m2
Harga bangunan gedung	=	Rp	2.400.000	
Harga bangunan gedung total	=	Rp	15.708.000.000	
Harga bangunan total	=	Rp	88.458.000.000	
Total harga tanah dan bangunan	=	Rp	193.258.000.000	