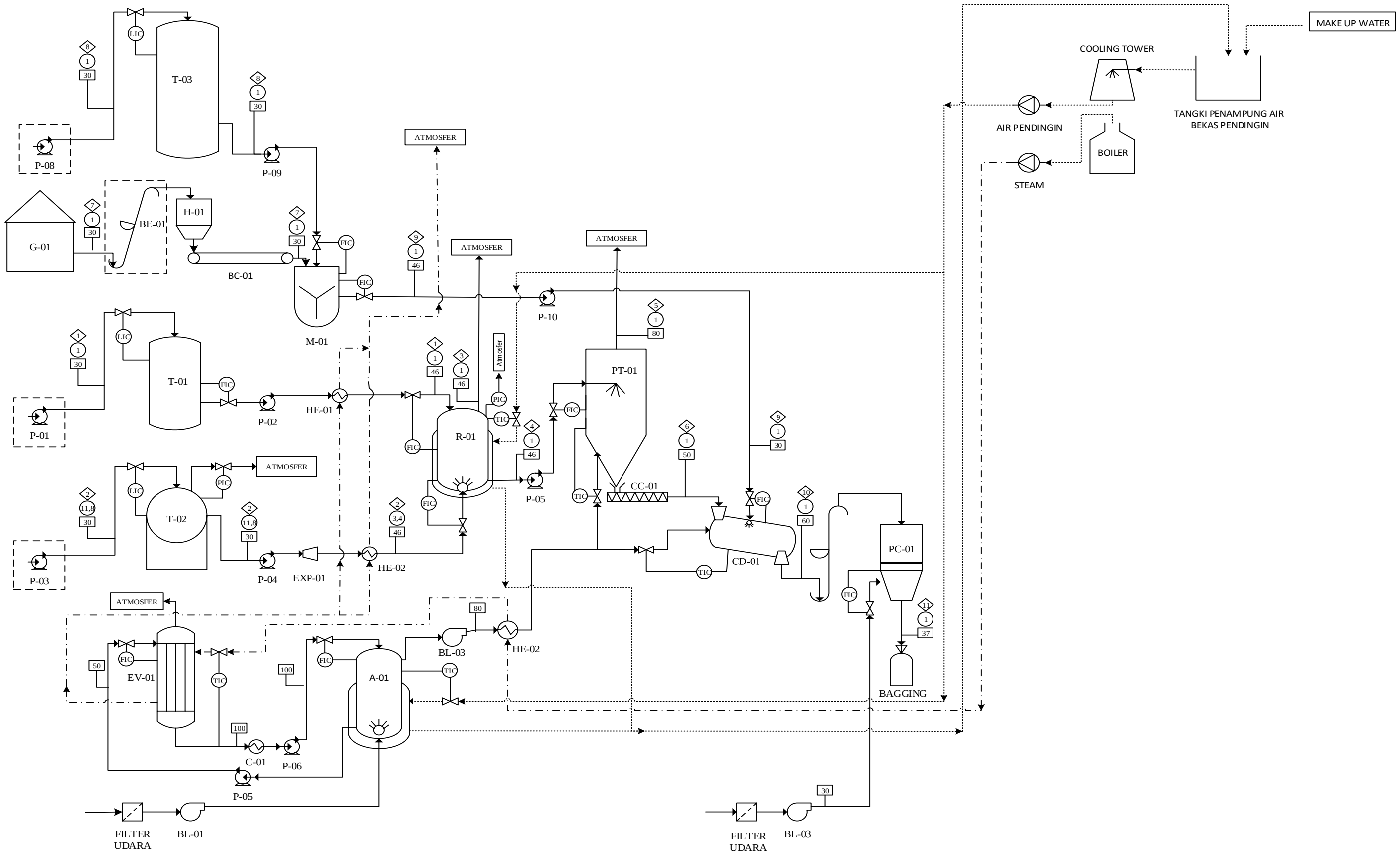
LAMPIRAN I

DIAGRAM ALIR PROSES



KODE	KETERANGAN
T-01	TANGKI 01
T-02	TANGKI 02
T-03	TANGKI 03
G-01	GUDANG BAHAN BAKU 01
H-01	HOOPER 01
R-01	REAKTOR 01
PT-01	PRILLING TOWER 01
CD-01	COATING DRUM 01
PC-01	PRILL COOLER 01
P-01	POMPA 01
P-02	POMPA 02
P-03	POMPA 03
P-04	POMPA 04
P-05	POMPA 05
P-06	POMPA 06
P-07	POMPA 07
P-08	POMPA 08
P-09	POMPA 09
P-10	POMPA 10
BL-01	BLOWER 01
BL-02	BLOWER 02
BL-03	BLOWER 03
BE-01	BUCKET ELEVATOR 01
BE-02	BUCKET ELEVATOR 02
BC-01	BELT CONVEYOR 01
CC-01	COOLING CONVEYOR 01
HE-01	HEATER 01
HE-02	HEATER 02
HU-01	HEATER UDARA 01
EV-01	EVAPORATOR 01
A-01	ABSORBER 01
C-01	COOLER-01
LIC	LEVEL INDICATOR CONTROL
TIC	TEMPERATURE INDICATOR CONTROL
FIC	FLOW INDICATOR CONTROL
PIC	PRESSURE INDICATOR CONTROL
◇	NOMOR ARUS
○	TEKANAN (atm)
▭	TEMPERATURE (C)
– · – · –	STEAM
....	AIR PENDINGIN
— — —	UDARA
⌐ ⌐	BATCH

komponen	Nomor Arus (kg/jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
HNO3	7422.18										
NH3		2103.69	100.88								
H2O	5374.68	10.57		5385.25	5115.99	269.26	0.16	17.59	17.75	208.49	23.17
NH4NO3				9424.99		9424.99					9424.99
Etanol 96%								422.20	422.20	340.96	
Anti-caking (asam stearat)							16.02		16.02		
TOTAL	12796.86	2114.26	100.88	14810.24	5115.99	9694.25	16.18	439.79	455.97	549.45	9448.16

DIAGRAM ALIR PROSES PRARANCANGAN PABRIK AMONIUM NITRAT DARI AMONIA DAN ASAM NITRAT
KAPASITAS 75.000 TON / TAHUN

OLEH :
HARI WAHYU WIBAWANTO
22160288D

UNIVERSITAS SETIA BUDI
Program Studi S1 Teknik Kimia
Fakultas Teknik
Universitas Setia Budi Surakarta
2021

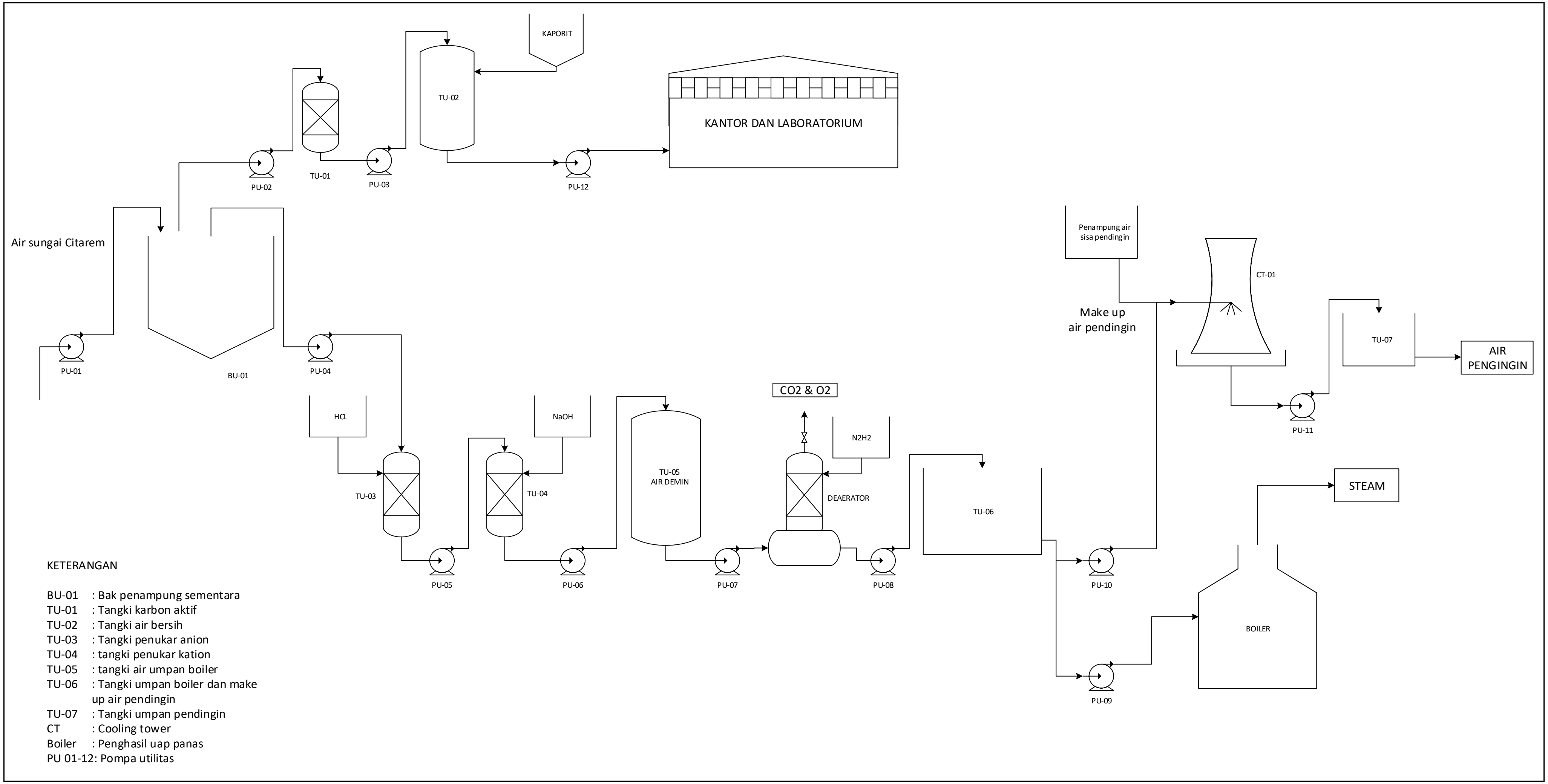
DOSEN PEMBIMBING 1 : Dr.Supriyono, S.T.,M.T

DOSEN PEMBIMBING 2 : Narimo, S.T., M.T

Gambar 1. Dagram Alir Proses Amonium Nitrat

LAMPIRAN II

DIAGRAM ALIR UTILITAS



Gambar 2. Diagram Alir Utilitas

LAMPIRAN III

PERHITUNGAN ALAT UTAMA

REAKTOR

Fungsi :Untuk mereaksikan Amonia dan Asam nitrat

jenis :Bubble Reaktor

Kondisi operasi : T = 46 ˚C

P = 35 psig

= 49,7 psia = 3,4 atm

Waktu =7,4 menit

Menghitung Viscositas Umpan Cair 46 ˚C 319.15 K

	konstanta pers. Viscositas cair (Yaws, 199)							
komponen	A	B	C	D	μ (cp)	μ (gr/cm.s)	x.	x.μ
HNO3	-3.5221	7.29E+02	3.96E-03	-2.24E-06	403.73	4.04	0.58	4.62
H2O	-10.2158	1.79E+03	1.77E-04	-1.26E-05	13.52	0.14	0.42	0.56
					417.2439	4.1724	1	5.1724

Menghitung Viscositas Umpan Gas 46 ˚C 319.15 K

	konstanta pers. Viscositas gas						
komponen	A	B	C	μ (cp)	μ (gr/cm.s)	x.	x.μ
NH3	-7.874	3.67E-01	-4.47E-06	1.09E+02	1.09	0.58	1.67
H2O	-36.826	4.29E-01	-1.62E-05	-3.85E+01	-0.38	0.42	0.04
				70.3188	0.7031	1	1.7031

Tahap 1. Menghitung kecepatan laju volumetrik umpan masuk reaktor

Menghitung Laju Volumetrik Umpan Cair

komponen	massa (kg/jam)	densitas (gr/ml,or kg/L)	kgmol/jam	kmol/L
HNO3	7422	484.51	117.81	8.31
H2O	5375	418.55	298.59	21.07
total	12797	903.06	416.41	29.39

Menghitung Laju Volumetrik Umpan Gas

komponen	massa (kg/jam)	densitas (kg/L)	kgmol/jam	kmol/L
NH3	2103.69	257.70	123.75	15.16
H2O	10.57	418.55	0.59	0.07
total	2114.26	676.25	124.33	15.23

FV = massa campuran/densitas campuran

FVL = 14.1705 L/jam

FVG = 8.1634 L/jam

Nilai CbO = 8.3139 HNO3

Nilai CaO = 15.1587 NH3

Tahap 2. Menghitung diameter gelembung

Menentukan diameter gelembung dengan diameter orifice

$$db = \left(\frac{6.do.\sigma}{g(\rho l - \rho g)}\right)^{\frac{1}{3}}$$ (Perry.R.H, 1986)

dinama :

do = diameter orifice 0.004 - 0.95 cm (Perry, p-18-58)

do = 0.015 cm

σ = 35.140349 dyne/cm surface tension (Yaws, 1999)

Tabel surface tension komponen

komponen	A	Tc	n	T	σ
HNO3	112.392	520	1.2222	319.15	35.14035
NH3	100.098	405.65	1.2222	319.15	5.624354

Densitas gas = 2,27 gr/cm^3

Densitas cairan = 4,80 gr/cm^3

g = 980 cm/s^2

db = 0,13 cm

ukuran gelembung akan menghasilkan gelembung yang stabil apabila

$$db < 0.078\left(\frac{\sigma}{(\rho l - \rho g)}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{(Perry, R.H, 1986)}$$

sehingga :

db trial = 0,015 cm

db stabil = 0,13 cm

cek stabilitas db jika db trial < db stabil

karena harga db = 0,015 < 0,1

Tahap 3. Menghitung kecepatan linier gelembung

Kecepatan volumetrik gas tiap lubang orifice (Q)

$$Q^{6/5} = \frac{db^3 . \pi . g^{3/5}}{1.378 \; x \; 6}$$

$$Q = \frac{\mathbf{0.00 \quad x \quad 3.14 \quad x \quad 62.3355}}{\mathbf{1.378 \quad x \quad 6}}$$

Q = 0.04906625 cm/detik

Freakuensi gelembung

$$f_b = \frac{Q . g, (\rho l - \rho g)}{\pi . do . \sigma}$$

$$fb = \frac{\mathbf{0.0491 \quad x \quad 980.00 \quad x \quad 2.53}}{\mathbf{3.14 \quad x \quad 0.1 \quad x \quad 35.14}}$$

fb = 8.65 gelembung/detik

Volume satu gelembung (Vo)

$$V_o = \frac{\pi . db3}{6}$$

$$Vo = \frac{\mathbf{3.14 \quad x \quad 0.00207}}{\mathbf{6}}$$

Vo = 0.0011 cm3

Vo = 0.0011 cm3

Jumlah Oriface (Nb)

$$N_b = \frac{Fvg}{Vo}$$

$$Nb = \frac{\mathbf{2.2676 \quad cm3/s}}{\mathbf{0.00108 \quad cm3}}$$

Nb = 2090.60 detik^-1

Jumlah lubang oriface (Nhole)

$$N_{hole} = \frac{Nb}{fb}$$

Nhole = **2090.60** / **8.65**

Nhole = 242 lubang

Tahap 4. Menentukan diameter sparger

Jarak antara pusat lubang oriface :

Pt = 1.25 x do

1.25 x 0.015

Pt = 0.01875 cm

Luas lubang oriface

$$Lo = \frac{1}{4} x\, \pi\, x\, do^2$$

Lo = **1/4 x 3.14 x 0.000225**

Lo = 0.0002 cm2

susunan oriface : Triangular pitch

$$Pt^2 = CD^2 + (\frac{1}{2} x\, Pt)^2$$

$$CB^2 = CD^2 + DB^2$$

$$C_D = \frac{1}{2}\, x \sqrt{3Pt}$$

Menghitung luas ΔABC dengan persamaan :

$$L\Delta ABC = \frac{1}{4}\, x \sqrt{3}\, x\, Pt^2$$

L ΔABC = **1/4 x 1.732050808 x 0.01875**

L ΔABC = 0.01 cm2

Menghitung luas lubang ΔABC

ΔABC =	**1/8**	**x**	**3.14**	**x**	**0.000225**
	0.00009	cm2			

Luas plate yang diperlukan tiap lubang (An)

$$\text{An} = \frac{1}{2}\ x\ \sqrt{3\ x\ Pt^2}$$

An=	**1/2**	**x**	**1.732050808**	**x**	**0.01875**
An=	0.0162	cm2			

Luas sparger (Asp)

$$Asp = Nhole\ x\ An$$

Asp =	**242**	**x**	**0.0162**
	3.92	cm2	

Diameter sparger (Dsp)

$$Dsp = \sqrt{\frac{4xAsp}{\pi}}$$

$$Dsp = \frac{\mathbf{4}\ \mathbf{x}\ \mathbf{3.92392}}{\mathbf{3.14}}$$

Dsp =	5	cm

Kecepatan supervisial gas dalam reaktor (Vsg)

sipervisial gas velocity diambil yang violent

Vsg =	3.1	ft/min
	0.0157	m/s

1.5748 cm/s

Menghitung rising velocity

$$Vt = \sqrt{\frac{2\sigma}{db.\rho l}} + \sqrt{\frac{g.db}{2}}$$

Vt = **0.78127794** + **7.904074797**

Vt = 8.68535274 cm/s

Hold up gas (Hg)

$$\varepsilon = \frac{Vsg}{Vsg + Vt}$$

$$\mathcal{E}g = \frac{\mathbf{1.5748}}{\mathbf{1.5748} + \mathbf{8.685352739}}$$

Ɛ = 0.15

15.35 %

Hold up Liquid (Hl)

$$\varepsilon l = 1 - \varepsilon g$$

Ɛl = **1** - **0.153486994**

Ɛl = 0.85

84.65 %

Tahap 5. Menghitung volume reaktor

$$\text{Volume campuran (Vc)} = \frac{Laju\ alir\ massa\ bahan\ x\ t}{\rho\ campuran}$$

$$= \frac{\mathbf{12797} \quad \mathbf{x} \quad \mathbf{0.1234}}{\mathbf{1294.54}}$$

= 1.22 m3

Volume cairan total (Vl) = **100** **x** **1,22**

15,35

= 7.9 m3

faktor keamanan = **20%** + **7.9**

= 9,5 m3

Tahap 6. Menghitung dimensi reaktor

menentukan diameter dLm (ID) dan tinggi reaktor mula-mula (H)

Diambil = $\frac{H}{D}$ = **6**

H = 6D

Volume reaktor (Vr) = $\frac{\pi \times ID^2 \times H}{4}$.+ 0.000049 ID^3

Maka, ID = $\left[\frac{Vr}{\frac{6\pi}{4} + 0.000049}\right]^{1/3}$

= $\frac{9}{\frac{6 \quad 3.14}{4} + 0.000049}$

ID = 1.24 m

= 49 inch

r = $\frac{ID}{2}$

r = 0.62 m

24.44 inch

H = 6D

= 7.44963426 m

= 293.292689 inch

Menentukan tebal reaktor (ts)

Tinggi cairan dalam reaktor (hcairan)

Vl = **π/4 x ID^2 x hcairan**

hcairan = $\frac{Vl}{\frac{\pi}{4} \times ID^2}$

dimana C K

K

P desain = $\frac{7.5}{\frac{3.14}{4} \times 1.5415}$

	6.21	m					
	10.2084962						
Tekanan desain =							
P operasi =	3.4	atm		49.7	psia		
g =	9.8	m/s2					
P hidrostatik =	h cairan + ρ cairan + g						
=	**6.21**		+	**1294.54**		+	**9.8**
=	1310.55	kg/m.s2					
	0.0129	atm					
	0.1901	psia					
P desain =	59.8681523	psia					
	4.1	atm					

Tebal reaktor (ts)

$$t_s = \frac{P\ x\ r}{f\ x\ E - 0.6\ x\ P} + c$$

Dengan :

ts = tebal dinding reaktor (in)

ID = 49 inch

f = allowable stress (untuk tipe: Stainless steel type 304)

18750 psi (sumber: appendix.D item.4 hal 342, Brownell & Young

E= efisiensi penyambungan 80%(sumber : tabel 13.2 hal 254, Brownell & young)

c= faktor korosi = 0.125 in (untuk perkiraan umur alat 10 tahun)

$$ts = \frac{\mathbf{59.8681523\ x\ 24.44}}{\mathbf{18750\ x\ 80\%\ -\ 0.6\ x\ 59.86815}} \mathbf{+\ 0.125\ x10}$$

ts = 1.35 inch

Maka dipilih tebal standart untuk dinding reaktor (ts) = 1 3/8 inch

(Brownell & Young, tabel 5.6 hal 88)

Menghitung diameter reaktor sesungguhnya

Diameter luar shell (OD) = **ID + (2.ts)**

51.58 inch

Maka dipilih diameter luar standart shell = 54 inch

(Brownell & Young, tabel 5.7 hal 90)

Maka diameter sesungguhnya =

ID = OD-(2.ts)

ID = **51.58 - 2.6955**

= 48.88 inch
= 1.24 m

Tahap 7. Menghitung tinggi reaktor termasuk head

Bentuk head : *Torisphirical head (flange and dished head)*
bahan konstruksi : Stainless steel type 304

menghitung tebal head
Dirancang akan digunakan dinding torispherical dengan diameter luar shell

OD = 54 inch dan tebal dindingnya (ts) = 1 3/8 inch
1.3716 m

Dari data tersebut diperoleh :

icr = 4 1/8 inch
r = 48 inch
icr/r = 0.09 inch

W = 1/4 (3+(rc/ri)^0.5)

keterangan :
w : faktor intensifikasi untuk torispherical head (in)
rc : radius of crown = r
ri : inside corner radius = icr

w = **1/4** **x** **3** + $\frac{\mathbf{48}}{\mathbf{4\ 1/8}}$
225

w = 1.60 inch

tebal head (tH) $\frac{P\ x\ r\ x\ W}{(2\ x\ f\ x\ E) - (0.2\ x\ P)} + C$ 110

(tH) = $\frac{\mathbf{59.9 \ x \ 48 \ x \ 1.60}}{\mathbf{30000 \ - \ 11.97}}$ + 0.125 x 10

(tH) = 1.404 inch

Maka dipilih tebal standart untuk head (tH) = 1 3/8 inch

Menghitung tinggi total reaktor (Hr)

tH = 1 3/8
Sf = 1.5 -4.5
dipilih 3 inch

Untuk perhitungan tinggi reaktor digunakan fig.5-8 Brownell & Young hal. 87

a =	ID/2	=	24.44	inch
AB =	a - icr	=	20.32	inch
BC =	r - irc	=	43.88	inch
AC =	[(BC)^2-(AB)^2]^0.5	=	38.89	inch
b =	r-AC	=	9.11	inch

Tinggi penutup reaktor (OA)

OA = tH + b + Sf

= 13.49 inch

0.34 m

Volume head (Vh')

Bagian lengkung torisphirical head

dianggap icr/r = 6% tanpa bagian straight flange

Vh' = 0.000059 x ID^3

= 5.72329382 in^3

= 0.00331379 ft^3

Bagian straight flange (Vsf)

Volume torispherical head bagian straight flange (Vsf) dihitung sebagai bentuk suatu silinder dengan ketinggian (H) = Sf

Vsf = (π/4) x (ID^2) x (Sf)

5627.18 in^3 0.417392

3.25813781 ft^3

Total volume head (Vh)

Vh = Vh' + Vsf

= **5.72** + **5627.18**

= 5632.90 in^3

= 0.09012647 m^3

= 3.2614516 ft^3

Tinggi shell (H shell)

V shell = Vl + Vh

= **9.02** + **0.090126469**

= 9.11 m^3

H shell = V shell / (π/4) x (ID^2)

= **9.11** / **1.21**

= 7.52 m

Tinggi Reaktor (Hr)

Hr = H shell + (2 x OA)
= **7.52** + **0.685141631**
= 8.21 m

Tahap 8. Menghitung luas kulit reaktor

Lt = L shell + L head
= (π x OD x H shell) + (2 x π De^2)

keterangan :
OD :
De : diameter ekivalen head
De : OD + (OD/42)+(2 x Sf)+(2/3 x icr)
= 64.04 inch
= 1.63 m

sehingga :
Lt = **32.41** + **16.61**
= 49.02 m^2

Tahap 9. Merancang jaket pendingin

Menghitung dimensi pendingin reaktor

a. Menghitung ΔT LMTD

Suhu fluida di reaktor	=	46	°C	=	114.8000	°F
Suhu fliuida pendingin masuk	=	35	°C	=	95.0000	°F

ΔT LMTD = 114.8000 - 95.0000
= 19.8 °F

Untuk fluida panas aqueous solution dan pendingin berupa air UD : 250-500 Btu/ft².°F.jam
(Tabel 8. Kern, 1969 : 840) diambil
harga UD = 250 Btu/ft².°F.jam

b. Menghitung luas transfer panas

Q (beban pendingin) = 7725990.2 kJ/jam
= 7323213.4 Btu/jam

Menghitung luas transfer panas :

$$A = \frac{Q}{U_D \Delta T} = \frac{7323213.4272 \text{ Btu/jam}}{250 \text{ Btu/ft}^2.°\text{F.jam} \times 19.8000\ °\text{F}}$$

= 1479.4371 ft²
= 137.4397 m²

c. Menghitung luas selubung reaktor

A = π. D. L
= 3.14 X 1.2416 x 7.4
= 29.0435 m^2

Jenis pendingin yang digunakan adalah pendingin air.
Jumlah air = 2048.00 kg/jam
ρ air pada 35°C = 0.4225 g/cm^3
= 422.515333 kg/m^3

V air = $\frac{massa}{\rho}$ $\frac{(kg/jam)}{(kg/m^3)}$
= $\frac{2048.00}{422.515333}$ $\frac{(kg/jam)}{(kg/m^3)}$
= 4.8472 (m^3/jam)

Diameter dalam jaket (D1) = diameter dalam + (2 x tebal dinding)
= 0.1275 in + (2 x 1.3750 in)
= 2.8775 in
= 0.0731 m
7 cm
Tinggi jaket = Tinggi tangki = 293 in
= 7.4 m

Asumsi jarak jaket 5 in
Diameter luar jaket (D2) = D1 + (2 x Jarak Jaket)
= 12.8775 in
= 0.3271 m

Luas yang dilalui pendingin (A) = $\pi/4\ (D_2^2 - D_1^2)$
= $\frac{3.14}{4}$ ($101,6322^2$- $91,6322^2$)
= 123.6767 in^2
= 0.0798 m^2

kec. superficial pendingin (V) = $\frac{V\ pendingin}{A}$
= $\frac{4.8472}{0.0798}$ $\frac{(m^3/jam)}{m^2}$
= 60.7480 m/jam

h jaket = 293.2927 in = 7.4496 m
Ph = ρ. g. h
= 0.4225 x 9,8 x 7.4496

	=	30.8463	kg/m.s²	
	=	4.2608	psia	
faktor keamanan (f):		20%		
P design	=	(1 + f) x (Ph + 14,7)		
	=	**120%**	**x**	**18.9608**
	=	22.7530	psia	

Menghitung tebal jaket :

Dari persamaan. 13.1 hal 254; Brownell, 1979 :

t min = $\frac{Pxri}{fE-0{,}6P}+C$

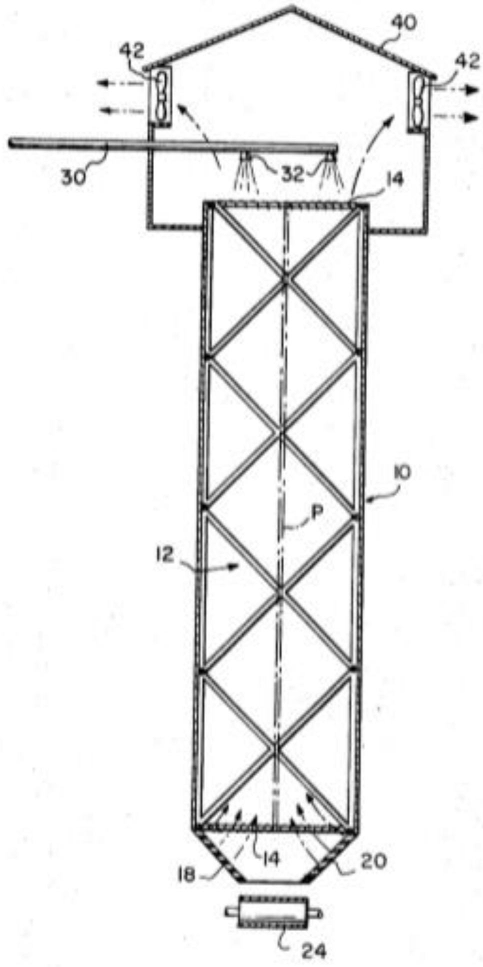
Keterangan :

t min	=	tebal shell minimum; in
P	=	tekanan jaket ; psi
ri	=	jari-jari jaket ; in (½ D)
C	=	faktor korosi ; in (digunakan 0,125 in)
E	=	faktor pengelasan, digunakan double welded, E = 0,8
f	=	stress allowable

Bahan yang digunakan adalah stainless steel (SA-167) type 304 didapat :

Allowable stress (f)	=	18750	
ri = (D/2)	=	$\frac{2.8775}{2}$	in
	=	1.4387	in
	=	0.1199	ft
Sehingga :			
t min	=	0.1272	in
Dirancang 3/16	=	0.1875	in
	=	0.0048	m

PRILLING TOWER



Fungsi :	mengubah lelehan amonium nitrat menjadi butiran
Bentuk :	Menara dengan aliran udara panas kering dari bawah
Bahan konsturksi :	Carbon steel SA 283 grade C
Kondisi operasi :	Temperatur : 323.15 K
	Tekanan : 1 atm = 101.325 Pa
	R : 0.082 L.atm/mol.K
	Laju massa udara : 1000 kg/jam
	Densitas udara : 1.0937854 gr/L 1.09 kg/m3
	Faktor keamanan : 20%

Data sekunder

Laju alir udara pengering	1700083.18	m3/jam
laju alir AN melt	8470	kg/jam
Temperature udara masuk	70	˚C
kadar air udara masuk T,70˚C	0.00E+00	kg/m3

kadar air minimal T,40˚C	1.30E-01	kg/m3		
densitas udara	1.25	kg/m3		
densitas AN	1.72	kg/m3		
Viskositas udara	1.78E-05	kg/ms		
diameter AN butiran	3	mm	0.003	m
Temperature AN masuk	40	˚C		
Temperature AN keluar	35	˚C		
Diameter prilling bucket	3	mm	0.003	m

keperluan udara kering

terminal velocity udara pengering

$$v^2 = \frac{4(\rho_s - \rho_g)d_s g}{3.f.\rho_g}$$

v2 = terminal velocity partikel (m/s)
ρs = massa jenis udara (kg/m3)
g = konstanta gravitasi (m/s2)
ds = diameter partikel (m)
f = faktor gesekan

$$f_D = f(Re)$$

faktor gesekan f dipengaruhi oleh Reynolds (Re)

$$Re = \frac{\rho_g.v.d_s}{\mu_g}$$

Dikarenakan aliran udara kering adalah laminar maka, selanjutnya persamaan disubstitusikan :

$$v^2 = \frac{g.d_s^2.(\rho_s - \rho_g)}{18.\mu_g}$$

Terminal velocity aliran udara

$$v^2 = \frac{9.8\ m/s^2.(0.003)^2.(1.72 - 1.25)}{18\ x\ 1.78E^{-5}}$$

v^2 = 0.13 meter/jam

Agar partikel dapat turun maka kecepatan alliran udara harus sedikit dibawah teminal velocity

Vt = 0.12 meter/jam
432 meter/detik

Neraca Massa udara

jumlah cairan yang harus di uapkan	5116.0	kg/jam		
kadar air pada udara pengering yang masuk 130˚C	0	kg/m3		
kadar air pada udara pengering yang keluar 100˚C	0.13	kg/m3		
volume aliran udara pengering	39353.78	m3/jam	49192.22	kg/jam
	1416735.99	m3/detik		

faktor keamanan 20%	1700083.18	m3/detik
Luas penampang prilling tower	3935.4	m2

Perhitungan tinggi prilling tower

berat bahan masuk =	13309.34127	kg/jam		
berat jenis produk =	1.72	kg/m3		
volume produk =	7737.98911	m3		
asumsi = padatan berbentuk butiran bulk dengan, Ɛ =0.2				
volume prilling tower =	38689.94555	m3		
Over desain 20% =	46427.93466	m3		
Dirancang D:H silinder = 1:4 maka H silinder 4.D				
Tinggi menara =	11.8	m		
Diameter menara =	2.95	m	116.11791	in

Perhitungan konus bawah :

volume konus	1/12*(D2*0.866)	
sudut konus = 60˚,maka H konus = 0.5 D tan 60˚		
tan 60˚ =	1.73205	
H konus =	3	m
Vol. konus =	0.63	m
Luas penampang =		

Prill device

Prill divice yang digunakan adalah prill dengan diameter 3 mm (Walas, 1988) karena diameter partikel Amonium nitrat yang diharapkan (yang akan dipasarkan) adalah 3 mm.

Prill yang berputar dengan kecepatan 1000-5000 rpm (Walas, 1988). diletakkan diatas prilling tower. Melt Amonium nitrat akan masuk ke prill device dan keluar dari prill dalam bentuk butiran.

Tebal tangki

P =		14.7	psia
P.design =	1.5*P operasi	22.05	psia
faktor keamanan 25%=		27.56	psia

Dirancang bahan konstruksi Carbon Steel SA-283 grade C

Alloweble Strees, S	12650	psia		
Joint Efficiency, E	0.8	Walas, 1988		
faktor korosi =	0.125	in/tahun	87218.714	m/tahun
umur alat	10	tahun		
jari jari = r	1.474697531	m	58.0588	in
ts, tebal shell =	0.283385982	in		

Maka Tebal shell standart yang digunakan	3/8	in		
ID shell =	116.1179	inch	2.9029	m
OD shell =	116 7/8	inch	2.9216	m

Menentukan tebal head (th) dan tebal bottom

Jenis head yang dipilih adalah Torispherical, dengan alasan :

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

(Brownell, Halaman 88)

P	=	Pdesain - Pudara luar	=	12.8625	psi
OD	=	ID + 2ts	=	116.86792	in
Dipakai OD			=	156	in

Dari tabel 5-7 Brownell, hal 91

untuk : OD = 156 in ; ts = 3/8 in → icr = 9 3/8 in ; r = 144 in

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

(Pers. 7.76, Brownell & young; hal 138)

= 0.8138 in

$$th = \frac{P \cdot r \cdot w}{(2 \cdot f \cdot E - 0{,}2 \cdot P)} + C$$

(Pers. 7.77, Brownell & young, 1959; hal 138)

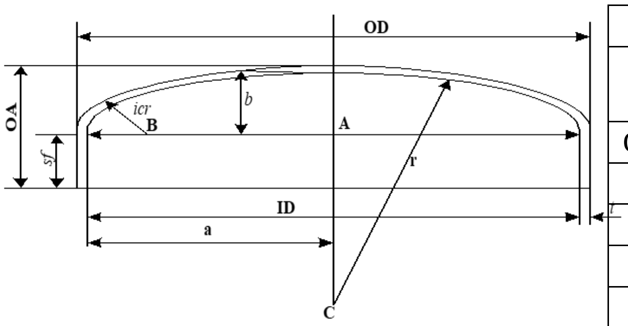
= 0.2846 in

digunakan tebal standar 5/16 in

Menentukan tinggi Absorber total

untuk th = 5/16 in pada tabel 5.6 Brownell & Young, hal 88 diperoleh sf = 1 1/2 - 3

Diambil sf 3



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

(Brownell & young, 1959; hal 87)

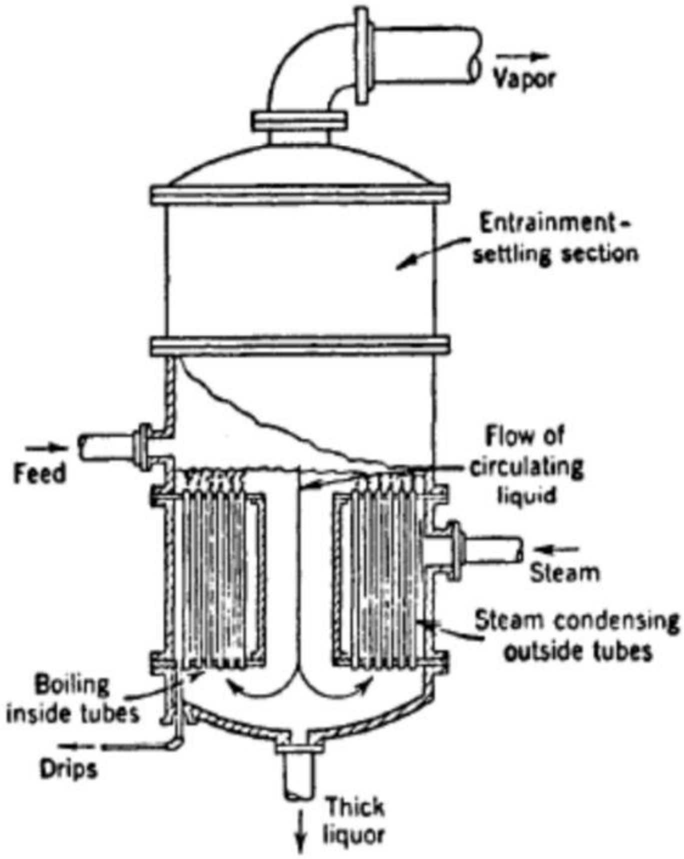
ID = OD standart - (2*ts) = 155.3750

α	=	ID/2	=	78		
AB	=	a - icr	=	68	in	
BC	=	r – irc	=	135	in	
AC	=	$(BC^2-AB^2)^{1/2}$	=	116.0056	in	
b	=	r – AC	=	27.9944	in	(tinggi head)

tinggi head total (OA)	=	sf + b + th	=	31.3069	in
			=	0.7952	m

tinggi Absorber total	=	2 x tinggi head total + tinggi shell			
	=	1.5904	+	16	m
	=	17.5904	m		
	=	57.711	ft		

EVAPORATOR



Fungsi : memekatkan larutan H2SO4 dengan menguapkan sebagian air
Type : Short tube vertical Evaporator
Dasar pemilihan : sesuai untuk proses pemekatan larutan
Bahan konstruksi :
Perhitungan :
Dari neraca panas :

Q = Q Pemanas	755652.23	Kj/jam	716220.03	Btu/jam
Suhu masuk =	50	C	122	F
Suhu keluar =	100	C	212	F

Delta T = suhu keluar - suhu masuk 90 F
UD = 250 Btu / j ft2 ^{0}F
Digunakan 1 buah evaporator , sehingga luas perpindahan panas evaporator :

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta T}$$ 31.8320015 ft^2 2.9572897 m^2

Luas perpindahan panas maksimum = 300 m2 (Ulrich ; T.4-7)
Kondisi tube calandria berdasarkan (Minton, 1986); hal. 77 :

Panjang tube	4-10 ft	dipilih	6	ft
Diameter tube	1-2 in	dipilih	2	in

Dipilih: Tube standard ukuran OD 1 in Triangular pitch 1 passes (Kern , tabel.10)

BWG	16			
pitch	1 8/16	in. triangular pitch		
OD tube=	3/4	in		
ID =	0.87	in	0.0725	ft
ketebalan =	0.065	in		
at' =	0.594	in^2	0.0495	ft^2
a" =	0.2618	ft^2		

Jumlah tube = $Nt = \frac{A'}{a'' x L}$ 729.53403 tube std tube = 822

untuk Tube standard ukuran OD 1 in Triangular pitch 1 passes

didapat	Nt =	822	tube
	ID shell =	29	in
		0.74	m

Dimensi evaporator :

Luas penampang : $A = Nt \, x \, a't$ 36.1119 ft2 3.3549 m2

Diameter evaporator = $D_{evap} = \sqrt{4 \, x \, \frac{A}{\pi}}$ 6.78257 ft 2.06731 m 81.38998 in

Tinggi evaporator berdasarkan dimension ratio :

Tinggi cairan diatas tube adalah 1 ft

Tinggi cairan dalam silinder = tinggi tube + tinggi cairan

= 7 ft

Tinggi evaporator = 2 x tinggi cairan dalam silinder

= 14 ft

Menentukan tebal shell (ts)

Bahan konstruksi shell : stainless steel (SA-167) tipe 304

$$ts = \frac{Pr}{(f.E - 0{,}6.P)} + C$$

(Pers. 13.1, Brownell & young, 1959; hal 254)

Dalam hubungan ini :

ts = tebal shell, in

r = Jari-jari

= ½ .Diameter evaporator

= 0,5 x 81.389977 = 40.69499 in

E = effisiensi penggelasan = 0.85

C = faktor korosi = 0.125

f = tegangan yang diizinkan = 18750 psi (Brownell,1959)

Dari Brownell didapat bahan konstruksi = stainless steel (SA-167) tipe 304
Fix : Stainless steel 304

Poperasi = atmosferis =	14.7	psi
Pdesain = 1.5* P operasi =	22.05	psi
P = tekanan dalam evap =	22.05	psi
safety factor 25% =	27.5625	psi

Sehingga :

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

ts = 0.15315136 in

digunakan tebal standar : 3/16 in **(Brownell, Halaman 350)**

Menentukan tebal head (th) dan tebal bottom

Jenis head yang dipilih adalah = Torispherical, dengan alasan :

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

P	=	Pdesain	=	27.5625	psi
OD	=	ID + 2ts	=	81.76498	in
Dipakai OD			=	48	in

Dari tabel 5-7 Brownell, hal 90

untuk : OD = 30 in; ts = 3/16 in → icr = 1 7/8 in; r = 30 in

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

(Pers. 7.76, Brownell & young; hal 138)

= 0.8125 in

$$th = \frac{P.r.w}{(2.f.E - 0{,}2.P)} + C$$

(Pers. 7.77, Brownell & young, 1959; hal 1

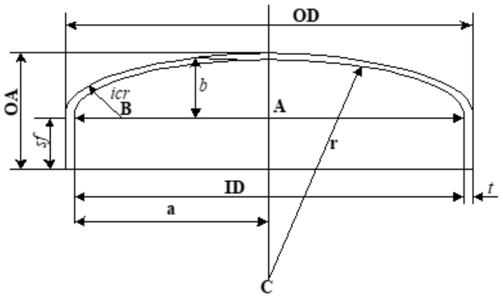
= 0.1474 in

digunakan tebal standar = 3/16 in

Menentukan tinggi Absorber total

untuk th = 3/16 in pada tabel 5.6 Brownell & Young, hal 88 diperoleh sf = 1 1/2 - 2

Diambil sf 2



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

(Brownell & young, 1959; hal 87)

ID = OD standart - (2*ts) = 29.6250

α	=	ID/2	=	15		
AB	=	a - icr	=	13	in	
BC	=	r – irc	=	28	in	
AC	=	$(BC^2 - AB^2)^{1/2}$	=	24.9727	in	
b	=	r – AC	=	5.0273	in	(tinggi head)

tinggi head total (OA) = sf + b + th = 7.2148 in

= 0.1833 m

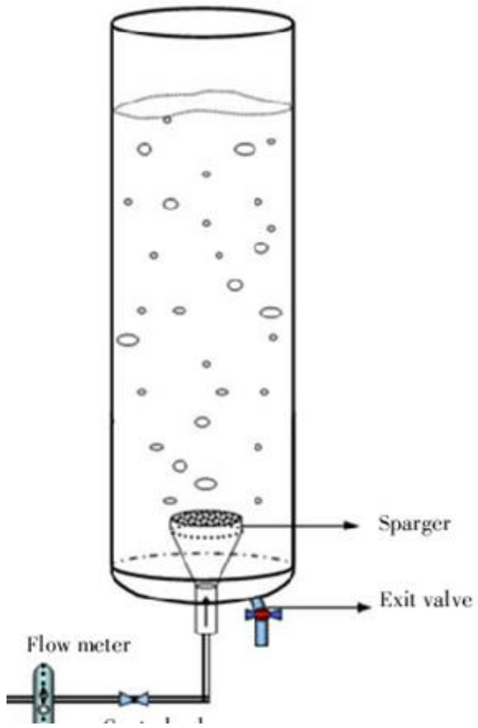
tinggi Absorber total = 2 x tinggi head total + tinggi evaporator

= 0.3665 + 14 m

= 14.3665 m

= 47.134 ft

ABSORBER



Perancangan Absorber udara

asumsi volume selama operasi tetap
kondisi
isothermal
volume cairan dalam absorber
over desain 20%

V cairan =	1971.4286	Liter				
V desain =	1.2 x v cairan					
	2365.714286	Liter				

menentukan diameter dan tinggi absorber

Dirancang absorber silinder tegak dengan perbandingan D:H = 1:1.5

V.abs =	2365.714286	Liter	2.37	m3		
V.abs =	Vshell+Vhead					
V.abs =	π/4 x D^2 x H					
D =	$\sqrt[3]{\frac{4\ x\ Vabs}{\pi}}$					
D =	1.444433477	m	56.8675	in	4.7389	ft
H =	2.888866953	m	113.7350	in	9.4778	ft
ruang kosong =	3.466640344	m	136.4820	in	11.3734	ft

menentukan tebal dinding absorber

tinggi cairan dalam absorber

VL= 2.37 m3

$$hcairan = \frac{VL}{\frac{\pi}{4} x\ ID^2}$$

1.4444 m

tekanan desain

P.operasi = 14.7 psia

Pdesain = 1.5x P operasi

22.1 psi

safety factor 25% = 27.56 psi

Tebal absorber

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

dimana ;	t.absorber =		tebal dinding reaktor (in)			
r =	28.43374304	inch				
f =	allowable stress (untuk tipe: Stainless steel SA-167 tipe 304)					
	18750		(Pers. 13.1, Brownell & young, 1959; hal 254)			
E=	efisiensi penyambungan 80%(sumber : tabel 13.2 hal 254, Brownell & young)					
c=	faktor korosi	0.125	in (untuk perkiraan umur alat 10 tahun)			
t.absorber =	0.177304669	inch	0.00450354	m		
digunakan tebal shell standar			3/16	in	**(Brownell)**	
ID shell =	56.87	inch	1.42	m	**Halaman 350**	
OD shell =	57.24	inch	1.43	m		

Menentukan tebal head (th) dan tebal bottom

Jenis head yang dipilih adalah = Torispherical, dengan alasan :

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

(Brownell, Halaman 88)

P	=	Pdesain - Pudara luar	=	12.8625	psi
OD	=	ID + 2ts	=	57.24249	in
Dipakai OD			=	48	in

Dari tabel 5-7 Brownell, hal 90

untuk :

OD	=	48	in	icr	=	3	in
ts	=	3/16	in	r	=	48	in

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

(Pers. 7.76, Brownell & young; hal 138)

= 0.8125 in

$$th = \frac{P \cdot r \cdot w}{(2 \cdot f \cdot E - 0,2 \cdot P)} + C$$

(Pers. 7.77, Brownell & young, 1959; hal 138)

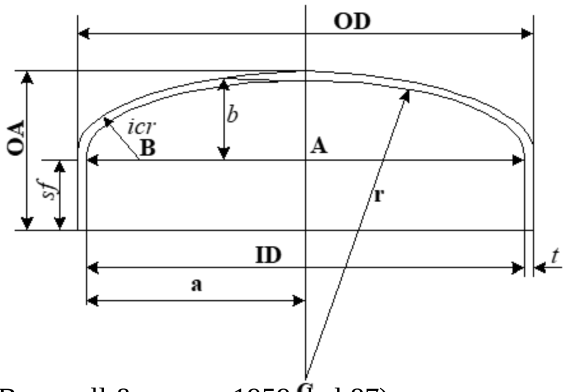
= 0.1608 in

digunakan tebal standar **=** 3/16 in

Menentukan tinggi Absorber total

untuk th = 3/16 in pada tabel 5.6 Brownell & Young, hal 88

Diambil sf 2 diperoleh sf = 1 1/2 - 2



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

(Brownell & young, 1959; hal 87)

ID = OD standart - (2*ts) = 47.6250

= - in (jari-jari dalam shell)

α = ID/2 = 24

AB = a - icr = 21 in

BC = r – irc = 45 in

AC = $(BC^2 - AB^2)^{1/2}$ = 39.8979 in

b = r – AC = 8.1021 in (tinggi head)

tinggi head total (OA) = sf + b + th = 10.2896 in

= 0.2614 m

tinggi Absorber total = 2 x tinggi head total + tinggi shell

= 0.5227 + 3.4666 m

= 3.9894 m

= 13.088 ft

Perancangan jaket pendingin absorber

Q pendingin 2056976.60 kJ/jam 2170110.3 btu/jam

Pendingin yang digunakan adalah air (H_2O) dengan suhu masuk 30°C dan suhu keluar 40°C

T masuk = 35 °C= 303 K

T keluar = 40 °C= 313 K

Q = 2056976.60 kJ/jam

Cp 25604.92 J/mol 1421.71 kJ/kg.K

kebutuhan pendingin (m)= $\frac{Q\ (kJ/jam)}{Cp.\Delta T\ (kJ/kg.K)}$ = 144.68 kg/jam

318.97 lbm/jam

***) Menentukan spesifikasi Alat**

Fluida panas ºF		Fluida dingin ºF		
122.00		86.00	36.00	Δt2
122.00		104.00	18.00	Δt1

T1 = 122.00 ºF t1 = 86.00 ºF

T2 = 122.00 ºF t2 = 104.00 ºF

Δt2 = 18.00 ºF Δt1 = 36.00 ºF

$\Delta t_2 - \Delta t_1$ = -18.00 ºF

$$\frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2.3 \log \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)}$$

(Asumsi counter flow Kern p 111)

26.00 °F

Untuk fluida air UD : 200-500 Btu/ft2.oF.jam

(Tabel 8. Kern, 1969 : 840) **250 Btu/ft2.oF.jam**

Luas permukaan transfer panas

$$A = \frac{Q}{Ud \times LMTD} = 333.8927\ ft^2$$

Luas absorber

Luas Tangki Reaktor = π x D x H

= 141.03 ft²

Luas penampang = π/4 D²

= 17.63 ft²

Luas = 158.66 ft²

Menghitung jaket pendingin

jumlah air pendingin = 144.68 kg/jam

rho air pada suhu kamar = 0.999 Kg/L

V air = m/rho	144.8285591	L/jam	0.14482856	m3/jam	
diameter jaket (D1) =					
diameter dalam + (1.5*tebal dinding)	87.3081626	in	7.2756	ft	
	2.21762733	m			
tinggi jaket = tinggi tangki	113.73	in	9.4779	ft	
	2.88886829	m			
Asumsi jarak jaket = 5 in					
diameter luar jaket (D2) = D1+(2xjarak jaket) =	97.3081626	in			
	2.47162733	m			
Luas yang dilalui pemanas (A)					
A =phi/4(D2 kuadrat - D1 kuadrat)	1449.23815	in2			
	0.93	m2			

menentukan tebal jaket

tinggi cairan dalam absorber

VL= 0.14 m3

$$hcairan = \frac{VL}{\frac{\pi}{4} x\, ID^2}$$

0.0375 m

tekanan design (P.desaign)

P.operasi = 14.7 psia

Pdesain = 1.5x P operasi

22.1 psi

safety factor 25% = 27.56 psi

tekanan design (P.desaign)

Tebal jaket

$$t_{jaket} = \frac{P\, x\, r}{f\, x\, E - 0.6\, x\, P} + c$$

dimana ;	Tebal jaket	(in)			
r =	43.6540813	inch			
f =	allowable stress (untuk tipe: Stainless steel SA-167 tipe 304)				
	18750	(Pers. 13.1, Brownell & young, 1959; hal 254)			
E=	efisiensi penyambungan 80%(				
c=	faktor korosi	0.125	in (untuk perkiraan umur alat 10 tahun)		
Tebal jaket	0.205302908	inch	0.00521469		**(Brownell, Halaman 350)**
Digunakan tebal shell standar			3/16	in	
ID jaket =	87.3082	inch	2.18270407	m	
OD jaket =	87.71876842	inch	2.19296921	m	

Tahap 1. Menghitung diameter gelembung

Menentukan diameter gelembung dengan diameter oriface

$$db = \left(\frac{6.do.\sigma}{g(\rho l - \rho g)}\right)^{\frac{1}{3}}$$ (Perry,R.H, 1986)

dinama : do = diameter orifice 0.004 - 0.95 cm (Perry, p-18-58)

do =	0.07	cm	
σ	59.559269	dyne/cm	surface tension (Yaws, 1999)
	0.0595593		
densitas gas =	2.62	gr/cm3	
densitas cairan =	5.87	gr/cm3	
g =	980	cm/s2	
db =	0.783	cm	

$$\sigma = A.(1 - \frac{T}{Tc})^n$$

komponen	A	Tc	n	T	σ
H2SO4	99.899	925	1.2222	319.15	59.55927
O2	38.066	154.58	1.2136	319.15	11.28815
N2	28.98	126.1	1.2457	319.15	6.63232

ukuran gelembung akan menghasilkan gelembung yang stabil apabila

$$db < 0.078\left(\frac{\sigma}{(\rho l - \rho g)}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Perry, R.H, 1986})$$

sehingga

db trial =	0.07	cm
db stabil =	0.8	cm

Cek stabilitas db jika db trial < db stabil

karena harga db = 0.07 < 0.8

Tahap 2. menghitung kecepatan linier gelembung

Kecepatan volumetrik gas tiap lubang oriface (Q)

$$Q^{6/5} = \frac{db^3.\pi.g^{3/5}}{1.378\ x\ 6}$$

$$Q = \frac{\mathbf{0.48} \quad \mathbf{x} \quad \mathbf{3.14} \quad \mathbf{x} \quad \mathbf{62.33553}}{\mathbf{1.378} \quad \mathbf{x} \quad \mathbf{6}}$$

Q = 11.381356 cm/detik

Frekuensi gelembung (fb)

$$f_b = \frac{Q.g,(\rho l - \rho g)}{\pi.do.\sigma}$$

(Perry Ed.5, P 15-68)

$$fb = \frac{11.3814 \times 980.00 \times 3.26}{3.14 \times 0.8 \times 59.56}$$

fb = 248.06 gelembung/detik

Volume satu gelembung (Vo)

$$V_o = \frac{\pi.db3}{6}$$

$$Vo = \frac{3.14 \times 0.48076}{6}$$

Vo = 0.2516 cm3

Jumlah Oriface (Nb)

$$N_b = \frac{Fvg}{Vo}$$

$$Nb = \frac{11151.7804\ \text{cm3/s}}{0.25160\ \text{cm3}}$$

Nb = 44323.8 detik^-1

Jumlah lubang oriface (Nhole)

$$N_{hole} = \frac{Nb}{fb}$$

$$Nhole = \frac{44323.8}{248.06}$$

Nhole = 178.68 lubang

Tahap 3. Menentukan diameter sparger

Jarak antara pusat lubang oriface :

Pt = 1.25 x do

1.25 x 0.07

Pt = 0.0875 cm

Luas lubang oriface

$$Lo = \frac{1}{4} x\, \pi\, x\, do^2$$

Lo =	**1/4**	**x**	**3.14**	**x**	**0.0049**	
Lo =	0.0038	cm2				

susunan oriface : Triangular pitch

$$Pt^2 = CD^2 + (\frac{1}{2} x\, Pt)^2$$

$$CB^2 = CD^2 + DB^2$$

$$C_D = \frac{1}{2}\, x \sqrt{3Pt}$$

Menghitung luas ΔABC dengan persamaan :

$$L\Delta ABC = \frac{1}{4}\, x \sqrt{3}\, x\, Pt^2$$

L ΔABC =	**1/4**	**x**	**1.732051**	**x**	**0.0875**
L ΔABC =	0.04	cm2			

Menghitung luas lubang ΔABC

ΔABC =	**1/8**	**x**	**3.14**	**x**	**0.0049**
	0.00192	cm2			

Luas plate yang diperlukan tiap lubang (An)

$$An = \frac{1}{2}\, x \sqrt{3\, x\, Pt^2}$$

An=	**1/2**	**x**	**1.732051**	**x**	**0.0875**
An=	0.0758	cm2			

Luas sparger (Asp)

$$Asp = Nhole\; x\; An$$

Asp =	**179**	**x**	**0.0758**
	13.5	cm2	

Diameter sparger (Dsp)

$$Dsp = \sqrt{\frac{4xAsp}{\pi}}$$

Dsp=	**4**	**x**	**13.53987**
		3.14	
Dsp =	17	cm	

Kecepatan supervisial gas dalam reaktor (Vsg)
sipervisial gas velocity diambil yang violent

Vsg =	3.1	ft/min
	0.0157	m/s
	1.5748	cm/s

menghitung rising velocity

$$Vt = \sqrt{\frac{2\sigma}{db.\rho l}} + \sqrt{\frac{g.db}{2}}$$

Vt =	**5.0875141**	+	**19.59234**
Vt =	24.679851	cm/s	

Hold up gas (Hg)

$$\varepsilon = \frac{Vsg}{Vsg + Vt}$$

Ɛg =		**1.5748**	
	1.5748	+	**24.67985**
Ɛ =	0.06		
	6.00	%	

Hold up Liquid (Hl)

$$\varepsilon l = 1 - \varepsilon g$$

Ɛl =	**1**	**-**	**0.059982**
Ɛl =	0.94		
	94	%	