

LAMPIRAN D

PERHITUNGAN UTILITAS

Unit-unit yang terdapat di unit utilitas yaitu :

1. Unit penyediaan dan pengolahan air (*Water system*)
2. Unit pembangkit *steam* (*Steam generation system*)
3. Unit penyedia udara instrumentasi (*Instrumentation air system*)
4. Unit Refrigeran
5. Unit pembangkit dan pendistribusian listrik (*Power plant and power distribution system*)

A. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

1. Total kebutuhan air pendingin yang diperlukan sebesar 452.278,4757 kg/jam. Dengan rincian seperti pada tabel berikut :

Tabel D.1. Kebutuhan Air Pendingin

Alat	Jumlah (kg/jam)
Reaktor 201 (R-201)	48.417,1598
Reaktor 202 (R-202)	16.651,9716
Reaktor 203 (R-203)	4.778,6198
<i>Cooler</i> (CO-101)	3.607,3736
<i>Screw Conveyor</i> (SC-301)	3.485,4651
Total	84.634,6488

Jumlah air pendingin = 84.634,6488 kg/jam = 84,6346 m³/jam

Make up 20% = 16.926,9298 kg/jam

Total air yang dibutuhkan = Make up air pendingin 20 % + air pendingin

$$= 101,8672 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 101.561,5786 \text{ kg/jam}$$

2. Kebutuhan air untuk keperluan umum dapat diperkirakan sebagai berikut :

- Air untuk karyawan kantor

Kebutuhan air untuk karyawan = 150 liter/orang/hari

Jumlah pekerja dalam pabrik 152 orang maka dalam 1 hari dibutuhkan air sebanyak 22800 liter/hari atau 22,8 m³/hari.

- Air untuk laboratorium

Air untuk keperluan ini diperkirakan = 3000 liter /hari = 124,6250 kg/jam

- Air untuk kebersihan dan pertamanan

Air untuk keperluan ini diperkirakan = 5000 liter/hari = 207,7083 kg/jam

- Air Proses

Kebutuhan = 4863,3586 kg/jam

Over desain 10 % = 5349,6944 kg/jam

$$= 5,3658 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Air untuk perumahan

Air untuk keperluan ini diperkirakan = 20 rumah × 200 liter/hari/orang

× 5 orang = 20.000,0000 liter/hari (Raju, 1995)

Sehingga total kebutuhan air untuk keperluan umum sebesar

$$= 2110,3167 \text{ kg/jam.}$$

Lampiran D. Perhitungan Utilitas

Prarancangan Pabrik Precipitated Calcium Carbonate dari Batu Kapur Kapasitas 50.000 ton/tahun

Overdesain 10% = 211,0317 kg/jam

Total keperluan umum = 2321,3483 kg/jam = 2,3283 m³/jam

3. Air Pemadam Kebakaran = 1000 kg/jam

Over desain 10 % = 100 kg/jam

Sehingga total air pemadam kebakaran 1100 kg/jam = 1,1033 m³/jam

4. Air Pembangkit Steam (BFW)

Tabel D.2. Kebutuhan Air Pembangkit Steam

Alat	Jumlah (kg/jam)
<i>Heater (H-101)</i>	1.536,0147
<i>Heater (H-301)</i>	2.763,6767
<i>Total</i>	4.299,6914
<i>Make-up 10 %</i>	429,9694

Total = 4729,6635 kg/jam

Air pembangkit steam adalah 1,2 kali kebutuhan steam sebenarnya

Kondensat = 1,2 x 4729,6635 kg/jam

= 5675,5962 kg/jam

Asumsi : Boiler hanya dapat merecovery 80% sehingga make up water

Make up = 0,2 x 4729,6635 kg/jam

= 1135,1192 kg/jam

Total ke deaerator = kondensat + make up

= 6810,7154 kg/jam

= 6,8312 m³/jam

Secara keseluruhan, total kebutuhan air adalah sebanyak 117,4948 m³/jam,

dengan perincian sebagai berikut :

Lampiran D. Perhitungan Utilitas

Prarancangan Pabrik Precipitated Calcium Carbonate dari Batu Kapur Kapasitas 50.000 ton/tahun

Tabel D. 3. Kebutuhan Air Pabrik

Penggunaan	Jumlah (m³/jam)
Air pendingin	101,8672
Air proses	5,3658
Air pemadam kebakaran	1,1033
Air pembangkit steam (BFW)	6,8312
Air keperluan umum	2,3283
Total	117,4948

Perhitungan spesifikasi peralatan pengolahan air sebagai berikut:

1. Bak Sedimentasi (BS – 401)

Fungsi : Mengendapkan lumpur dan kotoran air sungai

Jenis : Bak *rectangular*.

Jumlah air sungai = *make-up steam* + *make-up* air pendingin + air proses + air untuk kebutuhan umum + air untuk pemadam kebakaran

Make up air pabrik = 26,9138 m³/jam. = 26833,0918 kg/jam

Jumlah air sungai (V) = 26,9138 m³/jam = 950,4531 ft³/jam

Waktu tinggal 1- 8 jam (<http://water.me.vccs.edu/>)

Digunakan waktu tinggal 1,5 jam

Ukuran volume bak = 1,1 × 26,9138 m³/jam × 1,5 jam
= 44,4078 m³

Luas permukaan bak (A) = Q_c /O.R

Dimana:

A = luas permukaan bak

Q_c = laju alir air sungai m^3/jam

O.R= Overflow rate, 500-1000 gal/jam.ft²

Dipilih 500 gal/jam.ft²

Sehingga $A = 14,2198 \text{ ft}^2$

Dipilih bak dengan ukuran :

Kedalaman bak (d) = 7-16 ft jam (<http://water.me.vccs.edu/>)

Diambil d = 7 ft

= 2,1336 m

Lebar (w) = $(V/4d)^{1/2}$

= 5,8262 ft = 1,7758 m

Panjang (l) = 4w

= 23,3049 ft = 7,1033 m

Flow through velocity : < 0,5 ft/min (<http://water.me.vccs.edu/>)

$$v = Q_c/A_x$$

A_x = cross-sectional area

$$A_x = w \times d = (5,8262)(7)$$

$$= 40,7835 \text{ ft}^2$$

Sehingga $v = 0,0162 \text{ ft/min}$

$0,0162 \text{ ft/min} < 0,5 \text{ ft/min}$, menandakan lumpur tidak terbawa oleh aliran

air keluar bak sedimentasi.

Asumsi *turbidity* = 850 ppm (Powell, 1954)

x (*suspended solid*) = 42 % (Powell, 1954, gambar 4)

$$\begin{aligned}\text{Drain} &= 42 \% \times 850 \text{ ppm} \\ &= 0,000357 \text{ lb/gallon air} \\ &= 4,3451 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Air sungai sisa} &= 26833,0918 \text{ kg/jam} - 4,3451 \text{ kg/jam} \\ &= 26831,9441 \text{ kg/jam} = 26,9127 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Tabel D. 4. Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401)

Alat	Bak Sedimentasi
Kode	BS-401
Fungsi	Mengendapkan lumpur dan kotoran air sungai sebanyak $\pm 26,9138 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan waktu tinggal 2 jam
Bentuk	Bak <i>rectangular</i>
Kapasitas	$40,7835 \text{ m}^3$
Dimensi	Panjang : 7,1033 m Lebar : 1,7758 m Kedalaman : 2,1336 m
Jumlah	1 buah

2. Bak Penggumpal (BP – 401)

Fungsi : Menggumpalkan kotoran yang tidak mengendap di bak penampung awal dengan menambahkan alum, soda kaustik, dan klorin.

Jenis : Silinder tegak yang dilengkapi pengaduk.

$$\text{Jumlah air sungai} = 26831,9441 \text{ kg/jam} = 26,9127 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Over design 10 %.

Waktu tinggal dalam bak 20 – 60 menit (Powell, 1954)

Diambil waktu tinggal 30 menit.

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= 1,1 \times 26,9127 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,5 \text{ jam} \\ &= 14,8020 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dimensi bak silinder tegak dengan $H/D = 1$

$$V = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$\begin{aligned}\text{Sehingga } H = D &= 2,6612 \text{ m.} \\ &= 8,7309 \text{ ft}\end{aligned}$$

Jumlah alum yang diinjeksikan sebanyak 0,06 % dari air umpan.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan alum} &= 0,06 \% \times 26,9127 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,0161 \text{ m}^3/\text{jam.}\end{aligned}$$

Jumlah soda kaustik yang diinjeksikan sebanyak 0,05 % dari air umpan.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan soda kaustik} &= 0,05 \% \times 26,9127 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,0135 \text{ m}^3/\text{jam.}\end{aligned}$$

Jumlah klorin yang diinjeksikan sebanyak 1,2 % dari air umpan.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan klorin} &= 1,2 \% \times 26,9127 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,3230 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$\text{Total volume larutan injektor} = 0,3526 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Diameter impeller } (D_i) = 1/3 D$$

$$= 0,8871 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi cairan } (Z_1) = V/A$$

$$= 2,6625 \text{ m}$$

$$\text{Putaran pengaduk } (N) = \frac{600 \times 0,3048}{\pi \times D_i} \sqrt{\frac{WELH}{2 \times D_i}}$$

$$S_g = 1,002$$

$$\rho = 997 \text{ kg/m}^3 = 62,2407 \text{ Lbm/ft}^3$$

$$\text{WELH} = Z_1 \times s_g$$

$$= 2,6679 \text{ m}$$

Sehingga:

$$\text{Putaran pengaduk (N)} = 80,4731 \text{ rpm}$$

$$= 1,3412 \text{ rps}$$

$$\text{Viskositas campuran} = 0,0413 \text{ kg/m menit}$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{N \times D_i^2 \times \rho}{\mu}$$

$$= 25477,4021$$

Berdasarkan viscositas campuran $< 10 \text{ kg/m s}$ maka dipilih jenis *impeller* yaitu *marine propeller*.

Dari gambar 477 Brown, 1950 hal 507 diperoleh $N_p = 2$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga Power (P}_o) &= \frac{(N_p \cdot \rho_{\text{mix}} \cdot N^3 \cdot D_I^5)}{(550 \times 32,17)} \\ &= 3,5439 \text{ hp} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi} = 80 \%$$

$$\text{Power motor} = 4,4229 \text{ hp} \approx 5 \text{ HP}$$

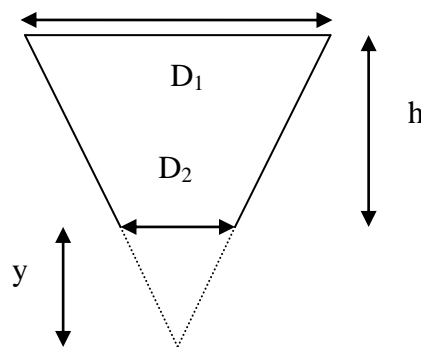
Tabel D.5. Spesifikasi Bak Penggumpal (BP-401)

Alat	Bak Penggumpal
Kode	BP-401
Fungsi	Menggumpalkan kotoran yang tidak mengendap di bak penampungan awal dengan menambahkan alum dan soda kaustik dan kaporit
Bentuk	Silinder vertical
Kapasitas	14,8020 m ³
Dimensi	Diameter = 2,6612 m. Tinggi = 2,6612 m.
Pengaduk	<i>Marine propeller</i> Diamater pengaduk = 0,8871 m Power = 5 hp
Jumlah	1 Buah

3. Clarifier (CL-401)

Fungsi : Mengendapkan gumpalan kotoran dari bak penggumpal

Jenis : Bak berbentuk kerucut terpancung dengan waktu tinggal 60 menit.



Gambar D.1. Clarifier

Jumlah air sungai = 26,9127 m³/jam = 26831,9441 kg/jam

Over design 10 %.

Volume bak = 1,1 × 27,2652 m³/jam × 1 jam
= 29,6040 m³

$$h = 10 \text{ ft} = 3,0480 \text{ m} \quad (\text{Powell, 1954})$$

$$\text{Diambil } D_2 = 0,61 D_1$$

$$D_2 / D_1 = (y / y + h)$$

$$0,61 = (y / y + 3,0480)$$

$$y = 4,7674 \text{ m}$$

$$\text{Volume clarifier} = \frac{1}{4} \pi D_2^2 (y + h)/3 - \frac{1}{4} \pi D_1^2 (y + h)/3$$

$$29,6040 \text{ m}^3 = \frac{1}{4} \pi D_1^2 3,9171 - \frac{1}{4} \pi 0,61 D_1^2 3,9171$$

Dengan trial

$$\text{Diperoleh: } D_1 = 4,8003 \text{ m}$$

$$D_2 = 2,9282 \text{ m}$$

$$\text{Sludge discharge} = \text{turbidity} + \text{alum} + \text{soda abu}$$

$$\text{Asumsi: Turbidity} = 850 \text{ ppm}$$

$$\text{Alum} = 30 \text{ ppm}$$

$$\text{Soda kaustik} = 30 \text{ ppm}$$

$$\text{Total} = 850 \text{ ppm} + 30 \text{ ppm} + 30 \text{ ppm}$$

$$= 0,00004579 \text{ kg sludge/kg air} \times 26831,9441 \text{ kg/jam}$$

$$= 1,2286 \text{ kg sludge}$$

$$\text{Massa air sisa} = (26831,9441 - 1,2286) \text{ kg}$$

$$= 26830,7155 \text{ kg/jam}$$

$$= 26,9114 \text{ m}^3/\text{jam.}$$

Tabel D.6. Spesifikasi Clarifier (CL – 401)

Alat	<i>Clarifier</i>
Kode	CL-401
Fungsi	Mengendapkan gumpalan-gumpalan kotoran dari bak penggumpal
Bentuk	Bak berbentuk kerucut terpancung
Kapasitas	29,6040 m ³
Dimensi	Tinggi = 3,0480 m Diameter atas = 4,8003 m Diameter bawah = 2,9282 m
Jumlah	1 buah

4. *Sand Filter (SF-401)*

Fungsi : Menyaring kotoran-kotoran yang masih terbawa air dari tangki *clarifier*.

Tipe : silinder vertikal, dengan media penyaring pasir dan kerikil.

Kondisi operasi :

- Tekanan = 70 kPa (Perry's Handbook, 1997)
- Temperatur = 30 °C

a. Menentukan luas dan dimensi *filter* yang dibutuhkan

Kapasitas tangki = 26,9114 m³/jam

Waktu tinggal = 1 jam

Overdesign 10%

Kapasitas = 1,1 x jumlah air x waktu tinggal

= 29,6026 m³/jam

= 0,0082 m³/s = 1045,4058 ft³/jam

Luas filter yang diperlukan:

$$V/(A \cdot t_c) = [(2f \cdot \Delta P)/(t_c \cdot \mu \cdot \alpha \cdot c_s)]^{1/2} \quad (\text{Pers 14.2-24, Geankoplis, 1993:814})$$

Dimana

$$V = \text{laju alir volume filtrate} = 0,0082 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \text{luas area filtrasi, m}^2$$

$$t_c = \text{waktu siklus filter, s} = 250 \text{ s}$$

$$\Delta P = \text{beda tekan, Pa} = 70000 \text{ Pa}$$

$$\mu = \text{viskositas air} = 0,0008 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$\alpha = \text{resistansi cake}$$

$$= (4,37 \times 10^9)(-\Delta P)^{0,3}$$

$$= 1,2417\text{E}+11 \text{ m/kg}$$

$$\rho = 997,0000 \text{ kg/m}^3$$

$$c_s = \frac{\rho \cdot c_x}{1 - m \cdot c_x} = 308,1343 \text{ kg/m}^3$$

$$C_x = \text{konsentrasi padatan didalam slurry} = 0,1910 \text{ kg solid/kg slurry}$$

$$m = \text{massa filter cake} = 2 \text{ kg wet cake/dry cake}$$

$$f = \text{fraksi siklus untuk pembentukan ampas} = 0,33$$

$$\text{sehingga } V/A = 0,0194 \text{ m}^2$$

$$A = 0,4233 \text{ m}^2$$

$$\text{Diameter tangki, } D = \sqrt{\frac{4 \times 0,4233 \text{ m}^2}{3,14}} = 0,7341 \text{ m} = 28,9034 \text{ in} = 2,4086 \text{ ft}$$

$$\text{Diambil standar : } D = 3 \text{ ft} = 36 \text{ in} = 0,9144 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi shell} &= \frac{\text{kapasitas} \times T_c}{A} \\ &= 4,8564 \text{ m} = 15,9329 \text{ ft} \end{aligned}$$

Diambil standar = 16 ft = 4,8768 m

Media filter:

- *fine sand* = 0,35 H = 5,6 ft
- *antrachite* = 0,35 H = 5,6 ft
- *coarse sand* = 0,15 H = 2,4 ft
- *activated carbon* = 0,15 H = 2,4 ft

b. Menghitung Tekanan Desain

Menghitung tekanan vertikal bahan padat pada dasar tangki digunakan persamaan Jansen :

$$P_B = \frac{R \rho_B \left(\frac{g}{g_c} \right)}{2 \mu K} \left[1 - e^{(-2 \mu K Z_T / R)} \right] \quad (\text{Mc. Cabe and Smith, 1985})$$

Dimana:

P_B = tekanan vertikal pada dasar tangki (psi)

ρ_B = densitas material, lb/ft³

= 59,3066 lb/ft³

μ = koefisien friksi : 0,35 - 0,55

dipilih, μ = 0,4

K = rasio tekanan, 0,3 - 0,6

dipilih, K = 0,5

Z_T = tinggi total bahan dalam tangki

$$= 4 \text{ ft}$$

$$R = \text{jari-jari tangki}$$

$$= 1/2 D = 1,5 \text{ ft}$$

$$e = \text{natural number} = 2,7183$$

$$\text{Diperoleh } P_B = 219,2799 \text{ lb/ft}^2 = 1,5228 \text{ lb/in}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan lateral yg dialami dinding tangki } (P_L) &= K \times P_B \\ &= 0,7614 \text{ lb/in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan total } (P_T) &= (1,5228 + 0,7614) \text{ lb/in}^2 \\ &= 2,2842 \text{ lb/in}^2 = 2,2842 \text{ psia} \end{aligned}$$

c. Menghitung tebal dinding

$$t = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} + c \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, hal 254})$$

Material yang direkomendasikan adalah *Carbon Steel SA-283 Grade C*

(Perry, 1984), dengan komposisi dan data sebagai berikut :

Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	C (%)	Si (%)	Mn (%)
16 – 18	10 - 14	2 – 3	80	1	2

$$f = 12650 \text{ psi} \quad (\text{Peters \& Timmerhause, 1991})$$

$$E = 80\% \quad (\text{Brownell and Young, 1959, tabel 13.2})$$

$$c = 0,125 \text{ in}$$

$$r_i = 18 \text{ in}$$

$$P_{\text{operasi}} = 14,7 \text{ psi}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,1 \times (14,7 + 2,2484) = 18,6826 \text{ psi}$$

$$\text{Tebal shell} = 0,1583 \text{ in}$$

$$\text{Digunakan tebal standar} = 3/16 \text{ in} = 0,1875 \text{ in}$$

d. Menentukan tebal head

$$\text{OD} = 36,3750 \text{ in} \quad \text{Standar} = 84 \text{ in}$$

$$r_c = 36 \text{ in}$$

$$\text{icr} = 2 \frac{3}{8} \text{ in}$$

$$w = \frac{1}{4} \cdot \left(3 + \sqrt{\frac{r_c}{\text{icr}}} \right) = 1,7233 \text{ in}$$

$$t_h = \frac{P \cdot r_c \cdot w}{2f\epsilon - 0,2P} + c$$

$$t_h = 0,1823 \text{ in (Tebal standar} = 3/16 \text{ in)}$$

Untuk tebal dinding head = 3/16 in,

Untuk $t_h = 3/16$ in, dari Tabel 5.8 Brownell and Young hal. 93, maka sf

= 1 1/2 – 3 1/2 in, dan direkomendasikan sf = 2 in.

- **Depth of dish (b)**

$$b = rc - \sqrt{(rc - \text{icr})^2 - \left(\frac{\text{ID}}{2} - \text{icr}\right)^2} \quad (\text{Brownell and Young, 1959.hal.87})$$

$$b = 6,2259 \text{ in}$$

- **Tinggi Head (OA)**

$$\text{OA} = t_h + b + \text{sf} \quad (\text{Brownell and Young, 1959.hal.87})$$

$$= (0,1875 + 6,2259 + 2) \text{ in}$$

$$= 8,4134 \text{ in}$$

e. Menghitung volume total filter

- **Volume tanpa bagian sf:**

$$\begin{aligned} V &= 0,0000439 \times ID^3 \\ &= 0,0000439 \times 3^3 \\ &= 0,0012 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

- **Volume pada sf:**

$$\begin{aligned} V_{sf} &= 0,25 \times \pi \times ID^2 \times sf \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 3^2 \times 2 \\ &= 0,2945 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

- **Volume Shell**

Volume total filter:

$$\begin{aligned} V_t &= (\pi/4 \times ID^2 \times H_s) + (2 \times \text{volume sebuah head}) + (2 \times \text{volume pada sf}) \\ &= 1054,9972 \text{ ft}^3 = 29,6193 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

f. Backwashing

Kisaran *internal backwashing* : 8-24 jam (Powell, 1954)

Diambil = 10 jam

Kisaran kecepatan *backwash* : 15-30 gpm/ft² (Powell, 1954)

Diambil = 15 gpm/ft²

Luas penampang = 0,4233 m³ = 4,5565 ft²

flowrate backwash = kecepatan backwash x luas penampang

$$= 68,3468 \text{ gpm.}$$

Kisaran air untuk *backwash* sebesar : 0,5-5 % air disaring (Powell, 1954)

$$\text{Diambil} = 4\%$$

$$\text{Air untuk } backwash = 0,04 \times 26,9941 \text{ m}^3/\text{jam} \times 10 \text{ jam}$$

$$= 10,7464 \text{ m}^3$$

$$= 2843,7011 \text{ gal}$$

$$\text{Waktu } backwash = \frac{2843,7011 \text{ gal}}{68,3468 \text{ gpm}} = 41,6070 \text{ menit}$$

$$\text{Air yang tertinggal} = 0,015\% \times \text{air masuk}$$

$$\text{Air yang tertinggal} = 0,015\% \times 26,9941 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,004 \text{ m}^3/\text{jam} = 4,0079 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Sehingga air keluaran } filter = 26,9941 \text{ m}^3/\text{jam} - 0,004 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 26,9074 \text{ m}^3/\text{jam} = 26715,2027 \text{ kg/jam}$$

Tabel D.7. Spesifikasi Sand Filter (SF – 401)

Alat	<i>Sand Filter</i>
Kode	SF – 401
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang terbawa air
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan <i>head</i> berbentuk <i>torispherical</i> dan media penyaring pasir dan kerikil.
Kapasitas	29,6026 m ³ /jam
Dimensi	Diameter = 0,9144 m Tinggi = 4,8564 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = 0,1875 in Tinggi atap = 0,1875 m
Tekanan Desain	18,6826 psi
Waktu <i>backwash</i>	41,6070 menit
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 buah

5. Tangki Air Filter (TP – 401)

Fungsi : Menyimpan air keluaran *sand filter* sebanyak 26,9074 m³/jam

Tipe : Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (*flat bottom*) dan atap (*head*) berbentuk kerucut (*conical*).

Kondisi Operasi :

- Temperatur : 30 °C
- Tekanan : 1 atm

a. Menghitung Kapasitas Tangki

Waktu tinggal 1 jam.

Banyaknya bahan baku H₂O yang harus disimpan dalam 1 jam :

$$\begin{aligned} V_{\text{H}_2\text{O}} &= 26,9074 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam} \\ &= 26,9074 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Safety factor = 20% (Peter and Timmerhaus,1991,hal. 37)

$$\begin{aligned} V_{\text{tangki}} &= 1,2 \times V_{\text{H}_2\text{O}} \\ &= 1,2 \times 26,9074 \text{ m}^3 \\ &= 32,2889 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Menentukan Diameter Tangki

Berdasarkan Tabel 4-27 Ulrich, 1984, dimana:

$$\frac{H_s}{D} < 2 \quad (\text{Ulrich, 1984 hal 248})$$

Dilakukan trial untuk mendapatkan rasio yang memberikan luas terkecil.

Berdasarkan Bronell and Young, untuk large tank berlaku:

$$D = 8H / 3$$

$$H = 0,3750 D$$

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H$$

$$D = \left(\frac{(4V)}{\pi \times H} \right)^{0,5}$$

$$= \left(\frac{(32V)}{(3\mu)} \right)^{0,5}$$

Trial :

H/D	D	H	Alas	Selimut	Luas (A)
0,4100	4,6458	1,9048	16,9516	27,8005	44,7521
0,4200	4,6086	1,9356	16,6814	28,0248	44,7062
0,4300	4,5726	1,9662	16,4218	28,2454	44,6672
0,4400	4,5377	1,9966	16,1720	28,4627	44,6347
0,4500	4,5038	2,0267	15,9315	28,6767	44,6082
0,4600	4,4710	2,0566	15,6998	28,8876	44,5874
0,4700	4,4390	2,0863	15,4763	29,0954	44,5717
0,4800	4,4080	2,1158	15,2606	29,3003	44,5609
0,4900	4,3778	2,1451	15,0522	29,5024	44,5547
0,5000	4,3484	2,1742	14,8509	29,7018	44,5526
0,5100	4,3198	2,2031	14,6561	29,8985	44,5546
0,5200	4,2919	2,2318	14,4676	30,0926	44,5602
0,5300	4,2648	2,2603	14,2850	30,2843	44,5693
0,5400	4,2383	2,2887	14,1081	30,4736	44,5817
0,5500	4,2124	2,3168	13,9366	30,6605	44,5971
0,5600	4,1872	2,3448	13,7702	30,8452	44,6154
0,5700	4,1626	2,3727	13,6087	31,0278	44,6364
0,5800	4,1385	2,4003	13,4518	31,2082	44,6599
0,5900	4,1150	2,4279	13,2994	31,3865	44,6859
0,6000	4,0920	2,4552	13,1512	31,5628	44,7140

Dari hasil trial diperoleh $\frac{H_s}{D} = 0,5$ sehingga $H_s = 0,5 D$

Sehingga $D = 4,3484 \text{ m} = 14,2664 \text{ ft}$

$H = 2,1742 \text{ m} = 7,1332 \text{ ft}$

Diambil nilai standard

$D = 15 \text{ ft} = 4,5720 \text{ m} = 180 \text{ in}$

$H = 6 \text{ ft} = 1,8288 \text{ m} = 72 \text{ in}$

$$V_{\text{tangki}} = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$= 1060,2875 \text{ ft}^3 = 30,0240 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi Liquid} = (V_{\text{liquid}} / V_{\text{tangki}}) \times H_{\text{tangki}}$$

$$= 1,6390 \text{ m} = 5,3772 \text{ ft}$$

Dari Brownell & Young, App. E, item 2, pp : 347 :

Number of courses =	1,0000
Shell plate thickness =	0,1875 in
Lebar plate standar =	6,0000 ft

c. Menghitung Tekanan Desain

Ketebalan shell akan berbeda dari dasar tangki sampai puncak. Hal ini karena tekanan zat cair akan semakin tinggi dengan bertambahnya jarak titik dari permukaan zat cair tersebut ke dasar tangki. Sehingga tekanan paling besar adalah tekanan paling bawah. Tekanan desain dihitung dengan :

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$= 14,7 \text{ psi} + \frac{\rho \left(\frac{g}{g_c} \right) H_L}{144}$$

$$= 14,7 \text{ psi} + \frac{62,2407 \text{ lb/ft}^3 \left(\frac{9,81}{9,81} \right) 5,3772 \text{ ft}}{144} = 17,0242 \text{ psi}$$

Tekanan desain 5 -10 % di atas tekanan kerja normal/absolut (Coulson, 1988 hal. 637). Tekanan desain yang dipilih 10 % di atasnya.

Tekanan desain adalah :

$$P_{\text{desain}} = 1,1 \times P_{\text{abs}}$$

$$= 1,1 \times 17,0242 \text{ psi}$$

$$= 17,8754 \text{ psi}$$

d. Menentukan Tebal *Shell*

Untuk menentukan tebal *shell*, persamaan yang digunakan adalah :

$$t_s = \frac{P.d}{2.(f.E - 0,6P)} + c \quad (\text{Brownell \& Young, 1959. hal.256})$$

Dimana : t_s = Tebal *shell*, in

P = Tekanan dalam tangki, psi

f = *Allowable stress*, psi

d = Diameter *shell*, in

E = Efisiensi pengelasan

c = Faktor korosi, in

Material yang direkomendasikan adalah *Carbon Steel SA-283 Grade C* .

$f = 12650$ psi (Peters & Timmerhause, 1991, Tabel 4, hal 538)

$E = 80\%$ (Brownell and Young, 1959, tabel 13.2)

$C = 0,125$ in

Menghitung ketebalan shell (t_s) pada plat 1, $H_L = 5,3772$ ft. :

$t_s = 0,2841$ in

diambil ukuran standar ketebalan shell (t_s) = 5/16 in

e. Desain *Head* (Desain Atap)

Bentuk atap yang digunakan adalah *conical* (konis). Diameter tangki 10 ft (\leq

60 ft), oleh karena itu dapat digunakan atap tanpa penyangga (*self supporting*

conical roof). Untuk *self supporting conical roof*, digunakan plat dengan tebal $\frac{1}{4}$ in dengan pengelasan jenis *double weld full- fillet joint*. Selanjutnya diperiksa besar sudut elemen konis dengan horizontal.

Besar sudut tersebut dihitung dengan persamaan:

$$\min \sin \theta = \frac{D}{430 t} \quad (\text{Brownell and Young, 1959, hal. 64})$$

Dengan:

θ = sudut elemen konis dengan horizontal

D = diameter tangki, ft

t = tebal konis, in

digunakan tebal konis $\frac{5}{16}$ in = 0,3125 in

$$\sin \theta = \frac{15 \text{ ft}}{430 \times 0,3125 \text{ in}} = 0,1116$$

$$\theta = 6,4092^\circ$$

Pemeriksaan *compressive stress* yang diijinkan:

$$f_{\text{allowable}} = 1,5 \times 10^6 \text{ t/r} \leq 1/3 \text{ yield point} \quad (\text{Brownell and Young, 1959, hal. 63})$$

Keterangan:

$f_{\text{allowable}}$ = *compressive stress* yang diijinkan, psi

t = tebal konis, in

r = jari-jari lekukan, in

$$r = \frac{6D}{\sin \theta} \quad (\text{Brownell and Young, 1959, hal. 63})$$

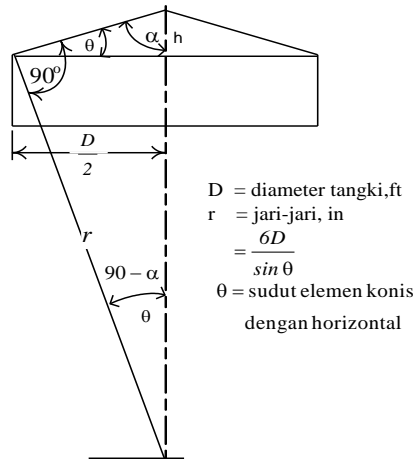
$$r = \frac{6 \times 15}{0,1116} = 716,2896 \text{ in}$$

$Yield\ point = 30000\ psi$

(Brownell and Young, 1959, hal. 37)

$f_{allowable} = 654,4141\ psi < 30000\ psi$

sehingga tebal 5/16 in dapat digunakan.



Gambar D.2. Jari-jari lekukan untuk atap konis

Tinggi *head* dapat dihitung dengan korelasi sudut pada gambar 2.

$$\tan \theta = \frac{h}{D/2}$$

$$h = 0,8425\ ft$$

$$\text{maka tinggi total} = H_s + H\ head = 0,8425\ ft + 6\ ft = 6,8425\ ft$$

f. Desain Lantai

Untuk memudahkan pengelasan dan memperhitungkan terjadinya korosi, maka pada lantai (*bottom*) dipakai plat dengan tebal minimal $\frac{1}{2}$ in. Tegangan yang bekerja pada plat yang digunakan pada lantai harus diperiksa agar diketahui apakah plat yang digunakan memenuhi persyaratan atau tidak (Brownell and Young, 1959).

- **Tegangan kerja pada bottom :**

Lampiran D. Perhitungan Utilitas

Prarancangan Pabrik Precipitated Calcium Carbonate dari Batu Kapur Kapasitas 50.000 ton/tahun

a. *Compressive stress* yang dihasilkan oleh H₂O.

$$f_{dead_wt_liq} = \frac{\sum liquid_wt}{12\pi D_s (ts - c)} \quad (\text{Brownell and Young, 1959. hal. 156})$$

Keterangan :

S_1 = *Compressive stress (psi)*

w = Jumlah H₂O (lbm)

D_i = Diameter dalam *shell* (in)

π = konstanta (= 3,14)

Diketahui :

Jumlah H₂O (w) = 59142,6592 lbm

D_i = 180 in

$$S_1 = \frac{59142,6592 \text{ lb}}{\frac{1}{4}(3,14)(180)(0,3125 \text{ in} - 0,25 \text{ in})^2} = 2,3242 \text{ psia}$$

b. *Compressive stress* yang dihasilkan oleh berat *shell*.

$$S_2 = \frac{X \rho_s}{144} \quad (\text{Brownell and Young, 1959. hal. 156})$$

Keterangan :

S_2 = *Compressive stress (psi)*

X = Tinggi tangki (ft)

ρ_s = Densitas *shell* (lbm/ft³)

π = konstanta (= 3,14)

X = tinggi *shell* (Hs) + Tinggi *head*

= 6,8425 ft

$$\rho_s = 490 \text{ lbm/ft}^3 \text{ untuk material } \textit{steel} \text{ (Brownell and Young,1959)}$$

$$\pi = \text{konstanta (= 3,14)}$$

Maka :

$$S_2 = \frac{6,8425 \times 490}{144} = 23,2359 \text{ psi}$$

Tegangan total yang bekerja pada lantai :

$$\begin{aligned} S_t &= S_1 + S_2 \\ &= 25,5601 \text{ psi} \end{aligned}$$

Batas tegangan lantai yang diizinkan :

$$S_t < \text{tegangan bahan plat (f)} \times \text{efisiensi pengelasan (E)}$$

$$25,5601 \text{ psi} < (12650 \text{ psi}) \times (0,8)$$

$$25,5601 \text{ psi} < 10.120 \text{ psi (memenuhi)}$$

Tabel D.8. Spesifikasi Tangki Air Filter (TP – 401)

Alat	Tangki Air Filter
Kode	TP- 401
Fungsi	Menyimpan air keluaran <i>sand filter</i> untuk kebutuhan steam,domestik,hidran dan proses
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>
Kapasitas	30,0240 m ³
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 4,5720 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 1,8288 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = 5/16 in Tinggi atap = 0,2568 m Tebal lantai = 3/16 in, bentuk <i>plate</i> Tebal head = 0,3125 in
Tutup atas	Bentuk <i>conical</i>
Tekanan Desain	17,8754 psi
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 buah

6. Tangki Air Domestik (TP-402)

Fungsi : Tempat penyimpanan air untuk keperluan umum .

Kondisi Operasi :

- Temperatur : 30°C
- Tekanan : 1 atm

Tipe Tangki : silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (*flat bottom*) dan atap (*head*) berbentuk kerucut (*conical*).

Dengan perhitungan yang sama dengan *filtered water tank* maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

Tabel D.9. Spesifikasi Tangki Air Domestik (TP-402)

Alat	Tangki Air Domestik
Kode	TP-402
Fungsi	Tempat penyimpanan air untuk keperluan air umum.
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>
Kapasitas	60,0480 m ³
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 4,5720 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 3,6576 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = 5/16 in Tinggi atap = 0,2568 m Tebal lantai = 3/16 in, bentuk dasar datar Jumlah course = 2
Tutup atas	Bentuk <i>conical</i>
Tekanan Desain	17,9690 psi
Tebal <i>head</i>	5/16 in
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 buah

7. Tangki Air Hidran (TP-403)

Fungsi : Tempat penyimpanan air untuk pemadam kebakaran .

Kondisi Operasi :

- Temperatur : 30°C

- Tekanan : 1 atm

Tipe Tangki : silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (*flat bottom*) dan atap (*head*) berbentuk kerucut (*conical*).

Dengan perhitungan yang sama dengan *filtered water tank* maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

Tabel D.10. Spesifikasi Tangki Air Hidran (TP - 403)

Alat	Tangki Air Hidran
Kode	TP-403
Fungsi	Tempat penyimpanan air untuk keperluan pemadam kebakaran.
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>
Kapasitas	60,0480 m ³
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 4,5720 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 3,6576 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = 5/16 in Tinggi atap = 0,2268 m Tebal lantai = 3/16 in, bentuk dasar datar Jumlah course = 2 buah
Tutup atas	Bentuk <i>conical</i>
Tekanan Desain	17,8365 psi
Tebal <i>head</i>	5/16 in
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 buah

8. *Hot Basin* (HB– 401)

Fungsi : Menampung air proses yang akan didinginkan di *cooling water*.

Alat : Bak beton berbentuk rektangular

Jumlah air yang akan didinginkan = air pendingin alat-alat proses

$$= 84,8893 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 84634,6488 \text{ kg/jam}$$

Waktu tinggal = 1 jam

$$\text{Volume liquid} = 84,8893 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam}$$

$$= 84,8893 \text{ m}^3 = 2997,8382 \text{ ft}^3$$

Over desain = 20% (Peters and Timmerhaus, 3rd, p 35)

$$\begin{aligned} V &= 1,2 \times 2997,8382 \text{ ft}^3 \\ &= 3597,4059 \text{ ft}^3 = 101,8672 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Luas permukaan bak (A)} = Q_c / \text{O.R}$$

Dimana:

A = luas permukaan bak

Q_c = laju alir air sungai m^3/jam

O.R = Overflow rate, 500-1000 $\text{gal}/\text{jam}.\text{ft}^2$

Dipilih 500 $\text{gal}/\text{jam}.\text{ft}^2$

$$\text{Sehingga } A = 44,8508 \text{ ft}^2$$

Dipilih bak dengan ukuran :

$$\text{Kedalaman bak (d)} = 7-16 \text{ ft jam } (\text{http://water.me.vccs.edu})$$

$$\begin{aligned} \text{Diambil d} &= 7 \text{ ft} \\ &= 2,1336 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar (w)} &= (V/4d)^{1/2} \\ &= 10,3473 \text{ ft} = 3,1538 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang (l)} &= 4w \\ &= 41,3890 \text{ ft} = 12,6154 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel D.11. Hot Basin (HB-401)

Alat	<i>Hot Basin</i>
Kode	HB-401
Fungsi	Menampung air proses yang akan didinginkan di <i>cooling water</i> .
Bentuk	Bak rectangular
Kapasitas	101,8672 m ³
Dimensi	Panjang = 3,7068 m Lebar = 3,7068 m Tinggi = 7,4136 m Tebal dinding = 12 cm
Jumlah	1 buah

9. Cooling Tower (CT – 401)

Fungsi : mendinginkan air pendingin yang telah digunakan oleh peralatan proses dengan menggunakan media pendingin udara dan mengolah dari temperatur 45 °C menjadi 30 °C

Type : *Inducted Draft Cooling Tower*

Sistem : kontak langsung dengan udara didalam *cooling tower (fan)*

Ukuran *cooling tower* merupakan fungsi dari:

- Batasan pendingin (temperatur air panas minus temperatur air dingin).
- Pendekatan temperatur *wet bulb* (temperatur air dingin minus temperatur basah).
- Kuantitas air yang didinginkan
- Temperatur *wet bulb*
- Tinggi menara

Jumlah air pendingin = 84634,6488 kg/jam

$$= 84,8893 \text{ m}^3/\text{jam}$$

1). Digunakan udara sebagai pendingin dengan *relative humidity* 80 %

$$\text{Suhu air masuk, } T_1 = 45 \text{ }^\circ\text{C} = 113 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu air keluar, } T_2 = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu dry bulb udara } T_{db} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu wet bulb udara, } T_{wb} = 22 \text{ }^\circ\text{C} = 71,6 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Temperature approach} &= T_2 - T_{wb} \\ &= 7,8 \text{ }^\circ\text{C} = 46,04 \text{ }^\circ\text{F} \end{aligned}$$

$$\text{Cooling range} = T_1 - T_2 = 15 \text{ }^\circ\text{C} = 59 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Konsentrasi air, } C_w = 2,5 \text{ gal/min ft}^2$$

(Fig. 12.14, Perry's Handbook, 1997)

$$\text{Luas menara} = Q/C_w$$

$$= \frac{373,7564 \text{ gpm}}{2,5 \text{ gal/min ft}^2} = 149,5026 \text{ ft}^2$$

$$\text{Dimensi, } P/L = 2$$

Sehingga diperoleh:

$$\text{Lebar menara, } L = 8,6459 \text{ ft} = 2,6353 \text{ m}$$

$$\text{Panjang menara, } P = 17,2917 \text{ ft} = 5,2705 \text{ m}$$

2). Menghitung dimensi basin

$$\text{Holding time} = 0,5 \text{ jam}$$

$$\text{Jumlah air} = \text{dari hot basin} + \text{make up}$$

$$= 101561,5786 \text{ kg/jam} = 101,8672 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Volume basin} = \text{jumlah air} \times \text{holding time}$$

$$= 50,9336 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Panjang} = 5,22705 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2,6353 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = V / (P \times L)$$

$$= 3,6671 \text{ m}$$

3) Menghitung daya motor penggerak *Fan Cooling Tower*

$$\text{Fan Hp} = 0,031 \text{ hp/ft}^2 \quad (\text{Fig. 12.15, Perry's Handbook, 1997})$$

$$\begin{aligned} \text{Tenaga yang dibutuhkan} &= \text{luas cooling tower} \times 0,031 \text{ hp/ft}^2 \\ &= 149,5026 \text{ ft}^2 \times 0,031 \text{ hp/ft}^2 = 4,6346 \text{ hp} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi fan} = 75\%$$

$$\text{Fan power} = \frac{4,6346}{0,75} = 6,1794 \text{ hp}$$

Efisiensi motor dipilih 85 %.

$$\text{Tenaga motor} = \frac{6,1794}{0,85} = 7,2699 \text{ hp}$$

4) Menghitung Kebutuhan Zat aditif

Konsentrasi dispersan dalam air = 0,01%

$$= 0,0001 \times 84,8893 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0001 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dalam tangki dispersan, konsentrasi dispersan 5%

Konsentrasi kaporit dalam air = 0,05%

$$= 0,0005 \times 84,8893 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0004 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dalam tangki kaporit, konsentrasi kaporit 5%

Konsentrasi asam sulfat dalam air = 0,01%

$$= 0,0001 \times 84,8893 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0001 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dalam tangki asam sulfat, konsentrasi asam sulfat 4%

Konsentrasi inhibitor dalam air = 0,01%

$$= 0,0001 \times 84,8893 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0001 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dalam tangki inhibitor, konsentrasi inhibitor 5%

5). Menghitung *make-up water*

W_c = aliran air sirkulasi masuk *cooling tower*

Water evaporation (W_e)

$$= 0,0085 W_c (T_1 - T_2) \quad (\text{Per. 12.10, Perry's, 1997})$$

$$= 10,8234 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Water drift loss (W_d)

$$= \text{Drift loss} \times W_c \quad (\text{Perry's hal 12-16 drift loss antara 0,1 - 0,2 Perry's 1997})$$

$$= 0,002 \times 84,8893 = 0,1698 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Water blowdown (W_b)

$$= W_c / (S - 1)$$

$$= 10,6112 \text{ m}^3/\text{jam}$$

S = rasio klorida dalam air sirkulasi terhadap air make up 3 – 5

Dipilih = 5

$$W_m = W_e + W_d + W_b$$

$$= 21,6043 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Tabel D.12. Spesifikasi *Cooling Tower* (CT-401)

Alat	<i>Cooling Tower</i>
Kode	CT – 401
Fungsi	Mendinginkan air pendingin yang telah digunakan oleh peralatan proses dengan menggunakan media pendingin udara dan mengolah dari temperatur 45°C menjadi 30° C
Tipe	<i>Inducted Draft Cooling Tower</i>
Kapasitas	84,8893 m ³
Dimensi	Menara: Panjang = 5,2705 m Lebar = 2,6353 m Tinggi = 6,1000 m
Tenaga motor	7,2699 hp
Bahan konstruksi	Beton
Jumlah	1 buah

10. *Cold Basin* (CB-401)

Fungsi : Menampung air keluaran dari *cooling tower*

Jenis : Bak beton berbentuk rektangular

Dengan perhitungan seperti pada HB-401 maka diperoleh spesifikasi CB-401

sebagai berikut :

Tabel D.13. *Cold Basin* (CB – 401)

Alat	<i>Cold Basin</i>
Kode	CB– 401
Fungsi	Menampung air keluaran dari <i>cooling tower</i> .
Bentuk	Bak rectangular
Kapasitas	122,2406 m ³
Dimensi	Panjang = 13,8194 m Lebar = 3,4549 m Tinggi = 2,1336 m Tebal dinding = 12 cm
Jumlah	1 buah

11. *Cation Exchanger* (CE-401A/B)

Fungsi : Menghilangkan ion-ion positif yang terlarut dan menghilangkan kesadahan air

Tipe : Tangki silinder vertikal diisi dengan resin penukar ion

a. Menghitung dimensi tangki

Kapasitas produk yang akan diolah untuk air proses dan *make up steam*

$$= 6,5043 \text{ m}^3/\text{jam} = 28,6377 \text{ gpm}$$

Siklus regenerasi = 8 jam = 480 menit

Total kation *inlet* = 62 ppm = (1 grain/gallon = 17,1 ppm)
= 0,0036 kgrain/gal

Total kation *outlet* = 0 ppm

Kation hilang = 100,00% (Fig 5.7 Ulrich 1984 hal 284)

Kation *exchanger* = Asam lemah (*weakly acid*, metilen akrilat)

Kondisi operasi :

Temperatur = 30 °C (Tabel, 16-6, Perry's Handbook, 7th ed, 1997)

PH = 6-8 (Tabel, 16-19, Perry's Handbook, 7th ed, 1997)

Kapasitas resin = 0,75 eq/L
= 16,35 kgrain CaCO₃/ft³ resin
= 16,35 kg/ft³

Maksimum flow = 8 gpm/ft²

Densitas resin, ρ = 0,95 kg/L
= 59,3066 lb/ft³

Jumlah mineral yang dihilangkan = 62% x 28,6377 gpm x

$$0,0036 \text{ kgrain/gal} \times 480 \text{ menit}$$

$$= 49,8396 \text{ kgrain CaCO}_3$$

$$\text{Kebutuhan volume resin} = \frac{49,8396}{16,35} = 3,0483 \text{ ft}^3 = 0,0863 \text{ m}^3$$

$$\text{Luas permukaan resin} = \frac{28,6377}{8} = 3,5797 \text{ ft}^2 = 0,3326 \text{ m}^2$$

$$\text{Tinggi bed resin} = \frac{0,0863}{0,3326} = 0,2596 \text{ m}$$

$$\text{Diameter tangki, D} = \sqrt{\frac{4 \times 0,3326 \text{ ft}^2}{3,14}}$$

$$= 0,6507 \text{ m} = 25,6188 \text{ in} = 2,1349 \text{ ft}$$

$$\text{Diambil D estándar} = 2,5 \text{ ft} = 30 \text{ in} = 0,7620 \text{ m}$$

$$\text{Ruang kosong} = 75 \% \times \text{tinggi bed (untuk ekspansi saat regenerasi)}$$

$$= 0,1947 \text{ m}$$

$$\text{Lapisan pasir} = 50 \% \times \text{tinggi bed} = 0,1298 \text{ m}$$

Graver dirancang dari anitrofit dengan tebal/tinggi 12-14 in (Powell, 1954)

$$\text{Dipilih tinggi} = 12 \text{ in} = 1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bed total} = (0,2596 + 0,1298 + 0,3048) \text{ m}$$

$$= 0,6941 \text{ m}$$

$$= 2,2773 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi tangki total} = (0,6941 + 0,1947) \text{ m}$$

$$= 0,8888 \text{ m} = 2,9160 \text{ ft}$$

b. Menghitung Tekanan Desain

P desain = 14,7 psi

Menghitung tekanan vertikal bahan padat pada dasar tangki digunakan persamaan Jansen:

$$P_B = \frac{R \rho_B \left(\frac{g}{g_c} \right)}{2 \mu K} \left[1 - e^{(-2 \mu K Z_T / R)} \right] \quad (\text{Mc. Cabe and Smith, 1985})$$

Dimana:

P_B = tekanan vertikal pada dasar tangki (psi)

ρ_B = densitas material, lb/ft³ = 59,3066 lb/ft³

μ = koefisien friksi, 0,35 - 0,55

dipilih, μ = 0,4

K = rasio tekanan, 0.3 -0.6

dipilih, K = 0,5

Z_T = tinggi total bahan dalam tangki, ft

R = jari-jari tangki

= 1/2 D, ft

Diperoleh $P_B = 95,9068 \text{ lb/ft}^2 = 0,6660 \text{ lb/in}^2$

= 0,6660 psi

Tekanan lateral yg dialami dinding tangki (P_L) = $K \times P_B$

= 0,3330 lb/in²

= 0,3330 psi

Tekanan total (P_T) = 1,1 x (0,6660 + 0,3330 + 14,7) psi

$$= 17,2689 \text{ psi}$$

c. Menghitung Tebal dinding

$$t = \frac{P_i r_i}{f \cdot \varepsilon - 0,6 \cdot P} + c \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, hal 254})$$

Material yang direkomendasikan adalah *Carbon Steel SA-283 Grade C*

$$f = 12650 \text{ psi} \quad (\text{Peters \& Timmerhause, 1991})$$

$$E = 80\% \quad (\text{Brownell and Young, 1959, tabel 13.2})$$

$$c = 0,125 \text{ in}$$

$$P_{\text{operasi}} = 14,7 \text{ psi}$$

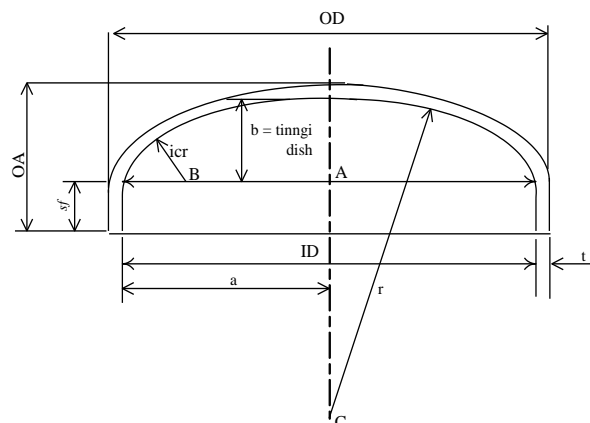
$$P_{\text{desain}} = 17,2689 \text{ psi}$$

$$\text{Tebal shell} = 0,1506 \text{ in (Tebal standar} = 3/16 \text{ in)}$$

d. Menentukan Head

Bentuk : *torispherical dished head*

Dasar Pemilihan : sesuai untuk tangki vertikal pada tekanan rendah (1-4 atm)



Gambar D.3 *Torispherical head*

Ketebalan *torispherical head*

$$th = \frac{P \cdot r_c \cdot W}{2 \cdot f \cdot E - 0,2 \cdot P} + C \quad (\text{pers.7.77 B\&Y, 1959:138})$$

dengan :

th = tebal head, in

W = faktor intensifikasi *stress*

OD = ID + 2t = 30,3750 in

ts = 3/16 in (tabel 5-7, B & Y,1959:90)

Maka dipilih tutup 32 in dengan :

Inside corner radius, icr = 2 in

crown radius, $r_c = 30$ in

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

W = 1,7182 in

Dari perhitungan diperoleh :

th = 0,1690 in (th standar = 3/16 in)

Untuk tebal dinding *head* = 3/16 in,

Untuk $t_h = 3/16$ in, dari Tabel 5.8 Brownell and Young hal. 93, maka sf =

1 1/2 – 2 1/4 in, dan direkomendasikan sf = 2 in.

- **Depth of dish (b)**

$$b = rc - \sqrt{(rc - icr)^2 - \left(\frac{ID}{2} - icr\right)^2} \quad (\text{Brownell and Young, 1959.hal.87})$$

b = 5,2008 in

- **Tinggi Head (OA)**

$$\begin{aligned} \text{OA} &= th + b + sf && (\text{Brownell and Young, 1959. hal. 87}) \\ &= (0,1875 + 5,2008 + 2) \text{ in} \\ &= 7,3883 \text{ in} = 0,1877 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Tinggi vessel**

$$\begin{aligned} \text{Tinggi vessel} &= \text{tinggi shell} + \text{tinggi head} \\ &= 1,2641 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Menghitung volume total *cation exchanger***

Volume tanpa bagian sf :

$$\begin{aligned} V &= 0,000049 D^3 \\ &= 1,3230 \text{ ft}^3 \\ &= 0,0375 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume pada sf:

$$\begin{aligned} V_{\text{sf}} &= \frac{\pi \cdot D^2 \cdot sf}{4} \\ &= 0,0232 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume head :

$$\begin{aligned} V_{\text{head}} &= 2 \cdot (0,0375 + 0,0232) \\ &= 0,0606 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

e. Regenerasi resin**1). Kebutuhan regeneran**

(Tabel, 16-19, Perry's Handbook, 7th ed, 1997)

Regeneran yang digunakan adalah asam sulfat konsentrasi 4% vol.

Kapasitas regeneran = 6,8750 lb regeneran/ft³ resin

Kebutuhan teoritis = Kapasitas regeneran × Kebutuhan volume resin
 = 6,8750 lb regeneran/ft³ resin × 3,0483 ft³
 = 20,9570 lb regeneran

Kebutuhan teknis = 110 % × kebutuhan teoritis
 = 23,0527 lb regeneran

2). Waktu regenerasi

Densitas regeneran = 8,5257 lb/gallon

Volume regeneran = 23,0527 lb regeneran / 8,5257 lb/gallon
 = 2,7039 gallon

Flowrate regenerasi = 5 gpm/ft² (Powell, 1954)

Waktu pencucian = 10 menit

Flowrate air pencuci = 5 gpm/ft² (Powell, 1954)

Waktu regenerasi = $\frac{\text{volume regeneran}}{\text{flowrate} \times \text{luas resin}}$
 = $\frac{2,7039 \text{ gallon}}{8,5257 \text{ lb/gal} \times 5 \text{ gal/minft}^2 \times 3,5797 \text{ ft}^2}$
 = 0,1511 menit

Waktu pembilasan = 5 menit

Total waktu = 15,1511 menit

Jumlah air pencuci dan pembilas (V_{bw})

$$= (\text{waktu pencucian} \times \text{waktu pembilasan}) \times \text{flowrate regerasi} \times \text{luas resin}$$

$$= 268,4783 \text{ galon/shift}$$

Tabel D.14. Spesifikasi *Cation Exchanger* (CE- 401A/B)

Alat	<i>Cation Exchanger</i>
Kode	CE- 401A/B
Fungsi	Menghilangkan ion-ion positif yang terlarut dan menghilangkan kesadahan air
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan <i>head</i> berbentuk <i>torispherical</i> .
Kapasitas	6,5043 m ³ /jam
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 0,7620 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 0,8888 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = 3/16 in Tebal head = 3/16 in
Tekanan Desain	17,2689 psi
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	2 (buah)

12. *Anion Exchanger* (AE-401A/B)

Fungsi : Menghilangkan ion-ion negatif yang terlarut dan menghilangkan kesadahan air

Tipe : Tangki silinder vertikal diisi dengan resin penukar ion

Dengan cara perhitungan yang sama seperti pada *Cation Exchanger* , diperoleh spesifikasi *Anion Exchanger* sebagai berikut:

Tabel D.15. Spesifikasi Anion Exchanger (AE – 401A/B)

Alat	<i>Anion Exchanger</i>
Kode	AE-401A/B
Fungsi	Menghilangkan ion-ion negatif yang terlarut dan menghilangkan kesadahan air
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan <i>head</i> berbentuk <i>torispherical</i> .
Kapasitas	6,5043 m ³ /jam
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 0,7620 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 0,6242 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = 3/16 in Tebal head = 3/16 in
Tekanan Desain	16,7980 psi
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>

13. Tangki Air Demin (TP-404)

Fungsi : Tempat penyimpanan air demin keluaran AE-01.

Kondisi Operasi :

- Temperatur : 30°C
- Tekanan : 1 atm

Tipe Tangki : silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (*flat bottom*) dan atap (*head*) berbentuk kerucut (*conical*).

Dengan perhitungan yang sama dengan TP-401 maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

Tabel D.16. Spesifikasi Tangki Air Demin (TP – 404)

Alat	Tangki Air Demin
Kode	TP- 404
Fungsi	Tempat penyimpanan air demin keluaran D-414
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>
Kapasitas	106,7520 m ³
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 6,0960 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 3,6576 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = 3/8 in Tinggi head = 0,3810 m Tebal head = 3/8in Tebal lantai = 3/16 in, bentuk dasar datar
Tutup atas	Bentuk <i>conical</i>
Tekanan Desain	18,0896 psi
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 buah

14. Deaerator (DA – 401)

Fungsi : Menghilangkan gas-gas yang terlarut dalam air umpan *boiler* untuk mengurangi terjadinya korosi

Jenis : Silinder tegak yang berisi *packing*
Steam dialirkan dari bawah

$$\begin{aligned} \text{Densitas air} &= 997 \text{ kg/m}^3 \\ &= 62,24 \text{ lbm/ft}^3 \quad (\text{App A.2-3. Geankoplis, 1993 : 855}) \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah air umpan boiler} = 6810,7154 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Kecepatan volumetrik air} = \frac{6810,7154 \text{ kg/jam}}{997 \text{ kg/m}^3} = 6,8312 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Waktu tinggal diambil} = \frac{1}{4} \text{ jam}$$

$$\text{Vol. air} = 6,8312 \text{ m}^3/\text{jam} \times \frac{1}{4} \text{ jam} = 1,7078 \text{ m}^3$$

$$\text{Over design} = 15 \% \quad (\text{Tabel 6. Timmerhaus, 1991 : 38})$$

$$\text{Volume desain} = 1,9640 \text{ m}^3 = 69,3567 \text{ ft}^3$$

Untuk tekanan 1 atm/15 psig dipilih *torispherical flanged and dished head*.

Volume tutup atas dan bawah *torispherical flanged and dished head*.

$$V_d = 0,000049 \times D^3$$

$$V \text{ kolom} = V \text{ shell} + 2 \times V \text{ torispherical}$$

$$= \frac{1}{4} \pi ID^2 H + 2 \times 0,000049 ID^3$$

$$\text{Diambil } H = 5 D \quad (H/D = 5 - 30) \quad (\text{Tabel 4.18. Ulrich, 1984 : 188})$$

$$V \text{ kolom} = 3,9251 ID^3$$

$$69,3567 \text{ ft}^3 = 3,9251 ID^3$$

Maka,

$$D = 2,60 \text{ ft}$$

$$H_s = 13,02 \text{ ft}$$

Diambil standar :

$$D = 3 \text{ ft} = 0,91 \text{ m} = 36 \text{ in}$$

$$H_s = 12 \text{ ft} = 3,66 \text{ m} = 144 \text{ in}$$

Lebar plat yang digunakan = 6 ft

$$\text{Jumlah } \textit{courses} = 2$$

$$\text{Bahan isian} = \textit{Rasching ring metal}$$

$$\textit{Packing size} = 1 \text{ in}$$

$$\textit{Packing factor}, F_p = 115 \quad (\text{Tabel 11.2 Coulson, 1985 : 482})$$

Kecepatan air (kebutuhan air untuk *steam*), L_w :

$$L_w = 6810,72 \text{ kg/jam} = 1,89 \text{ kg/s}$$

Kecepatan *steam* (diambil), V_w

$$V_w = 681,07 \text{ kg/jam} = 0,19 \text{ kg/s}$$

$$\rho_L = 997 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{App A.2-3 Geankoplis, 1993 : 855})$$

$$\rho_v = 0,55 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{App A.2-12 Geankoplis, 1993 : 863})$$

$$\mu_L = 0,0005 \text{ kg/m s}$$

$$F_{LV} = \frac{L_w}{V_w} \times \sqrt{\frac{\rho_v}{\rho_L}} = 0,2363$$

$$\Delta P = 15 - 50 \text{ mm H}_2\text{O/m packing} \quad (\text{Coulson, 1985 : 492})$$

Dari Fig. 11.44 Coulson hal 492, diambil $\Delta P = 15 \text{ mm H}_2\text{O/m packing}$.

$$\text{Didapat } K_4 = 0,5$$

$$\text{Pada flooding } K_4 = 0,8 \quad (\text{Coulson, 1985 : 492})$$

$$\% \text{ flooding} = \sqrt{\frac{0,5}{0,8}} \times 100 \%$$

$$= 79,0569 \% \quad (< 80 \% \text{ memuaskan})$$

$$h = \text{HETP} = D^{0,3} \quad (\text{Pers. 4.84 Ulrich, 1984 : 196})$$

$$= 1,44 \text{ ft} = 0,44 \text{ m}$$

$$\rho \text{ metal} = 490 \text{ lbm/ft}^3$$

a. Menentukan tekanan desain

$$P \text{ hidrostatik} = \frac{\rho(h-1)}{144} \quad (\text{Pers 3.17 Brownell,}$$

1959 : 46)

$$P \text{ abs} = P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik}$$

$$= P \text{ operasi} + \frac{\rho(h-1)}{144}$$

$$= 19,45 \text{ psi}$$

Tekanan desain 5 – 10 % di atas tekanan kerja absolut (Coulson, 1988 : 637).

Tekanan desain yang dipilih 10 % di atasnya.

(*Rules of thumb*. Walas, 1988 : xviii)

$$P \text{ desain} = 1,1 \times P \text{ abs}$$

$$= 1,1 \times 19,45 = 21,40 \text{ psi}$$

Tekanan desain pada plat berikutnya terdapat pada tabel berikut ini :

<i>Course ke-</i>	H_s (ft)	P hid. (psia)	P abs. (psia)	P desain (psia)
1	12	4,75	19,45	21,40
2	6	2,16	16,86	18,55

b. Menghitung tebal dinding

$$t_s = \frac{P r_i}{f E - 0,6 P} + C \quad (\text{Pers. 13.1 Brownell and Young, 1959})$$

Bahan yang dipakai : *Carbon steel SA-283 Grade C*

t_s = Tebal *shell*, in

f = *Allowable stress* = 12.650 psi (Tabel 13.1 Brownell, 1959 : 251)

E = *Joint efficiency tipe double welded butt joint*

= 0,8 (Tabel 13.2 Brownell, 1959 : 254)

C = *Corrosion allowance* = 0,125 in/10 tahun

(Tabel 6, Timmerhaus, 1991 : 542)

P = Tekanan desain = 21,3278 psi

r_i = Jari-jari dalam *shell* = $D/2 = 18$ in

$t_s = 0,1631$ in

Diambil t_s standar = 3/16 in

Tebal *shell* pada tiap plat dapat dilihat pada tabel berikut.

<i>Course ke-</i>	H_s (ft)	t_s (in)	t_s standar (in)
1	12	0,1631	3/16
2	6	0,1580	3/16

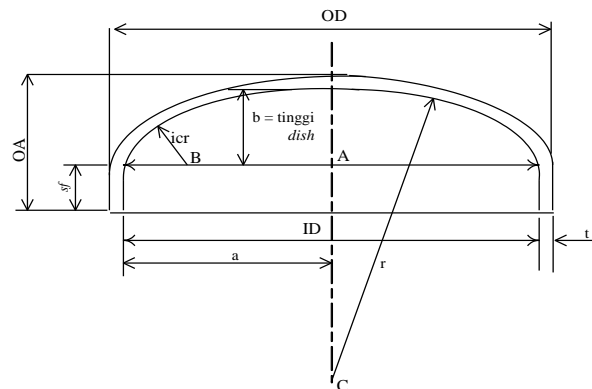
Standardisasi OD :

$$OD = ID + 2 t$$

$$= 36 + (2 \times (3/16)) = 36,38 \text{ in}$$

c. Perancangan *head* tangki

Bentuk : *Torispherical dished head*



Gambar D.4. *Torispherical head*

Menentukan dimensi tutup atas

$$t_h = \frac{P r_c W}{2 f E - 0,2 P} + C \quad (\text{Pers.7.77 B\&Y, 1959 : 138})$$

Dengan :

t_h = Tebal *head*, in

W = Faktor intensifikasi *stress*

Untuk $OD = 36,38$ in dan $t_s = 3/16$ in

(Tabel 5.7, Brownell & Young, 1959 : 90)

Maka,

Inside corner radius, icr = 3 in*Crown radius, r_c* = 48 in

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r_c}{icr}} \right) = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{48}{3}} \right) = 1,75$$

Bahan konstruksi = *Carbon steel SA-283 Grade C*

(Tabel 1. Perry's, 1950 : 1523)

f = Allowable stress = 12.650 psi (Tabel 4. Timmerhaus, 1991 : 538)*E* = Joint efficiency tipe *double-welded butt joint* = 80 %

(Tabel 13.2 Brownell, 1959 : 254)

C = Corrosion allowance = 0,125 in/10 thn (Tabel 6. Timmerhaus, 1991:542)*P* = Tekanan desain = 21,3999 psi

Maka,

$$t_h = \frac{21,3278 \times 24 \times 1,7500}{(2 \times 12.650 \times 0,8 - 0,2 \times 21,3278)} = 0,1693 \text{ in}$$

Digunakan tebal *head* standar = 3/16 inUntuk *t_h* = ¼ in, maka *sf* = 1,5 – 2,0 (Tabel 5.6 Brownell, 1959 : 88)Diambil *sf* = 2 in*AB* = (*ID*/2) – *icr* = (24 in / 2) – 1,5 in = 10,5 in*BC* = *r_c* – *icr* = 24 in – 1,5 in = 22,5 in

$$\begin{aligned} b &= r_c - \sqrt{BC^2 - AB^2} \\ &= 48 - \sqrt{22,5^2 - 10,5^2} = 5,57 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} OA &= th + b + sf \\ &= 3/16 \text{ in} + 4,1003 \text{ in} + 2 \text{ in} = 7,82 \text{ in} = 0,65 \text{ ft} \end{aligned}$$

Jadi tinggi *dished head*, $H_d = 6,2878 \text{ in} = 0,5238 \text{ ft}$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi total tangki} &= H_s + H_d \\ &= 12 \text{ ft} + 0,5238 \text{ ft} \\ &= 12,65 \text{ ft} = 3,86 \text{ m} \end{aligned}$$

Volume tanpa bagian sf :

Untuk *torispherical head* :

$$\begin{aligned} V &= 0,000049 \times ID^3 \\ &= 2,29 \text{ ft}^3 = 0,06 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume pada sf :

$$\begin{aligned} \text{Volume pada sf} &= (\pi/4) \times D^2 \times sf \\ &= (3,14/4) \times (36 \text{ in})^2 \times 2 \text{ in} \\ &= 2034,76 \text{ in}^3 = 1,18 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume sebuah head} &= \text{Vol tanpa bagian sf} + \text{Vol pada sf} \\ &= 3,46 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total tangki, } V_t &= V_{\text{shell}} + V_{\text{head}} \\ &= 88,2423 \text{ ft}^3 = 2,4988 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berikut ini adalah tabel spesifikasi *deaerator*.

Tabel D.17. Spesifikasi Deaerator (DA-401)

Alat	<i>Deaerator</i>
Kode	DA- 401
Fungsi	Menghilangkan gas-gas terlarut dalam air, seperti O ₂ dan CO ₂ , agar korosif dan kerak tidak terjadi
Bentuk	Tangki horizontal dengan <i>head</i> berbentuk ellips dilengkapi <i>sparger</i>
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 0,91 m Tinggi <i>shell</i> (H _s) = 3,66 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = 3/16 in Tebal <i>headl</i> (t _h) = 4/16 in Tinggi head = 0,6517 ft
Tekanan desain	21,3999 psi
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>

15. Tangki Air Boiler (TP-405)

Fungsi : Tempat penyimpanan air umpan Boiler

Kondisi Operasi :

- Temperatur : 30°C
- Tekanan : 1 atm

Tipe Tangki : silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (*flat bottom*) dan atap (*head*) berbentuk kerucut (*conical*).

Dengan perhitungan yang sama dengan TP-401 maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

Tabel D.18. Spesifikasi Tangki Air Boiler (TP –405)

Alat	Tangki Air Boiler
Kode	TP- 405
Fungsi	Tempat penyimpanan air umpan Boiler
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>
Kapasitas	240,1920 m ³
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 9,1440 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 3,6576 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = 1/5 in Tinggi head = 0,6443 m Tebal head = 1/2 in Tebal lantai = 3/16 in, bentuk dasar datar
Tutup atas	Bentuk <i>conical</i>
Tekanan Desain	19,1523 psi
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 buah

16. Tangki NaOH (TI-403)

Fungsi : Menampung larutan kimia yaitu NaOH konsentrasi 4% volum sebagai injeksi bak penggumpal dan regeneran resin penukar kation selama 7 hari.

Kondisi Operasi :

- Temperatur : 30°C
- Tekanan : 1 atm

Tipe : Tangki silinder vertical

1. Resin Penukar Kation

Konsentrasi NaOH di anion exchanger = 70%

Konsentrasi NaOH di storage = 90%

Kebutuhan NaOH di anion exchanger = 4,1589 kg/shift

Suplai NaOH 90% ke D- 414 = kebutuhan NaOH/konsentrasi NaOH di storage
= 4,6209 kg/shift

2. Bak Penggumpal

Konsentrasi NaOH di bak penggumpal = 0,05%

Konsentrasi NaOH di storage = 90%

Kebutuhan NaOH di bak penggumpal (F-403) = 13,4160 kg/jam

Suplai NaOH 90% ke F-403 = kebutuhan NaOH/konsentrasi NaOH di storage
= 119,2531 kg/shift

Suplai NaOH 90% total = 4,6209 + 119,2531
= 123,8740 kg/shift

Densitas = $1044,4313 \text{ kg/m}^3 = 65,2017 \text{ lb/ft}^3$

Volume NaOH = $\frac{123,8740}{1044,4313} = 0,1186 \text{ m}^3/8 \text{ jam}$

Siklus regenerasi = 8 jam (1 shift)

Waktu tinggal = 7 hari = 168 jam

Volume larutan NaOH = $0,1186 \text{ m}^3/\text{jam} \times 168 \text{ jam}$
= $2,7934 \text{ m}^3$

Over design 20 %.

Volume tangki = $1,2 \times 2,7934 \text{ m}^3$
= $3,3521 \text{ m}^3$

a. Menentukan Diameter Tangki

Berdasarkan Tabel 4-27 Ulrich, 1984, dimana:

$$\frac{H_s}{D} < 2 \quad (\text{Ulrich, 1984 hal 248})$$

Rasio $\frac{H_s}{D}$ yang dipilih = 1,5 sehingga $H_s = 1,5 D$

$$V_{\text{tangki}} = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$D^3 = \frac{V_{\text{tangki}}}{\frac{1}{4} \pi H} = 1,4172 \text{ m}$$

Karena $H_s = 1,5 D$ maka $H_s = 2,1258 \text{ m}$

Diambil standar $D = 1,8288 \text{ m} = 6 \text{ ft} = 72 \text{ in}$

$H = 2,7432 \text{ m} = 9 \text{ ft} = 108 \text{ in}$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cairan} = H_L &= \frac{4V_L}{\pi ID^2} \\ &= 4,1889 \text{ ft} \end{aligned}$$

b. Menghitung Tekanan Desain

$$\begin{aligned} P_{\text{hidrostatik}} &= \frac{\rho(h-1)}{144} \\ &= \frac{65,2017 \text{ lb/ft}^3 (4,1889 - 1)}{144} \end{aligned}$$

$$= 23,1289 \text{ psi}$$

$$P_{\text{operasi}} = 14,7 \text{ psi}$$

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$= 37,8289 \text{ psi}$$

Tekanan desain 5 -10 % di atas tekanan kerja normal/absolut (Coulson, 1988 hal. 637). Tekanan desain yang dipilih 10 % di atasnya.

$$\begin{aligned} P_{\text{desain}} &= 1,1 \times P_{\text{abs}} \\ &= 1,1 \times 37,8289 \text{ psi} \\ &= 41,6118 \text{ psi} \end{aligned}$$

c. Menentukan Tebal *Shell*

Untuk menentukan tebal *shell*, persamaan yang digunakan adalah :

$$t_s = \frac{P.d}{2.(f.E-0,6P)} + c \quad (\text{Brownell \& Young, 1959.hal.256})$$

Dimana : t_s = Tebal *shell*, in

P = Tekanan dalam tangki, psi

f = *Allowable stress*, psi

d = Diameter *shell*, in

E = Efisiensi pengelasan

c = Faktor korosi, in

Material yang direkomendasikan adalah *SA 167 Grade 3 Type 304*.

$f = 18750$ psi (Peters & Timmerhause, 1991, Tabel 4, hal 538)

$E = 80\%$ (Brownell and Young, 1959, tabel 13.2)

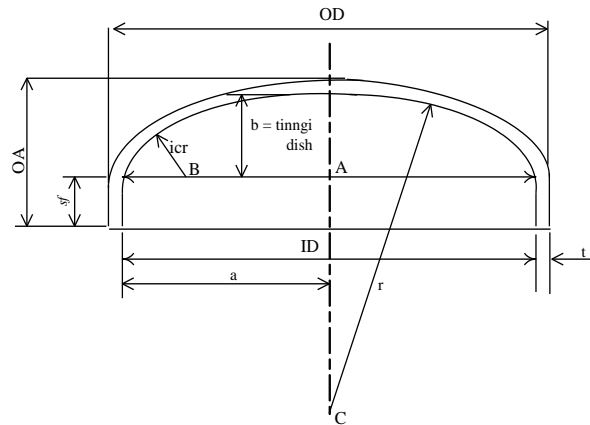
$C = 0,125$ in

$t_s = 0,2734$ in (t_s standar 5/16 in).

d. Menentukan *Head*

Bentuk : *torispherical dished head*

Dasar Pemilihan : sesuai untuk tangki vertikal pada tekanan rendah (1-4 atm)



Gambar D.5 *Torispherical head*

Ketebalan *torispherical head*

$$th = \frac{P \cdot r_c \cdot W}{2 \cdot f \cdot E - 0,2 \cdot P} + C \quad (\text{pers.7.77 B\&Y, 1959:138})$$

dengan :

th = tebal head, in

W = faktor intensifikasi *stress*

OD = ID + 2t = 72,4998 in

Standar OD = 74 in dan ts = ¼ in (tabel 5-7, B & Y, 1959:90)

Maka dipilih tutup 102 in dengan :

Inside corner radius, icr = 4 3/4in

crown radius, r_c = 78 in

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

$$W = 1,3854$$

Dari perhitungan diperoleh :

$$th = 0,3473 \text{ in} \quad (\text{th standar} = 3/8 \text{ in})$$

Untuk tebal dinding *head* = 3/8 in,

Untuk $t_h = 3/8$ in, dari Tabel 5.8 Brownell and Young hal. 93, maka $sf = 1$

$\frac{1}{2} - 3$ in, dan direkomendasikan $sf = 2$ in.

- **Depth of dish (b)**

$$b = rc - \sqrt{(rc - icr)^2 - \left(\frac{ID}{2} - icr\right)^2} \quad (\text{Brownell and Young, 1959. hal. 87})$$

$$b = 1,3775 \text{ in}$$

- **Tinggi Head (OA)**

$$OA = th + b + sf \quad (\text{Brownell and Young, 1959. hal. 87})$$

$$= (0,4125 + 1,3775 + 2) \text{ in}$$

$$= 3,7525 \text{ in}$$

g. Desain Lantai

Untuk memudahkan pengelasan dan memperhitungkan terjadinya korosi, maka pada lantai (*bottom*) dipakai plat dengan tebal minimal $\frac{1}{2}$ in. Tegangan yang bekerja pada plat yang digunakan pada lantai harus diperiksa agar

diketahui apakah plat yang digunakan memenuhi persyaratan atau tidak (Brownell and Young, 1959).

• **Tegangan kerja pada bottom :**

a. *Compressive stress* yang dihasilkan oleh H₂O.

$$f_{dead_wt_liq} = \frac{\sum liquid_wt}{12\pi D_s (ts - c)} \quad (\text{Brownell and Young, 1959, hal. 156})$$

Keterangan :

S_1 = *Compressive stress (psi)*

w = Jumlah NaOH (lbm)

D_i = Diameter dalam *shell* (in)

π = konstanta (= 3,14)

Diketahui :

Jumlah NaOH (w) = 7692,0115 lbm

D_i = 71,9998 in

Maka S_1 = 1,8902 psi

h. *Compressive stress* yang dihasilkan oleh berat *shell*.

$$S_2 = \frac{X \rho_s}{144} \quad (\text{Brownell and Young, 1959, hal. 156})$$

Keterangan :

S_2 = *Compressive stress (psi)*

X = Tinggi tangki (ft)

ρ_s = Densitas *shell* (lbm/ft³)

$$\pi = \text{konstanta } (= 3,14)$$

$$X = \text{tinggi shell (Hs)} + \text{Tinggi head}$$

$$= 7,2063 \text{ ft}$$

$$\rho_s = 490 \text{ lbm/ft}^3 \text{ untuk material steel (Brownell and Young, 1959)}$$

$$\pi = \text{konstanta } (= 3,14)$$

Maka :

$$S_2 = \frac{7,2063 \times 490}{144} = 24,5213 \text{ psi}$$

Tegangan total yang bekerja pada lantai :

$$S_t = S_1 + S_2$$

$$= 26,4115 \text{ psi}$$

Batas tegangan lantai yang diizinkan :

$$S_t < \text{tegangan bahan plat (f)} \times \text{efisiensi pengelasan (E)}$$

$$26,4115 \text{ psi} < (18750 \text{ psi}) \times (0,8)$$

$$26,4115 \text{ psi} < 15000 \text{ psi (memenuhi)}$$

Dimensi Pengaduk

$$\text{Diameter impeller (D}_i\text{)} = 1/3 D = 2 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi cairan (Z}_1\text{)} = V/A$$

$$= 4,1889 \text{ ft} = 1,2768 \text{ m}$$

$$\text{Putaran pengaduk (N)} = \frac{600 \times 0,3048}{\pi \times D_i} \sqrt{\frac{WELH}{2 \times D_i}}$$

$$\text{Densitas soda kaustik} = 1044,4313 \text{ kg/m}^3 = 65,2017 \text{ lb/ft}^3$$

$$S_g = 1,0044$$

$$\begin{aligned} \text{WELH} &= Z_1 \times s_g \\ &= 1,3355 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Putaran pengaduk (N)} &= 99,8689 \text{ rpm} \\ &= 1,6645 \text{ rps} \end{aligned}$$

$$\text{Viskositas campuran} = 0,0196 \text{ kg/m menit}$$

$$\begin{aligned} N_{\text{Re}} &= \frac{N \times D_i^2 \times \rho}{\mu} \\ &= 32915,9349 \end{aligned}$$

Berdasarkan viskositas campuran $< 10 \text{ kg/m s}$ maka dipilih jenis impeller yaitu *six blade turbine*.

Dari gambar 477 Brown, 1950 hal 507 diperoleh $N_p = 0,9$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga Power (P}_o\text{)} &= N_p \times \rho \times N^3 \times D_i^5 \\ &= 0,4894 \text{ hp} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi} = 0,80\%$$

$$\text{Power motor} = 0,6118 \text{ hp} \approx 1 \text{ HP}$$

Tabel D.19. Spesifikasi Tangki NaOH (TI-403)

Alat	Tangki NaOH
Kode	TI-403
Fungsi	Menampung larutan kimia yaitu NaOH konsentrasi 90% volum sebagai injeksi ke bak penggumpal dan regeneran resin penukar kation selama 7 hari.
Bentuk	Silinder tegak (vertical)
Kapasitas	3,3521 m ³
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 1,8288 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 2,7432 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = 5/16 in Tebal atap = 3/8 in
Pengaduk	<i>Six blade turbine</i> Diameter pengaduk = 0,6096 m Power = 1 HP
Tekanan Desain	41,6118 psi
Bahan konstruksi	<i>SA 167 Grade 3 Type 304</i>
Jumlah	1 buah

17. Tangki Alum (TI-401)

Fungsi : Menampung larutan kimia yaitu alum konsentrasi 26% volum sebagai injeksi ke diinjeksikan ke dalam bak penggumpal selama 7 hari

Kondisi Operasi :

- Temperatur : 30 °C
- Tekanan : 1 atm

Tipe : Tangki silinder vertikal yang dilengkapi pengaduk

Dengan perhitungan yang sama dengan F-403 maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

Tabel D.20. Spesifikasi Tangki Alum (TI-401)

Alat	Tangki Alum
Kode	TI-401
Fungsi	Menampung larutan kimia yaitu alum konsentrasi 26% volum sebagai injeksi ke diinjeksikan ke dalam bak penggumpal selama 7 hari
Bentuk	Silinder vertical
Kapasitas	8,5402 m ³
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 2,4384 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 1,8288 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = ¼ in Tebal atap = ¼ in
Pengaduk	Marine propeller Diamater pengaduk = 0,6096 m Power = 2,5 hp
Tekanan Desain	17,0077 psi
Bahan konstruksi	SA 167 Grade 3 Type 304
Jumlah	1 Buah

18. Tangki Klorin (TI-402)

Fungsi : Menampung larutan kimia yaitu klorin yang akan diinjeksikan ke dalam bak penggumpal dengan penyimpanan selama 7 hari

Kondisi Operasi :

- Temperatur : 30 °C
- Tekanan : 1 atm

Tipe : Tangki silinder vertikal yang dilengkapi pengaduk

Dengan perhitungan yang sama dengan F-403 maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

Tabel D.21. Spesifikasi Tangki Klorin (TI-402)

Alat	Tangki Klorin
Kode	TI-402
Fungsi	Menampung larutan klorin yang akan diinjeksikan ke dalam bak penggumpal selama 7 hari
Bentuk	Silinder vertical
Kapasitas	13,3440 m ³
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 3,0480 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 1,8288 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = 1/4 in Tebal atap = 1/4 in
Tekanan Desain	17,0167 psi
Bahan konstruksi	SA 167 Grade 3 Type 304
Jumlah	1 Buah

19. Tangki Na₃PO₄ (TI-404)

Fungsi : Menampung larutan kimia yaitu Na₃PO₄ sebagai injeksi ke *cooling tower*.

Kondisi Operasi :

- Temperatur : 30 °C
- Tekanan : 1 atm

Tipe Tangki : silinder tegak (vertikal)

Dengan perhitungan yang sama dengan TI-403 maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut

Tabel D.22. Spesifikasi Tangki Na₃PO₄ (TI-404)

Alat	Tangki Na ₃ PO ₄
Kode	TI-404
Fungsi	Menampung larutan kimia sebagai injeksi ke <i>cooling tower</i> selama 7 hari
Bentuk	Silinder tegak (vertical)
Kapasitas	1,1579 m ³
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 1,0160 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 1,5240m Tebal <i>shell</i> (t _s) = 5/16 in Tebal <i>head</i> (t _h) = 7/16 in
Desain pengaduk	Jenis = six flate blade turbine Diameter = 0,3387 m Daya motor = 5,5 hp
Tekanan Desain	87,3385 psi
Bahan konstruksi	SA 167 Grade 3 Type 304
Jumlah	1 Buah

20. Tangki Dispersan (TI-405)

Fungsi : Menampung larutan kimia yaitu *dispersant* sebagai injeksi ke *cooling tower*.

Kondisi Operasi :

- Temperatur : 30 °C
- Tekanan : 1 atm

Tipe Tangki : silinder tegak (vertikal)

Perhitungan sama dengan perhitungan di tangki TI-403 diatas.

Tabel D.23. Spesifikasi Tangki Dispersan (TI-405)

Alat	Tangki Dispersan
Kode	TI-404
Fungsi	Menampung larutan kimia yaitu <i>dispersan</i> sebagai injeksi ke <i>cooling tower</i> .selama 7 hari
Bentuk	Silinder tegak (vertical)
Kapasitas	14,6883 m ³
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 2,5400 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 3,8100 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = 5/8 in Tebal <i>head</i> (t _h) = 3/4 in
Desain pengaduk	Jenis = six flate blade turbine Diameter = 0,8467 m Daya motor = 2,5 hp
Tekanan Desain	80,9358psi
Bahan konstruksi	SA 167 Grade 3 Type 304
Jumlah	1 Buah

21. Tangki Kaporit (TI-406)

Fungsi : Menampung larutan kimia yaitu kaporit sebagai injeksi ke *cooling tower* .

Kondisi Operasi :

- Temperatur : 30 °C
- Tekanan : 1 atm

Tipe Tangki : silinder tegak (vertikal)

Perhitungan sama dengan perhitungan di tangki TI-403 diatas.

Tabel D.24. Spesifikasi Tangki Kaporit (TI-406)

Alat	Tangki Kaporit
Kode	TI-406
Fungsi	Menampung larutan kimia yaitu kaporit sebagai injeksi ke cooling tower selama 7 hari
Bentuk	Silinder tegak (vertical)
Kapasitas	14,4000 m ³
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 2,5400m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 3,8100 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = 5/8 in Tebal <i>head</i> (t _h) = 3/4 in
Desain pengaduk	Jenis = six flate blade turbine Diameter = 0,4233 m Daya motor = 2,5 hp
Tekanan Desain	80,7835 psi
Bahan konstruksi	SA 167 Grade 3 Type 304
Jumlah	1 Buah

22. Tangki Asam Sulfat (TI-407)

Fungsi : Menampung larutan kimia yaitu asam sulfat sebagai injeksi ke *cooling tower* dan cation exchanger.

Kondisi Operasi :

- Temperatur : 30 °C
- Tekanan : 1 atm

Tipe Tangki : silinder tegak (vertikal)

Perhitungan sama dengan perhitungan di tangki TI-403 diatas.

Tabel D.25. Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (TI-407)

Alat	Tangki Asam Sulfat
Kode	TI-407
Fungsi	Menampung larutan kimia yaitu asam sulfat sebagai injeksi ke <i>cooling tower</i> dan cation exchanger selama 7 hari
Bentuk	Silinder tegak (vertical)
Kapasitas	4,8038 m ³
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 1,8288 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 1,8288 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = 3/16 in Tebal <i>head</i> (t _h) = 3/16 in
Tekanan Desain	16,2170 psi
Bahan konstruksi	SA 167 Grade 3 Type 304
Jumlah	1 Buah

23. Tangki Hidrazin (TI-408)

Fungsi : Menampung larutan kimia yaitu hidrazin sebagai injeksikan ke dalam *deaerator* selama 7 hari.

Kondisi Operasi :

- Temperatur : 30 °C
- Tekanan : 1 atm

Tipe : Tangki silinder vertikal yang dilengkapi pengaduk

Dengan perhitungan yang sama dengan TI-403 maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

Tabel D.26. Spesifikasi Tangki hidrazin (TI-408)

Alat	Tangki hidrazin
Kode	TI-408
Fungsi	Menampung larutan kimia yaitu hidrazin sebagai injeksikan ke dalam deaerator selama 7 hari.
Bentuk	Silinder vertical
Kapasitas	13,6692 m ³
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 3,9624 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 3,9624 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = 5/16 in Tebal head = 7/16 in
Tekanan Desain	22,3972 psi
Bahan konstruksi	SA 167 Grade 3 Type 304
Jumlah	1 Buah

24. Tangki Air Proses (TP-406)

Fungsi : Tempat penyimpanan air untuk keperluan air proses

Kondisi Operasi :

- Temperatur : 30 °C
- Tekanan : 1 atm

Tipe Tangki : silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (*flat bottom*) dan atap (*head*) berbentuk kerucut (*conical*).

Dengan perhitungan yang sama dengan Tangki Air Filter maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

Tabel D.27. Spesifikasi Tangki Air Proses (TP-406)

Alat	Tangki Air Proses
Kode	TP-406
Fungsi	Tempat penyimpanan air untuk keperluan proses
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>
Kapasitas	60,0480 m ³
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 4,5720 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 3,6576 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = 5/16 in Tinggi head = 0,2568 m Tebal lantai = 3/16 in, bentuk <i>plate</i>
Tutup atas	Bentuk <i>conical</i>
Tekanan Desain	19,3282 psi
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 Buah

25. Pompa Utilitas (PU – 401)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C.23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 01 sebagai berikut:

Tabel D.28. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 401)

Alat	Pompa
Kode	PU- 401
Fungsi	Mengalirkan air sungai ke bak sedimentasi sebanyak 26,9138 m ³ /jam
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	118,4930 gpm
Dimensi	NPS = 2 in ID = 2,067 in = 0,0508 m OD = 2,38 in = 0,0525 m <i>Flow Area</i> = 3,35 in ² = 0,0022 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	3,2122 hp
NPSH	9,9515 m
Jumlah	2 Buah (1 cadangan)

26. Pompa Utilitas (PU – 402)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C.23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 02 (PU–402) sebagai berikut:

Tabel D.29. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU –4 02)

Alat	Pompa
Kode	PU –402
Fungsi	Mengalirkan air dari bak sedimentasi ke bak penggumpal .
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	118,4930 gpm
Dimensi	NPS = 2 in ID = 2,067 in = 0,00508 m OD = 2,38 in = 0,0525 m <i>Flow Area</i> = 3,35 in ² = 0,0022 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	3,2119 hp
NPSH	9,9512 m
Jumlah	2 Buah (1 cadangan)

27. Pompa Utilitas (PU – 403)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C.23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 03 (PU – 403) sebagai berikut:

Tabel D.30. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU- 403)

Alat	Pompa
Kode	PU – 403
Fungsi	Mengalirkan alum dari tangki alum ke .bak penggumpal
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	0,0986 gpm
Dimensi	NPS = 0,125 in ID = 0,269 in = 0,0068 m OD = 0,405 in = 0,0103 m <i>Flow Area</i> = 0,058 in ² = 0,00004 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	0,0019 hp
NPSH	0,0880 m
Jumlah	2 Buah (1 cadangan)

28. Pompa Utilitas (PU – 404)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C. 23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 04 (PU– 404) sebagai berikut:

Tabel D.31. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU– 404)

Alat	Pompa
Kode	PU – 404
Fungsi	Mengalirkan klorin dari tangki klorin ke bak penggumpal.
Jenis	<i>Centrifugal pump, single ,suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	1,5641 gpm
Dimensi	NPS = 0,125 in ID = 0,269 in = 0,0068 m OD = 0,405 in = 0,0103 m <i>Flow Area</i> = 0,058 in ² = 0,00004 m ² <i>Sch</i> = 40
Power motor	0,1646 hp
NPSH	0,5558 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

29. Pompa Utilitas (PU – 405)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C. 23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 05 (PU – 405) sebagai berikut:

Tabel D.32. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 405)

Alat	Pompa
Kode	PU – 405
Fungsi	Mengalirkan NaOH dari tangki NaOH menuju bak pengumpul dan anion exchanger
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	0,5222 gpm
Dimensi	NPS = 0,125 in ID = 0,269 in = 0,0068 m OD = 0,405 in = 0,0103 m Flow Area = 0,058 in ² = 0,00004 m ² Sch = 40 in
Power motor	0,0139 hp
NPSH	0,2675 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

30. Pompa Utilitas (PU – 406)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C. 23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 06 (PU – 406) sebagai berikut :

Tabel D.33 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 406)

Alat	Pompa
Kode	PU – 406
Fungsi	Mengalirkan air dari bak penggumpal menuju clarifier.
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	118,4930 gpm
Dimensi	NPS = 2,5 in ID = 2,469 in = 0,063 m OD = 2,88 in = 0,073 m <i>Flow Area</i> = 4,79 in ² = 0,003 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	1,9974 hp
NPSH min	9,9512 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

31. Pompa Utilitas (L – 407)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C.23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 07 (PU – 407) sebagai berikut:

Tabel D.34. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 407)

Alat	Pompa
Kode	PU – 407
Fungsi	Mengalirkan air dari clarifier menuju sand filter
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	118,4875 gpm
Dimensi	NPS = 2,5 in ID = 2,469 in = 0,063 m OD = 2,88 in = 0,073 m <i>Flow Area</i> = 4,79 in ² = 0,003 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	1,9995 hp
NPSH	9,9509 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

32. Pompa Utilitas (PU – 408)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C. 23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 08 (PU – 408) sebagai berikut:

Tabel D.35. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 408)

Alat	Pompa
Kode	PU- 408
Fungsi	Mengalirkan air dari sand filter ke tangki penampungan air filter
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	118,4698 gpm
Dimensi	NPS = 2,5 in ID = 2,469 in = 0,063 m OD = 2,88 in = 0,073 m <i>Flow Area</i> = 4,79 in ² = 0,003 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	1,9989 hp
NPSH	9,9500 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

33. Pompa Utilitas (PU – 409)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C. 23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 09 (PU– 409) sebagai berikut:

Tabel D.36. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 409)

Alat	Pompa
Kode	Pu- 409
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki air filter menuju tangki air domestic dan tangki hidran
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	15,1091 gpm
Dimensi	NPS = 0,75 in ID = 0,8240 in = 0,0509 m OD = 1,05 in = 0,0267 m <i>Flow Area</i> = 0,534 in ² = 0,0003 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	1,8348 hp
NPSH	2,5210 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

34. Pompa Utilitas (L – 410)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C. 23 (L-210), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 10 (L – 410) sebagai berikut:

Tabel D.37. Spesifikasi Pompa Utilitas (L –410)

Alat	Pompa
Kode	L – 410
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki penampungan air filter menuju cooling tower dan cation exchanger
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	103,3890 gpm
Dimensi	NPS = 2,5 in ID = 2,469 in = 0,063 m OD = 2,88 in = 0,073 m <i>Flow Area</i> = 4,79 in ² = 0,003 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	2,2758 hp
NPSH	9,0865 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

35. Pompa Utilitas (PU – 411)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C. 23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 11 (PU – 411) sebagai berikut:

Tabel D.38. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 411)

Alat	Pompa
Kode	PU – 411
Fungsi	Mengalirkan air dari <i>hot basin</i> menuju cooling tower
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	373,7564 gpm
Dimensi	NPS = 4 in ID = 4,026 in = 0,1023 m OD = 4,5 in = 0,1143 m <i>Flow Area</i> = 12,7 in ² = 0,0082 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	6,2877 hp
NPSH	21,4030 m
Jumlah	2 buah

36. Pompa Utilitas (PU – 412)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C. 23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 12 (PU – 412) sebagai berikut:

Tabel D.39. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 412)

Alat	Pompa
Kode	PU – 412
Fungsi	Mengalirkan natrium pospat dari tangki Natrium pospat menuju cooling tower
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	1,5641 gpm
Dimensi	NPS = 0,125 in ID = 0,269 in = 0,0068 m OD = 0,405 in = 0,0103 m <i>Flow Area</i> = 0,058 in ² = 0,00002 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	0,0519 hp
NPSH	0,5558 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

37. Pompa Utilitas (PU – 413)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C. 23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 13 (PU– 413) sebagai berikut:

Tabel D.40. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 413)

Alat	Pompa
Kode	PU– 413
Fungsi	Mengalirkan dispersan dari tangki dispersan menuju cooling tower
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	1,5641 gpm
Dimensi	NPS = 0,25 in ID = 0,364in = 0,0092 m OD = 0,54 in = 0,0137 m <i>Flow Area</i> = 1,04 in ² = 0,0001 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	0,0858 hp
NPSH	0,5558 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

38. Pompa Utilitas (PU – 414)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C. 423 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 14 (PU –414) sebagai berikut:

Tabel D.41. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 414)

Alat	Pompa
Kode	PU – 414
Fungsi	Mengalirkan kaporit dari tangki kaporit menuju cooling tower
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	1,5641 gpm
Dimensi	NPS = 0,25 in ID = 0,364in = 0,0092 m OD = 0,54 in = 0,0137 m <i>Flow Area</i> = 1,04 in ² = 0,0001 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	0,0858 hp
NPSH	0,5558 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

39. Pompa Utilitas (PU – 415)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C. 23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 15 (PU – 415) sebagai berikut:

Tabel D.42 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 415)

Alat	Pompa
Kode	PU – 415
Fungsi	Mengalirkan asam sulfat menuju cooling tower dan anion exchanger
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	1,5641 gpm
Dimensi	NPS = 0,125 in ID = 0,269 in = 0,0068 m OD = 0,405 in = 0,0103 m <i>Flow Area</i> = 0,058 in ² = 0,00002 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	0,0652 hp
NPSH	0,5558 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

40. Pompa Utilitas (PU – 416)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C. 23 (L-210), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 16 (L – 416) sebagai berikut:

Tabel D.43 Spesifikasi Pompa Utilitas (L – 416)

Alat	Pompa
Kode	PU – 416
Fungsi	Mengalirkan air dari Cooling Tower menuju Cold Basin
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	448,5077 gpm
Dimensi	NPS = 6 in ID = 6,065 in = 0,1541 m OD = 6,625 in = 0,1683 m <i>Flow Area</i> = 28,9 in ² = 0,0186 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	4,2049 hp
NPSH	24,1692 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

41. Pompa Utilitas (PU – 417)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C. 23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 17 (PU – 417) sebagai berikut:

Tabel D.44. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU –417)

Alat	Pompa
Kode	PU – 417
Fungsi	Mengalirkan air dari Cold Basin yang selanjutnya dipakai sebagai air pendingin
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	448,5077 gpm
Dimensi	NPS = 6 in ID = 6,065 in = 0,1541 m OD = 6,625 in = 0,1683 m <i>Flow Area</i> = 28,9 in ² = 0,0186 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	4,2049 hp
NPSH	24,1692 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

42. Pompa Utilitas (PU – 418)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C. 23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 18 (PU – 418) sebagai berikut:

Tabel D.45. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 418)

Alat	Pompa
Kode	PU- 418
Fungsi	Mengalirkan air dari cation exchanger menuju anion exchanger
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, multi stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	28,6377 gpm
Dimensi	NPS = 1,25 in ID = 1,38 in = 0,0351 m OD = 1,66 in = 0,0422 m <i>Flow Area</i> = 1,5 in ² = 0,0010 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	0,7038 hp
NPSH	3,8611 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

43. Pompa Utilitas (PU –419)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C. 23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 19 (PU – 419) sebagai berikut:

Tabel D.46. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 419)

Alat	Pompa
Kode	PU- 419
Fungsi	Mengalirkan air dari anion exchanger menuju Tangki Air Demin
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>SA 167 Grade 3 Type 304</i>
Kapasitas	28,6377 gpm
Dimensi	NPS = 1,25 in ID = 1,38 in = 0,0351 m OD = 1,66 in = 0,0422 m <i>Flow Area</i> = 1,5 in ² = 0,0010 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	0,7038 hp
NPSH	3,6811 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

44. Pompa Utilitas (PU – 420)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C.23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 20 (PU– 420) sebagai berikut:

Tabel D.47 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU– 420)

Alat	Pompa
Kode	PU – 420
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki air Demin menuju Deaerator dan tangki air proses
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>SA 167 Grade 3 Type 304</i>
Kapasitas	28,6377 gpm
Dimensi	NPS = 1,25 in ID = 1,38 in = 0,0351 m OD = 1,66 in = 0,0422 m <i>Flow Area</i> = 1,5 in ² = 0,0010 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	0,7038 hp
NPSH	3,6811 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

45. Pompa Utilitas (PU – 421)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C. 23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 21 (PU– 421) sebagai berikut:

Tabel D.48. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU– 421)

Alat	Pompa
Kode	PU – 421
Fungsi	Mengalirkan hidrazin dari tangki hidrazin menuju Deaerator
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>SA 167 Grade 3 Type 304</i>
Kapasitas	1,5641 gpm
Dimensi	NPS = 1,25 in ID = 1,38 in = 0,0351 m OD = 1,66 in = 0,0422 m <i>Flow Area</i> = 1,5 in ² = 0,0010 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	0,0060 hp
NPSH	0,0558 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

46. Pompa Utilitas (L – 422)

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pompa pada lampiran C. 23 (PP-201), maka diperoleh spesifikasi pompa utilitas 22 (PU – 422) sebagai berikut:

Tabel D.49. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 422)

Alat	Pompa
Kode	PU – 422
Fungsi	Mengalirkan air dari Deaerator menuju Tangki penampungan Air Boiler
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	30,0769 gpm
Dimensi	NPS = 1,25 in ID = 1,38 in = 0,0351 m OD = 1,66 in = 0,0422 m <i>Flow Area</i> = 1,5 in ² = 0,0010 m ² <i>Sch</i> = 40 in
Power motor	0,4154 hp
NPSH	3,9894 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

B. Unit Pengadaan *Steam*

Steam jenuh yang diperlukan untuk mengakomodasi seluruh proses dalam pabrik ini adalah 4729,6635 kg/jam = 10.427,0161 lb/jam

- *Steam* yang dihasilkan :

Tekanan = 9603,6 kPa

Temperatur = 308 °C

Dari Tabel A.29 Geankoplis diperoleh :

Entalpi cair = 1.345,1 kJ/kg = 321,4870 kkal/kg

Entalpi uap = 2.751 kJ/kg = 657,5055 kkal/kg

Panas laten = 1.405,9 kJ/kg = 336,0185 kkal/kg

Bahan bakar yang digunakan adalah solar.

Kebutuhan bahan bakar adalah sebagai berikut :

$$m_f = \frac{m_s (h - h_f)}{e_b \times F} \quad (\text{Severn, Edisi kelima, hal. 142})$$

Keterangan :

m_f = massa bahan bakar yang dipakai, lb/jam

m_s = massa uap yang dihasilkan, lb/jam

h = entalpi dari uap air

h_f = entalpi dari liquid

$h - h_f = \lambda =$ panas laten

e_b = efisiensi boiler

= 80%

F = Nilai kalor bahan bakar

=18778 Btu/lb

$$\begin{aligned} \text{Maka, } m_f &= 419,81 \text{ lb/jam} \\ &= 190,42 \text{ kg/jam} \\ &= 0,22 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Hp boiler :

$$\begin{aligned} \text{Hp} &= \frac{m_s (h - h_f)}{970,3 \times 34,5} && (\text{Severn, Edisi kelima, hal. 142}) \\ &= 188,40 \text{ hp} \end{aligned}$$

- Menghitung kapasitas boiler

Tahap pemanasan :

$$T_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 308 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = \frac{m_s (h - h_f)}{1000} \quad (\text{Severn, 5ed. Pp. 139})$$

$$= 6306,6072 \text{ btu/jam}$$

$$\text{Densitas air pada } 30^\circ\text{C} = 997 \text{ kg/m}^3 = 62,2407 \text{ lb/ft}^3$$

Kebutuhan air = 1,2 x jumlah steam

$$= 12.512,4193 \text{ lb/jam}$$

$$= 5675,5383 \text{ kg/jam}$$

Kapasitas Boiler (Q) = 6.306,6072 Btu /jam

- Menentukan luas perpindahan panas

$$\begin{aligned} \text{Daya yang dibutuhkan} &= \frac{Q}{990,3 \times 34,5} \\ &= 188,40 \text{ hp} \end{aligned}$$

Luas perpindahan panas $10 \text{ ft}^2/\text{hp}$. (Severn, hal 140)

Luas perpindahan panas yang dibutuhkan = 1.883,96 ft²

Tabel. D.50 Spesifikasi Boiler (BO-501)

Alat	<i>Boiler</i>
Kode	BO- 501
Fungsi	Menghasilkan <i>high pressure steam</i> untuk keperluan proses
Tipe	<i>Water tube boiler</i>
<i>Heating surface</i>	1.883,96 ft ²
Kapasitas	6.306,6072 Btu/jam
<i>Power</i>	188,40 hp

- **Blower Steam (BL-501)**

Fungsi : Mengalirkan *high pressure steam* dari boiler- 501
(BO- 501) ke unit proses

Kondisi *steam* masuk :

Tekanan , $P_1 = 9603,60 \text{ KPa} = 94,7802 \text{ atm}$

Temperatur, $T_1 = 308 \text{ }^\circ\text{C} = 581 \text{ K}$

Kondisi *steam* keluar :

Tekanan, $P_2 = 9603,60 \text{ KPa} = 94,7802 \text{ atm}$

$\rho_{\text{steam}} = 0,5492 \text{ kg/m}^3$

Untuk kompresi adiabatik : (Pers 10-66a, Perry's Handbook, 1999:10-39)

$$kW_{\text{ad}} = 2,78 \times 10^{-4} \frac{k}{k-1} \cdot Q_1 \cdot P_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\left(\frac{k-1}{k} \right)} - 1 \right]$$

Di mana:

Q_1 = laju alir massa *steam*, m³/jam

$$= 4729,66 \text{ kg/jam} = 8611,76 \text{ m}^3/\text{jam} = 5068,69 \text{ ft}^3/\text{menit}$$

$$P_1 = \text{tekanan masuk} = 9603,60 \text{ KPa} = 94,7802 \text{ atm}$$

$$P_2 = \text{tekanan keluar} = 9603,60 \text{ KPa} = 94,7802 \text{ atm}$$

k = rasio *specific heat* pada tekanan konstan

$$= 1,395 \quad (\text{Perry's Handbook, 1999:10-41})$$

$$kW_{ad} = 0,48 \text{ kW}$$

Efisiensi *blower* 40-80 % (Perry's 1999:10-46)

Diambil efisiensi = 80%

$$= 0,6 \text{ kW} = 0,8 \text{ hp}$$

Temperatur keluar:

$$T_2 = T_1 (p_2/p_1)^{(k-1)/k} \quad (\text{Pers 10-67, Perry's, 1999:10-39})$$

$$= 581 \text{ K} = 308 \text{ }^\circ\text{C}$$

Tabel D.51. Spesifikasi Blower (BL-501)

Alat	Blower
Kode	BL-501
Fungsi	Mengalirkan <i>high pressure steam</i> dari Boiler ke proses
Tipe	<i>Centrifugal Blower</i>
Kapasitas	5068,69 ft ³ /min
Power motor	0,8 hp
Jumlah	1 buah

C. Unit Penyedia Udara Instrumentasi

Unit penyedia udara instrumentasi berfungsi menyediakan udara kering untuk proses pendinginan di Rotary Cooler (RC-101) dan pengeringan di Rotary Dryer (RD-301).

- **Blower (BL-601)**

Fungsi : Mengalirkan udara ke *Air Dryer*

Tipe : *Sentrifugal Blower*

Diketahui:

Laju massa udara = $201,600 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,065 \text{ kg/s}$

$T_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

$P_1 = 1 \text{ atm}$

$P_2 = 1,5 \text{ atm}$

$v = 22,414 \text{ m}^3$

Densitas udara pada *suction*:

$$\rho_1 = \left(28,97 \frac{\text{kg udara}}{\text{kgmol}} \right) \left(\frac{1 \text{ kgmol}}{22,414 \text{ m}^3} \right) \left(\frac{273,2}{303} \right) \left(\frac{760}{760} \right) = 1,1645 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_2 = 1,1645 \times \left(\frac{1,5}{1} \right) = 1,7468 \text{ vkg/m}^3$$

$$\text{average density, } \rho_{avg} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} = 1,4557 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Developed Pressure Head} = \frac{P_2 - P_1}{\rho_{AV}} \quad (\text{Geankoplis, 1993, hal 138})$$

$$= \frac{(1,5-1) \text{ atm}}{1 \text{ atm}} \left(1,01325 \times 10^5 \frac{\text{N/m}^2}{\text{atm}} \right) \left(\frac{1}{1,4557 \text{ kg/m}^3} \right)$$

$$= 34803,864 \text{ J/kg}$$

Lampiran D. Perhitungan Utilitas

Prarancangan Pabrik Precipitated Calcium Carbonate dari Batu Kapur Kapasitas 50.000 ton/tahun

Velocity head, untuk $v_1 = 0$ adalah:

$$\frac{v_2^2}{2} = \frac{45,7^2}{2} = 1044 \text{ J / kg}$$

Mechanical energy balance:

$$z_1 g + \frac{v_1^2}{2} + \frac{P_1}{\rho} - W_s = z_2 g + \frac{v_2^2}{2} + \frac{P_2}{\rho} + \Sigma F \quad (\text{Geankoplis, 1993, hal 138})$$

Asumsi:

$z_1 = z_2 = 0$, $v_1 = 0$, dan $\Sigma F = 0$, maka:

$$\begin{aligned} -W_s &= \frac{P_2 - P_1}{\rho_{AV}} + \frac{v_2^2}{2} \\ &= (34803,864 + 1044) \text{ J/kg} \\ &= 35847,864 \text{ J/kg} = 35,8479 \text{ KJ/kg} \end{aligned}$$

Efisiensi, $\eta = 40 - 70 \%$ (Geankoplis, 1993, hal 137)

Diambil, $\eta = 70 \%$

$$\text{Brake kW} = \frac{-W_s \times m}{\eta \times 550}$$

$$\text{Brake kW} = \frac{-35,8479 \text{ KJ / kg} \times 2,0885 \text{ kg / s}}{0,7 \times 550}$$

$$= 4,49 \text{ Hp}$$

$$= 5 \text{ Hp}$$

Tabel D.52 Spesifikasi Blower (BL – 601)

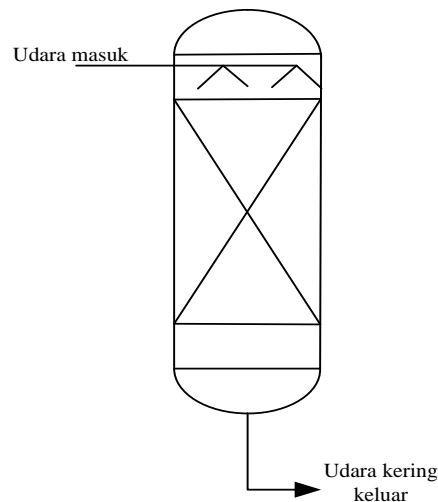
Alat	<i>Blower</i>
Kode	BL – 601
Jenis	Sentrifugal
Fungsi	Mengalirkan udara ke <i>Air Dryer</i>
Kapasitas	201,6000 m ³ /jam
Dimensi	-Ws = 35847,864 J/kg Power = 5 hp
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 buah

- ***Air Dryer (AD – 601)***

Fungsi : Menyerap H₂O didalam udara.

Jenis : Silinder tegak dengan tutup *torishperical*.

Bahan : *Carbon stell*



Gambar D.6. *Air Dryer* :

Diketahui data :

Physical properties silica gel (Perry's 7th, 1984):

- *Shape of particle* : *Granular, powder.*

- *Size range, U.S. Standard mesh* : *Various.*

Lampiran D. Perhitungan Utilitas

Prarancangan Pabrik Precipitated Calcium Carbonate dari Batu Kapur kapasitas 50.000 ton/tahun

- *Internal porosity* : 38 – 48 %
- *Bulk density* : 0,70 – 0,82 $\frac{\text{kg}}{\text{L}}$
- *Average pore diameter* : 2 – 5 nm
- *Surface area* : 0,6 – 0,8 $\frac{\text{km}^2}{\text{kg}}$
- *Sorptive capacity* : 0,35 – 0,65 $\frac{\text{kg adsorbate}}{\text{kg adsorbent}}$

1. Menentukan Tinggi dan diameter Air Dryer

Sorptive capacity merupakan kemampuan menyerap dari zat penyerap (*adsorbent*) dalam hal ini silika gel terhadap zat yang akan diserap (*adsorbate*) dalam hal ini air dari dalam udara.

Diketahui bahwa *sorptive capacity* silika gel adalah : $0,5 \frac{\text{kg air}}{\text{kg silika gel}}$

Jumlah udara masuk adalah udara yang mengandung uap air,

$$\begin{aligned} \text{Udara masuk} &= \text{udara pendingin} + \text{udara instrumen} \\ &= 6264,8506 + 201,6000 \\ &= 6005,2388 \text{ kg/jam udara} \end{aligned}$$

$$\text{Relatif humidity} = 80\%$$

$$\text{Humidity} = 0,022 \text{ (kg H}_2\text{O udara kering) (Badger Banchemo)}$$

$$\text{H}_2\text{O dalam udara} = 0,022 (6005,2388 \text{ kg/jam}) = 143,0053 \text{ kg/jam}$$

Dari *sorptive capacity* diperoleh :

1 kg silika gel menyerap 0,5 kg air, berarti untuk menyerap 143,0053 kg

$$\text{dibutuhkan silika gel sebanyak : } \frac{143,0053}{0,5} = 286,0105 \text{ kg silika gel/jam}$$

Bila di inginkan umur silika 1 bulan (720 jam) maka jumlah silika yang dibutuhkan = 205927,5643 kg silika gel,

$$\text{Bulk density silika gel} : 700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Volume silika gel} = \frac{205927,5643 \text{ kg}}{700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 294,1822 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume kolom} = A \times L$$

$$\text{Diketahui L/D} = 2 - 4 \quad (\text{Walas, hal 70})$$

$$\text{Diambil L/D} = 3 ; D = \frac{1}{3}L$$

$$\text{Volume kolom} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L$$

$$= \frac{\pi}{4} \times \left(\frac{1}{3}L\right)^2 \times L = \frac{\pi}{36} \times L^3$$

Volume silika gel = volume kolom

$$294,1822 \text{ m}^3 = \frac{\pi}{36} \times L^3$$

$$L = \sqrt[1/3]{\frac{294,1822 \times 36}{\pi}} = 14,9967 \text{ m}$$

$$D = \frac{1}{3}L$$

$$D = \frac{1}{3} \times 14,9967 = 4,9989 \text{ m}$$

Asumsi : Tinggi distributor udara didalam kolom = 1 m

Maka tinggi kolom = 14,9967 m + 1 m

$$= 15,9967 \text{ m}$$

2. Menentukan tebal silinder Air Dryer

Asumsi :

1. Tekanan ke arah dinding kolom diabaikan karena ukuran dari material silika gel sangat kecil (*powder*).
2. Tekanan didalam kolom terjadi akibat gaya gravitasi yaitu berupa tekanan hidrostatik saja.

$$P_{\text{hidrostatik}} = \rho \times g \times H$$

Keterangan:

$$\rho \quad : \text{Bulk density, } \frac{kg}{m^3}$$

$$g \quad : \text{Tetapan gravitasi, } 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$H \quad : \text{Tinggi kolom, m}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{hidrostatik}} &= 700 \frac{kg}{m^3} \times 9,8 \frac{m}{s^2} \times 15,9967 \text{ m} \\ &= 109737,5345 \frac{kg}{ms^2} \\ &= 15,6083 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{desain}} &= P_{\text{ops}} + P_{\text{hidrostatik}} \\ &= 14,7 \text{ psi} + 15,6083 \text{ psi} \\ &= 30,3083 \text{ psi} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan 14.34 Brownell & Young,

$$t = \frac{P \times D}{2 \times f \times E - 0,6P} + C$$

Keterangan:

f : 12.650 psia (Brownell and Young, Tabel 13.1, hal 251)

E : *Welded Joint Efficiency*

Dipilih *Double welded butt joint maximum efficiency*

berdasarkan Table 13.2 Brownell and Young = 80 %

P : Tekanan desain, psi

D : Diameter silinder, in

C : Korosi yang dipakai adalah faktor korosi terhadap udara
luar = 0,125 inci/10tahun (Peters n Timmerhaus, hal 542)

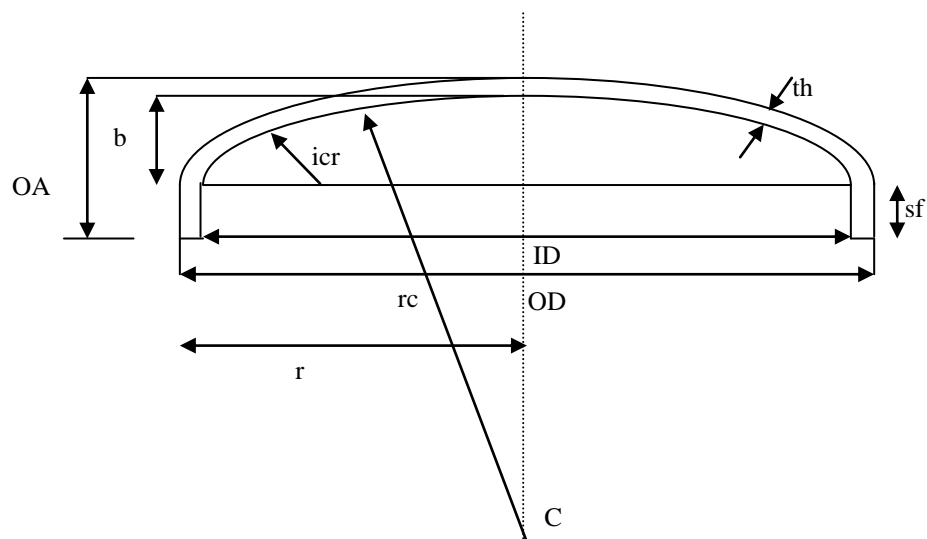
didapat

$t = 0,42$ in

maka dipilih tebal silinder kolom : $\frac{1}{2}$ in

3. Desain *head* dan *bottom*

Bentuk *head* dan *bottom* yang digunakan adalah *Torispherical and dished head*. Jenis *head* ini untuk tekanan 15 – 200 psi.



Gambar D.7. Torispherical and dished head.

Lampiran D. Perhitungan Utilitas

Prarancangan Pabrik Precipitated Calcium Carbonate dari Batu Kapur Kapasitas
50.000 ton/tahun

Keterangan :

t_h = Tebal *head*, in

I_{cr} = *Inside corner radius*, in

r = *Radius of dish*, in

sf = *Straight flange*, in

OD= *Diameter luar*, in

ID = *Diameter dalam*, in

b = *Depth of dish*, in

OA= *Tinggi head*, in

- **Tebal head (t_h)**

$$t_h = \frac{P \cdot r_c \cdot w}{2fE - 0,2P} + C \quad (\text{Brownell and Young, 1959, hal. 258})$$

Dimana :

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r_c}{i_{cr}}} \right) \quad (\text{Brownell and Young, 1959, hal. 258})$$

Keterangan :

t_h = Tebal head (in)

P = Tekanan desain (psi)

r_c = *Radius knuckle*, in

i_{cr} = *Inside corner radius* (in)

w = *stress-intensification factor*

E = *Effisiensi pengelasan*

C = *Faktor korosi* (in)

ODs = 197,8068 in distandarisasi = 204 in

Diketahui : $r_c = 170$ in, maka $icr = 12 \frac{1}{4}$ in

Maka :

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{130}{8}} \right) = 1,6813$$

Sehingga

$t_h = 0,5531$ in (dipakai plat standar $\frac{5}{8}$ in)

Untuk $t_h = \frac{5}{8}$ in, dari Tabel 5.8 Brownell and Young hal. 93, maka $sf = 1$

$\frac{1}{2} - 4$ in, dan direkomendasikan $sf = 3$ in.

- **Depth of dish (b)**

$$b = rc - \sqrt{(rc - icr)^2 - \left(\frac{ID}{2} - icr\right)^2} \quad (\text{Brownell and Young, 1959. hal.87})$$

$$= 37,8537 \text{ in}$$

- **Tinggi Head (OA)**

$$OA = t_h + b + sf \quad (\text{Brownell and Young, 1959. hal.87})$$

$$= \left(\frac{5}{8} + 37,8537 + 3 \right) \text{ in}$$

$$= 41,4787 \text{ in}$$

Tabel D.53 Spesifikasi Air Dryer (AD – 601)

Alat	<i>Air Dryer</i>
Kode	AD – 601
Fungsi	Menyerap H ₂ O dalam udara.
Jenis	Silinder tegak dengan <i>head</i> berbentuk <i>torishperical and dished head</i>
Dimensi	Diameter = 5 m Tinggi = 15 m
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 buah

- **Blower (BL- 602)**

Dengan perhitungan yang sama seperti pada G-601 maka diperoleh spesifikasi G-602 sebagai berikut.

Tabel D.54 Spesifikasi Blower (BL – 602)

Alat	<i>Blower</i>
Kode	BL – 602
Jenis	Sentrifugal
Fungsi	Mengalirkan udara ke proses
Kapasitas	201,6000 m ³ /jam
Dimensi	-Ws = 35847,864 J/kg Power = 5 hp
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 buah

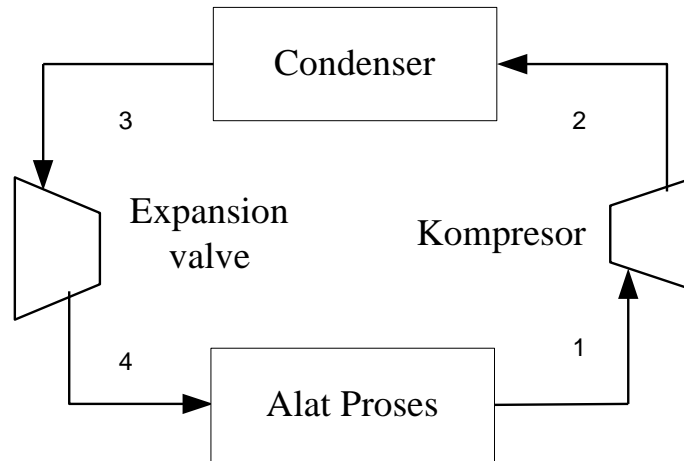
D. Unit Refrigerant

Unit ini bertugas untuk menyediakan *refrigerant* berupa amonia yang akan digunakan sebagai pendingin pada alat E-210 dan R-310.

Tabel D.55. Kebutuhan ammonia sebagai pendingin

No.	Alat	Massa ammonia, kg/jam
2	E-210	459,5621
3	R-310	4654,2602
Total		5113,8223

Sistem refrigerasi kompresi uap merupakan sistem/daur yang paling banyak digunakan dalam daur refrigerasi. Proses-proses yang membentuk daur kompresi uap adalah:



Gambar D.8. Siklus Refrigerasi

Keterangan :

- 1-2 Kompresi adiabatik dan reversible, dari uap jenuh menuju tekanan kondensor
- 2-3 Pelepasan kalor reversible pada tekanan konstan, terjadi penurunan panas lanjut (desuperheating) dan pengembunan refrigeran
- 3-4 Ekspansi irreversibel pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan proses.
- 4-1 Penambahan kalor reversible pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh

Amonia bertemperatur $-33,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ digunakan sebagai pendingin pada R-310 dan pada E-310. Setelah digunakan untuk mendinginkan dan mengembunkan maka amonia cair tersebut akan berubah fase menjadi amonia gas pada temperatur yang sama yaitu $-33,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan amonia tidak dapat digunakan lagi. Sebagai langkah penghematan maka amonia gas tersebut akan dirubah fasenya kembali sehingga kembali amonia cair

Ammonia bersirkulasi menggunakan konsep *liquifaction*, *liquifaction* adalah perubahan zat dari wujud gas ke bentuk cairan. Karena perubahan wujud zat sebanding dengan perbedaan jumlah energi dari molekul yang membentuk zat tersebut, maka energi panas harus diserap atau dilepas oleh zat tersebut sehingga dapat merubah keadaan wujud zat tersebut. Dengan demikian, perubahan zat dari padat ke cair atau dari cair ke gas memerlukan penambahan panas. Jika gas mengalami kompresi, panas akan terlepas dan berubah fasa menjadi cair, sehingga pendinginan ekstrem tidak mutlak diperlukan untuk pencairan gas. Pendinginan semacam ini ditemukan oleh Thomas Andrew pada tahun 1969. disebutkan bahwa setiap gas mempunyai temperatur kritis, dan apabila pencairan dilakukan diatas temperatur kritis maka gas tersebut tidak dapat dicairkan dan tidak berpengaruh berapapun tekanan diberikan.

Ketika gas tersebut dikompresi, molekul-molekul gas saling tarik-menarik dan *vibratory motion*. Makin berkurang, sehingga kalor pun terlepas. Pada proses kompresi, kecepatan molekul-molekul gas dan jarak antara molekul tersebut semakin dekat sampai akhirnya gas tersebut mengalami perubahan wujud menjadi cairan (Wikipedia, 2006)

Unit pengolahan amonia ini terdiri dari 1 buah kompresor untuk menaikkan tekanan amonia gas, 1 buah kondenser untuk merubah fase menjadi amonia cair, 1 buah expansion valve untuk menurunkan tekanan amonia cair dan 1 buah tangki untuk menampung amonia cair siap pakai.

Fresh feed Amonia sebanyak 5113,8223 kg/jam yang bertemperatur $-33,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan bertekanan 0,9972 atm dinaikkan tekanannya di kompresor amonia (CP-01) sampai tekanan 1 atm..Amonia cair keluaran CD-01 diturunkan tekanannya dengan menggunakan *expansion valve* EV-01 dan siap digunakan sebagai *refrigerant* untuk proses.

Alat- alat unit refrigerasi antara lain :

1. Compressor (CPR-701)

Fungsi : Untuk menaikkan tekanan Ammonia Refrigerant keluaran proses dari 0,9972 atm menjadi 1 atm

Tipe : *Single stage reciprocating compressor*

1. Menentukan Kondisi Operasi

$P_1 =$	0,9972 atm	= 101,0413 kPa
$P_2 =$	1,0000 atm	= 101,3250 kPa
$T_1 =$	$-33,5000\text{ }^{\circ}\text{C}$	= 239,6500 K

2. Menentukan Rasio Kompresi

$$R_c = \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right)^{1/2}$$

$$= 1,0014$$

Karena $R_c < 4$ maka stage yang digunakan adalah 1 buah

(Wallas 1990, pp 1

3. Menghitung Laju Alir Gas Masuk

$W =$	5113,8223 kg/jam
$\rho =$	681,5101 kg/m ³

Volumetrik gas masuk, Q_{in} :

$$Q_{in} = \frac{W}{\rho}$$

$$\begin{aligned} & 7,5037 \text{ m}^3/\text{jam} \\ & 264,9894 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ & 4,4165 \text{ ft}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

Faktor keamanan 10%, maka :

$$Q_{in} = 1,1 \times Q_{in}$$

$$\begin{aligned} & 8,2540 \text{ m}^3/\text{jam} \\ & 291,4883 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ & 4,8581 \text{ ft}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

4. Menghitung Temperatur Output

Nilai k = eksponen adiabatik diperoleh dari literatur *refrigeration and air conditioning* C.T Gasting, pp 127 yaitu sebesar 1,1430

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{(k-1)}{k}} \quad (\text{Pers 10-67, Perry's Handbook, 1997})$$

$$\begin{aligned} T_2 = & -33,5118 \text{ } ^\circ\text{C} \\ & 239,4882 \text{ K} \end{aligned}$$

5. Menghitung Power yang Dibutuhkan

$$hp = 2,78 \times 10^{-4} \frac{k}{k-1} \cdot Q_1 \cdot P_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{(k-1)}{k}} - 1 \right]$$

$$1,8532$$

$$0,0004$$

1,0004
(persamaan 10.66b,
Perry, 1999)

$$hp = \text{power, hp}$$

$$Q_{in} = \text{laju alir, ft}^3/\text{menit}$$

$$\begin{aligned} hp = & 0,0007 \text{ hp} \\ & 0,0005 \text{ kw} \end{aligned}$$

Efisiensi motor 80% :

$$\begin{aligned} \text{hp} &= 0,0008 \text{ hp} \\ &= 0,0006 \text{ kw} \end{aligned}$$

Tabel D.56.Spesifikasi Kompresor (CPR-701)

Alat	Kompresor
Kode	CPR-701
Fungsi	Untuk mengalirkan & menaikkan tekanan amonia dengan tekanan 0,9972 atm menjadi 1 atm.
Jenis	<i>Single stage reciprocating compressor.</i>
Dimensi	Jumlah stage : 1 stage
	Rasio kompresi : 1,0014
	Power motor : 0,0008 hp
	Material <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 Buah

2. Expansion Valve (EV- 701)

Fungsi : untuk menurunkan tekanan ammonia yang berasal dari condenser 01 dari 1 atm menjadi 0,9972 atm, sehingga ammonia menjadi gas

1. Kondisi Operasi

Suction :

$$\begin{aligned} T &= -33,5000 \text{ } ^\circ\text{C} \\ P &= 14,6959 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$F_v = 5113,8223 \text{ kg/jam}$$

Discharge :

$$\begin{aligned} T &= -33,5000 \text{ } ^\circ\text{C} \\ P &= 14,6548 \text{ Psi} \end{aligned}$$

$$F_v = 5113,8223 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ liquid} &= 681,5101 \text{ kg/m}^3 & 42,5453 \text{ lb/ft}^3 \\ \mu \text{ liquid} &= 0,2558 \text{ cp} & 0,0003 \text{ kg/m.s} \end{aligned}$$

2. Menghitung Laju Alir Volumetrik

$$Q = \frac{G_v}{\rho}$$

Lampiran D. Perhitungan Utilitas

Prarancangan Pabrik Precipitated Calcium Carbonate dari Batu Kapur kapasitas 50.000 ton/tahun

$$7,5037 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$0,0021 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$0,0736 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

3. Menghitung Diameter Valve

Untuk menentukan diameter *valve* dihitung dengan persamaan . 15 peter ed.3 :

$$D_i \text{ opt} = 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Keterangan :

$D_i \text{ opt}$	diamater dalam pipa opt (in)
Q	kecepatan volumetric (ft ³ /detik)
ρ	densitas bahan (lb/ft ³)

$$D_i \text{ opt} = 1,9631 \text{ in}$$

Dipilih pipa standar :

Karakteristik	In	m	ft
NPS	2	0,0508	0,1667
Sch	40,0000		
ID	2,0670	0,0525	0,1722
OD	2,3800	0,0605	0,1983
A	3,3500	0,0022	0,0233

4. Menentukan Bilangan Reynold (N_{Re})

Bilangan reynold (N_{Re}) dapat dihitung dengan persamaan (Geankoplis, 1993, pers.4.5-5) :

$$N_{Re} = \frac{\rho \times ID \times v}{\mu}$$

Keterangan :

N_{Re}	Bilangan Reynold
ρ	Densitas larutan (kg/m ³)
ID	Diameter dalam pipa (m)
v	Kecepatan aliran (m/s)
μ	Viskositas larutan (kg/m.s)

$$\text{Dimana : } v = \frac{Q}{A}$$

$$= 0,9644 \text{ m/detik}$$

$$N_{Re} = 134897,6989$$

$$\text{Diameter pipa} = 2,0670 \text{ in} \quad 0,0525 \text{ m}$$

$$\text{Roughness, } \varepsilon = 0,0002 \text{ (untuk pipa } \textit{comercial steel})$$

$$\varepsilon/D = 0,0029$$

$$\text{Dari fig.125 brown didapat } f = 0,0270$$

$$\Delta P/(\rho \cdot g \cdot c) = 0,0043 \text{ ft}$$

$$L_e = \frac{H \times \pi \times D^5}{8 \times f \times Q}$$

$$0,0001 \text{ ft}$$

Table D.57.Spesifikasi Expansion Valve

Alat	Expansion Valve
Kode	EV- 701
Fungsi	Menurunkan tekanan amonia cair keluaran kondenser dari tekanan 1 atm ke tekanan 0,9972 atm.
Kapasitas	5113,8223 kg/jam
Diameter Valve	0,0525 m
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel (austenitic)</i> AISI tipe 316
Jumlah	1 buah

3. Tangki Ammonia (T-701)

Fungsi :Tempat menyimpan ammonia sebagai refrigerant.

Kondisi operasi : Suhu = 30 °C

Tekanan = 0,9972 atm

Lampiran D.Perhitungan Utilitas

Prarancangan Pabrik Precipitated Calcium Carbonate dari Batu Kapur kapasitas 50.000 ton/tahun

Bentuk tangki : Silinder tegak dengan *head* berbentuk *torispherical flanged and dished head* dan *bottom* berbentuk plat datar (*flat*).

1. Menentukan kapasitas tangki

$$\text{Laju alir amonia} = 5.113,8223 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas} = 207,712 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Vol tangki} = 24,6198 \text{ m}^3 = 869,4344 \text{ ft}^3$$

2. Menentukan diameter dan tinggi tangki

$$\frac{H_s}{D} < 2 \quad (\text{Tabel 4.27 Ulrich, 1984})$$

$$\frac{H_s}{D} = 1,3, \text{ sehingga } H_s = 1,3 D$$

$$V_{\text{tangki}} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H_s$$

$$16.111,6752 \text{ ft}^3 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H_s$$

$$D = 23,0704 \text{ ft} = 7,0319 \text{ m}$$

$$H = D = 23,0704 \text{ ft} = 7,0319 \text{ m}$$

Dari Appendix E Brownel diameter dan Tinggi standar yang digunakan :

$$D = 23,5 \text{ ft} = 7,05 \text{ m} = 282 \text{ in}$$

$$H = 23,5 \text{ ft} = 7,05 \text{ m} = 282 \text{ in}$$

4. Menghitung tekanan desain tangki

$$P_{\text{operasi}} = 12 \text{ atm} = 176,4 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{hidrostatik}} &= \frac{\rho_{\text{mix}} \cdot \left(\frac{g}{g_c} \right) H_L}{144} \\
 &= \frac{12,9670 \times (1) \times 23,5}{144} = 2,1161 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Tekanan desain 5 – 10% di atas tekanan kerja normal (Coulson, 1983).

Tekanan desain diambil 10% di atas tekanan kerja normal.

$$\begin{aligned}
 P_{\text{desain}} &= 1,1 \times (P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}) \\
 &= 1,1 \times (176,4 + 2,1161) \\
 &= 196,3678 \text{ psi} \\
 &= 13,3584 \text{ atm}
 \end{aligned}$$

5. Menentukan tebal *shell*

$$t_s = \frac{Pd}{2(fE - 0,6P)} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959.hal.256})$$

- Keterangan :
- t_s = tebal *shell*, in
 - P = tekanan dalam tangki, psi
 - f = *allowable stress*, psi
 - d = diameter *shell*, in
 - E = efisiensi pengelasan
 - c = faktor korosi, in

Bahan yang digunakan untuk tangki *Low Alloy Steel* dengan sambungan *double welded butt joint*.

$$f = 18750 \text{ psi}$$

$$E = 80\% \text{ (double-welded butt joint)}$$

(Brownell and Young, 1959, Tabel 13.2)

$$C = 0,125 \text{ in}$$

Maka :

$$t_s = \frac{196,3678 \times 282}{2 \times ((18.750 \times 0,8) - (0,6 \times 196,3678))} + 0,125$$

$$= 1,8605 \text{ in}$$

Digunakan tebal dinding standar: $t_s = 1,8750 \text{ in}$

8. Menentukan tinggi *head*, OA

Dari table 5-6 Brownell & Young, untuk $t_h = 2 \text{ in}$ diperoleh nilai

$sf = 1,5-4,5$ dipilih panjang *straight flange*, $sf = 2 \text{ in}$.

Untuk menentukan OA dipergunakan penjelasan gambar diatas

$$OA = t_h + b + sf \quad (\text{Brownell \& Young, 1959 : 87})$$

Maka,

$$OA = 2 + 70,5 + 2 = 74,5 \text{ in} = 1,8729 \text{ m} = 6,1835 \text{ ft}$$

Tinggi total tangki = $H_s + 2.H_d$

$$= 23,05 + (2 \times 6,1835)$$

$$= 35,7730 \text{ ft}$$

$$= 10,8353 \text{ m}$$

E. Unit Pembangkit Listrik

1. Listrik Untuk Penerangan

Dari Chemical Engineer's Handbook, 3rd ed, direkomendasikan untuk perhitungan penerangan digunakan satuan lumen. Dengan menetapkan jenis lampu yang digunakan, maka dapat dihitung jumlah listrik yang harus disediakan untuk penerangan. Untuk menentukan besarnya tenaga listrik digunakan persamaan :

$$L = \frac{a \times F}{U \times D}$$

Dengan :

- L : Lumen per outlet.
- a : Luas area, ft²
- F : *foot candle* yang diperlukan (tabel 13, perry 3th)
- U : Koefisien utilitas (tabel 16, perry 3th)
- D : Efisiensi lampu (tabel 16, perry 3th)

Jumlah lumen masing-masing area tecantum dalam tabel berikut:

- Untuk semua area dalam bangunan direncanakan menggunakan lampu *fluorescent* 40 Watt, dimana 1 buah *instant starting daylight* 40 Watt mempunyai 3.200 lumen, 1 watt memiliki nilai 80 lumen (http://digilib.petra.ac.id/viewer.php?lampu_tl-chapter2.pdf/ 5 Mei 2009).

Area Bangunan	Luas (m ²)	Luas (ft ²)	F	U	D	Lumen
Pos keamanan	100	753,088	20	0,5	0,8	53.818,24
Mushola	400	1.075,84	20	0,55	0,8	195.702,70
Kantin	100	806,88	10	0,51	0,8	19.776,47
Kantor	500	5379,2	20	0,58	0,8	231.975,19
Klinik	500	1.075,84	20	0,55	0,8	244.628,38
Ruang control	150	1.613,76	35	0,6	0,8	117.670,00
Laboratorium	500	1.075,84	35	0,6	0,8	392.424,69
Bengkel	250	537,92	10	0,53	0,8	63.649,91
GSG	150	1.613,76	10	0,51	0,8	39.552,94
Gudang	900	9.687,28	5	0,52	0,8	116.433,65
Total	3.550	38.210,95	185	5,45	8	1.494.821,93

Jumlah listrik area dalam bangunan = 1.494.821,93 Lumen

Sehingga jumlah lampu yang dibutuhkan :

$$\frac{1.494.821,93}{3200} = 463 \text{ buah}$$

$$\text{Daya} = 40 \text{ Watt} \times 463$$

$$= 18.527 \text{ Watt}$$

$$= 18,53 \text{ Kw}$$

- Untuk semua area di luar bangunan direncanakan menggunakan lampu *mercury* 250 watt, dimana 1 buah *instant starting daylight* 250 Watt mempunyai 15.000 lumen. Jumlah listrik area ini sebesar 108.6961,647 sehingga jumlah lampu yang diperlukan untuk area tersebut sebanyak 75 buah.

Area non Bangunan	Luas (m ²)	Luas (ft ²)	F	U	D	Lumen
Area parkir	200	2.152,73	10	0,49	0,8	54.916,57
Proses	3.000	32.290,95	10	0,59	0,8	684.130,21
Utilitas	1.500	16.145,47	10	0,59	0,8	342.065,11
Jalan&taman	3.500	37.672,77	5	0,53	0,8	444.254,37
Total	8.200	88.261,92	35	2,2	3,2	1.525.366,26

Lampiran D. Perhitungan Utilitas

Prarancangan Pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* dari Batu Kapur kapasitas 50.000 ton/tahun

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= 250 \text{ Watt} \times 75 &= 18750 \text{ Watt} \\ & &= 18,75 \text{ kW} \end{aligned}$$

- Listrik untuk AC kantor diperkirakan sebesar 10 kW

Total kebutuhan listrik untuk penerangan dan AC = 41,39 kW

2. Kebutuhan listrik untuk proses

Kebutuhan listrik untuk keperluan proses tercantum dalam tabel berikut:

Tabel D.58. Kebutuhan Listrik Untuk Keperluan Proses

No	Nama Alat	Jumlah	Hp hitung	Hp standar	Jumlah
1	Belt Conveyor (J-110)	1	0,34	0,5	0,5
2	Bucket Elevator (J-120)	1	1	1	1
3	Crusher (C-110)	1	3,81	4	4
4	Belt Conveyor (J-130)	1	0,34	0,5	0,5
5	Rotary Kiln (B-110)	1	60,5	60,5	60,5
6	Blower (G-120)	1	3,1062	3	3
7	Rotary Cooler (B-120)	1	31,2834	31,5	31,5
8	Blower (G-130)	1	7,9244	8	8
9	Screw Conveyor (J-140)	1	1	1	1
10	Bucket Elevator (J-150)	1	4,7	5	5
11	Reaktor 210 (R-210)	1	13,14	13,5	13,5
12	Pompa Proses (L-210)	1	1	1	2
13	Reaktor 220(R-220)	1	12,9	13	13
14	Pompa Proses (L-220)	1	1	1	2
15	Reaktor 230(R-230)	1	13,14	13,5	13,5
16	Pompa Proses (L-230)	1	1	1	2
17	Pompa Proses (L-240)	1	1,5	1,5	3
18	Pompa Proses (L-110)	1	1	1	2
19	Kompresor (G-110)	1	3	3	3
20	Pompa Proses (L-310)	1	1,5	1,5	3
21	Centrifuge (H-320)	1	0,73	1	1
22	Pompa Proses (L-320)	1	0,22	0,5	0,5
23	Pompa Proses (L-330)	1	0,4	0,5	1
24	Blower (G-310)	1	12,32	12,5	25
25	Rotary Dryer(B-310)	1	30,54	31	31
26	Blower (G-320)	1	12,33	1	2
27	Screw Conveyor (J-320)	1	0,85	1	1
28	Bucket Elevator (J-330)	1	1	1	1
29	Pompa Proses (L-340)	1	0,01	0,5	1
	Total				234

Kebutuhan listrik untuk proses = 230,5 hp atau 172,018 kW

3. Kebutuhan listrik untuk utilitas

Kebutuhan listrik untuk keperluan utilitas tercantum dalam tabel berikut:

Tabel D.59. Kebutuhan Listrik Untuk Kebutuhan Utilitas

No	Nama Alat	Kode	Jumlah	Daya (hp)
1	bak penggumpal	BP-401	1	5
2	Cooling Tower	CT-411	1	7,3
3	Tangki Alum	TI-401	1	2,5
4	Tangki NaOH	TI-403	1	1
5	Tangki natrium pospat	TI-404	1	5,5
6	Tangki Dispersan	TI-405	1	2,5
7	Tangki Kaporit	TI-406	1	2,5
8	Tangki Hidrazin	TI-407	1	1
9	Pompa utilitas	PU-401	1	3,5
10	Pompa utilitas	PU-402	1	3,5
11	Pompa utilitas	PU-403	1	0,5
12	Pompa utilitas	PU-404	1	0,5
13	Pompa utilitas	PU-405	1	0,5
14	Pompa utilitas	PU-406	1	2
15	Pompa utilitas	PU-407	1	2
16	Pompa utilitas	PU-408	1	2
17	Pompa utilitas	PU-409	1	2
18	Pompa utilitas	PU-410	1	2,5
19	Pompa utilitas	PU-411	1	6,5
20	Pompa utilitas	PU-412	1	0,5
21	Pompa utilitas	PU-413	1	0,5
22	Pompa utilitas	PU-414	1	0,5
23	Pompa utilitas	PU-415	1	0,5
24	Pompa utilitas	PU-416	1	4,5
25	Pompa utilitas	PU-417	1	4,5
26	Pompa utilitas	PU-418	1	1
27	Pompa utilitas	PU-419	1	1
28	Pompa utilitas	PU-420	1	1
29	Pompa utilitas	PU-421	1	0,5
30	Pompa utilitas	PU-422	1	0,5
31	Blower	BL-501	1	1
32	Blower	BL-601	1	5
33	Blower	BL-602	1	5
34	Kompresor	CPR-701	1	0,1
	Total		35	53,6

Kebutuhan listrik untuk keperluan utilitas = 53,6 hp atau 40,0007 Kw

$$\begin{aligned}\text{Jumlah listrik total} &= 41,39 \text{ kW} + 172,018 \text{ kW} + 40,0007 \text{ kW} \\ &= 253,4087 \text{ kW}\end{aligned}$$

Over Design 20 %

$$\begin{aligned}\text{Maka kebutuhan listrik total} &= 1,2 \times 253,4087 \text{ kW} \\ &= 304,0905 \text{ kW}\end{aligned}$$

Energi listrik dihasilkan dari generator, dimana energi listrik dihasilkan dari perubahan energi kimia menjadi energi mekanik, kemudian perubahan energi mekanik menjadi energi listrik.

$$E_K = E_M = E_L$$

Energi kimia tersebut berupa bahan bakar solar. Efisiensi mesin untuk mengkonversi energi kimia menjadi energi mekanik sebesar 80%.

Generator yang digunakan memiliki efisiensi 80 %, Energi listrik output yang harus dihasilkan oleh generator sebesar 273,9 kW, maka energi mekanik yang harus dihasilkan oleh mesin yaitu sebesar :

Misal x = Energi mekanik input

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{\text{Energi listrik output}}{\text{Energi mekanik input}} \times 100 \% \\ &= \frac{304,0905 \text{ kW}}{x} = 0,8\end{aligned}$$

$$x = 380,1131 \text{ kW} = 1.297.004,46 \text{ Btu/jam}$$

Jadi energi mekanik yang terkonversi adalah sebesar 1.297.004,46 Btu/jam.

Spesifikasi Generator :

- Tipe : AC Generator

*Lampiran D. Perhitungan Utilitas
Prarancangan Pabrik Precipitated Calcium Carbonate dari Batu Kapur kapasitas
50.000 ton/tahun*

- Kapasitas : 500 kW
- Tegangan : 220 V
- Efisiensi : 80 %
- Bahan bakar : Solar

Kebutuhan Bahan Bakar

Untuk menjalankan generator digunakan bahan bakar yaitu:

Jenis bahan bakar : Solar

Heating value (f) : 18800 Btu/lb

s.g solar : 0,8691

ρ solar : 54,31 lb/ft³

- Boiler

Kapasitas boiler (Q) = 6.308.729,1370 Btu/jam

$$\text{Massa bahan bakar yang dibutuhkan} = \frac{Q_{\text{boiler}}}{\eta \times f}$$

$$= 419,4634 \text{ lbm/jam}$$

$$\text{Laju alir volumetrik} = \frac{419,4634 \text{ lb / jam}}{54,31 \text{ lb / ft}^3}$$

$$= 7,7235 \text{ ft}^3/\text{jam} = 218,7064 \text{ liter/jam}$$

- Generator

Diketahui efisiensi mesin untuk mengkonversi energi kimia menjadi energi mekanik sebesar 80%,

$$\text{Kapasitas input generator} = 1.297.004,46 \text{ Btu/jam}$$

$$\text{Kebutuhan solar} = \frac{1.297.004,46}{0,8 \times 54,31 \times 18800}$$

$$= 1,5879 \text{ ft}^3/\text{jam} = 44,9643 \text{ liter/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Kebutuhan Bahan bakar} &= 218,7064 \text{ liter/jam} + 44,9643 \text{ liter/jam} \\ &= 263,6689 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

4. Tangki Solar (TP-801)

Fungsi : Menampung bahan bakar solar untuk kebutuhan generator dan boiler pada tekanan 1 atm

Tipe Tangki : silinder tegak (vertikal)

- Menghitung Kapasitas Tangki

Waktu tinggal = 7 hari

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas} &= 263,6689 \text{ liter/jam} \\ &= 0,2637 \text{ m}^3/\text{jam} = 9,3114 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\rho \text{ solar} = 54,3100 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} V_{\text{tangki}} &= 9,3114 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 7 \text{ hari} \times 24 \text{ jam /hari} \\ &= 1564,3117 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Safety factor} = 20\% \quad (\text{Peter and Timmerhaus, 1991, hal. 37})$$

$$V_{\text{tangki}} = 1,2 \times V_{\text{solar}}$$

$$= 1877,1740 \text{ ft}^3$$

- **Menentukan Diameter Tangki**

Berdasarkan Tabel 4-27 Ulrich, 1984, dimana:

$$\frac{H_s}{D} < 2 \quad (\text{Ulrich, 1984 hal 248})$$

Rasio $\frac{H_s}{D}$ yang dipilih = 1,8 sehingga $H_s = 1,8 D$

$$V_{\text{tangki}} = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$1,4137 D^3 = \frac{V_{\text{tangki}}}{\frac{1}{4} \times \pi}$$

$$D = \left(\frac{1877,1740}{\frac{1}{4} (3,14)} \right)^{1/3} = 10,9913 \text{ ft} \approx 11 \text{ ft} = 131,8951 \text{ in} = 3,35 \text{ m}$$

$$\text{Sehingga } H_s = 22 \text{ ft}$$

$$\text{Diambil standar } D = 11 \text{ ft} = 132 \text{ in}$$

$$H_s = 22 \text{ ft} = 264 \text{ in}$$

- **Menghitung Tekanan Desain**

Tekanan desain dicari dengan persamaan :

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$= 14,7 \text{ psi} + \frac{\rho(h-1)}{144} \quad (\text{pers 3.17. Brownell, 1959:46})$$

$$= 22,6202 \text{ psi}$$

Tekanan desain 5 -10 % di atas tekanan kerja normal/absolut (Coulson, 1988 hal. 637). Tekanan desain yang dipilih 10% di atasnya.

Tekanan desain pada plat berikutnya terdapat pada Tabel berikut ini.

Tabel Tekanan desain pada berbagai ketinggian cairan.

Course ke-	HL (ft)	P hidrostatik	P abs	P desain (psi)
1	19,7628	7,0765	21,7765	23,9541
2	13,7628	4,8135	19,5135	21,4649
3	7,7628	2,5506	17,2506	18,9757

a. Menentukan Tebal dan panjang *Shell*

1. Tebal *Shell*

Untuk menentukan tebal *shell*, persamaan yang digunakan adalah :

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6P} + c \quad (\text{Brownell \& Young, 1959. hal. 275})$$

Dimana :

t_s = Tebal *shell*, in

P = Tekanan dalam tangki = 23,9541 psi

Bahan yang direkomendasikan adalah *Carbon Steel SA-283 Grade C*

f = Allowable stress = 12650 psi (tabel 13.1 Brownell, 1959:251)

r_i = Jari-jari dalam tangki = $D/2 = 132/2 = 66$ in

E = Efisiensi pengelasan = 80 % (0,8)

(type *double welded butt joint*) (tabel 13.2 Brownell, 1959:254)

C = Faktor korosi = 0,125 /10 tahun (tabel 6, Timmerhaus, 1991:542)

Menghitung ketebalan *shell* (t_s) pada plat 1, $H_s = 22$ ft. :

Diperoleh $t_s = 0,2814$ in

Diambil t_s standar = 0,3125 in

Ketebalan *shell* untuk plat berikutnya tercantum pada Tabel berikut ini.

Tabel Ketebalan *shell* pada berbagai ketinggian cairan.

Course ke-	Hs (ft)	P desain (psi)	ts (in)	ts std (in)
1,0000	22,0000	0,2814	0,3125	5/16
2,0000	16,0000	0,2652	0,3125	5/16
3,0000	10,0000	0,2489	0,3125	1/4

b. Desain Head (Desain Atap)

Bentuk atap yang digunakan adalah *conical* (konis). Diameter tangki 15 ft (≤ 60 ft), oleh karena itu dapat digunakan atap tanpa penyangga (*self supporting conical roof*). Untuk *self supporting conical roof*, digunakan plat dengan tebal 3/8 in dengan pengelasan jenis *double weld full-fillet joint*. Selanjutnya diperiksa besar sudut elemen konis dengan horizontal.

Besar sudut tersebut dihitung dengan persamaan:

$$\min \sin \theta = \frac{D}{430 t} \quad (\text{Pers. 4.6 Brownell and Young, 1959, hal. 64})$$

Dengan:

θ = sudut elemen konis dengan horizontal

D = diameter tangki = 11 ft

t = tebal konis = 5/16 in

$$\sin \theta = \frac{11 \text{ ft}}{430 \times (5/16) \text{ in}}$$

$$= 0,0819$$

$$\theta = 4,6955^\circ$$

Pemeriksaan *compressive stress* yang diijinkan:

$$f_{\text{allowable}} = 1,5 \times 10^6 \text{ t/r} \leq 1/3 \text{ yield point} \quad (\text{Pers. 2,25 Brownel, 1959, hal. 63})$$

Keterangan:

$f_{\text{allowable}}$ = *compressive stress* yang diizinkan, psi

r = jari-jari lekukan, in

$$r = \frac{6D}{\sin \theta} \quad (\text{Brownell and Young, 1959, hal. 63})$$

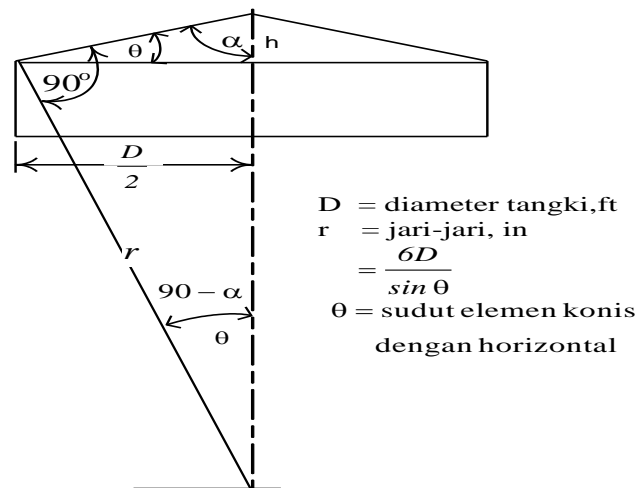
$$r = \frac{6 \times 132}{0,0819} = 806,25 \text{ in}$$

Yield point = 30000 psi (Brownell and Young, 1959, hal. 37)

$$f_{\text{allowable}} = 1,5 \cdot 10^6 \times \frac{5/16}{806,25} \text{ psi} < (1/3)10000 \text{ psi}$$

$$f_{\text{allowable}} = 581,3953 \text{ psi} < 10000 \text{ psi}$$

sehingga tebal 5/16 in dapat digunakan.



Gambar.D.9. Jari-jari lekukan untuk atap konis

Tinggi *head* dapat dihitung dengan korelasi sudut pada gambar di atas

$$\tan \theta = \frac{h}{D/2}$$

$$h = \tan(4,6955^\circ) * (11/2)$$

$$h = 0,4517 \text{ ft} = 0,1377 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Total, Ht} = H_s + H_{\text{head}}$$

$$H_t = 22 + 0,4517 \text{ ft}$$

$$= 22,4517 \text{ ft} = 6,8434 \text{ m}$$

c. Desain Lantai

Untuk memudahkan pengelasan dan memperhitungkan terjadinya korosi, maka pada lantai (*bottom*) dipakai plat dengan tebal minimal $\frac{1}{2}$ in. Tegangan yang bekerja pada plat yang digunakan pada lantai harus diperiksa agar diketahui apakah plat yang digunakan memenuhi persyaratan atau tidak (Brownell and Young, 1959:58).

- **Tegangan kerja pada bottom :**

(a). *Compressive stress* yang dihasilkan oleh bahan bakar.

$$S_1 = \frac{w}{\frac{1}{4} \pi D_i^2} \quad (\text{Brownell and Young, 1959, hal. 156})$$

Keterangan :

$$S_1 = \text{Compressive stress (psi)}$$

$$w = \text{Jumlah solar, lbm} = 101.949,3224 \text{ lbm}$$

$$D_i = \text{Diameter dalam shell} = 132 \text{ in}$$

$$\pi = \text{konstanta} (= 3,14)$$

$$S_1 = \frac{101.949,3224 \text{ lbm}}{\frac{1}{4} (3,14) (132 \text{ in})^2}$$

$$= 7,4536 \text{ psi}$$

(b). *Compressive stress* yang dihasilkan oleh berat *shell*.

$$S_2 = \frac{X \rho_s}{144} \quad (\text{Brownell and Young, 1959.hal.156})$$

Keterangan :

S_2 = *Compressive stress* (psi)

X = Tinggi tangki = 22,4517 ft

ρ_s = Densitas *shell* = 490 lbm/ft³ untuk *material steel*

(Brownell and Young, 1959.hal.156)

π = konstanta (= 3,14)

Maka :

$$S_2 = \frac{22,4517 \times 490}{144} = 76,3983 \text{ psi}$$

Tegangan total yang bekerja pada lantai :

$$\begin{aligned} S_t &= S_1 + S_2 \\ &= 83,8519 \text{ psi} \end{aligned}$$

Batas tegangan lantai yang diizinkan :

$S_t < \text{tegangan bahan plat (f) x efisiensi pengelasan (E)}$

83,8519 psi < (12650 psi) x (0,8)

83,8519 psi < 10120 psi (memenuhi)

Tabel D.60. Tangki Solar (TP-801)

Alat	Tangki Solar
Kode	TP- 801
Fungsi	Menampung bahan bakar solar untuk kebutuhan generator dan boiler
Bentuk	Silinder tegak (vertikal)
Kapasitas	53,1557 m ³
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 11 ft Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 22 ft Tebal <i>shell</i> (t _s) = 5/16 in Tebal atap = 7/16 in
Tekanan Desain	23,9541 psi
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 buah

5. Tangki Fuel Gas

Fungsi : Menyimpan bahan bakar *Fuel Gas* selama 2 hari

Jumlah : 1 buah

Bentuk : Silinder Horizontal dengan sisi berbentuk *ellipsoidal*.

Data – data desain :

Tekanan (P) : 1,0176 atm

Temperatur (T) : 193,608 K

Lama Persediaan : 2 hari

Densitas (ρ) : 425,6499 kg/m³

Laju alir massa : 373,0289 kg/jam

Laju alir volumetrik : 0,8764 m³/jam

1. Kapasitas Tangki, V_T

$$\begin{aligned} \text{Volume 1 tangki} &= \frac{(w) (t) (24 \text{ jam/hari})}{n} \\ &= \frac{(0,8764 \text{ m}^3/\text{jam})(2 \text{ hari})(24 \text{ jam/hari})}{1 \text{ tan gki}} \\ &= 42,0672 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dengan faktor keamanan 10% (Timmerhaus, 4th pp,37)

Sehingga volume tangki = $(1 + 0,1) \times V_t$

$$V_{\text{tot}} = 46,2739 \text{ m}^3$$

2. Diameter Tangki, D_T

Tipe tangki yang digunakan adalah silinder horizontal dengan tutup *ellipsoidal*.

a. Volume tangki = Volume silinder + (2 x Volume head)

$$V_T = V_S + 2V_H$$

b. Volume silinder

$$\begin{aligned} V_S &= \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 H \\ &\text{dengan } H = 0,5 D \\ V_S &= \frac{1}{8} \pi D^3 \end{aligned}$$

c. Volume head

$$\begin{aligned} V_H &= \frac{\pi D^3}{24} \\ &\text{dengan } h = 0,25 \end{aligned}$$

d. Volume total, V_T

$$V_T = \frac{1}{8}\pi D_T^3 + \frac{1}{24}\pi D_T^3$$

$$V_T = \frac{1}{6}\pi D_T^3$$

Maka :

$$\text{Diameter Tangki, } D_T = \left(\frac{6V_T}{\pi} \right)^{1/3}$$

$$D_T = 4,4551 \text{ m}$$

$$= 175,3935 \text{ in}$$

3. Tebal Dinding Tangki, t_T

$$t_s = \frac{p_d \cdot d_i}{2(S.E - 0,6 \cdot p_d)} + C_A$$

Keterangan :

t_T = Ketebalan dinding *shell*, in

P_d = Tekanan desain, psi

d_i = Diameter tangki, in

S = Nilai tegangan material, psi (digunakan material *Carbon steel*
SA 285 Grade C)

$$= 13750 \text{ psi}$$

E = Efisiensi sambungan, dengan radiograp (spot)

$$= 0,8 \quad , \text{ jenis sambungan las : } \textit{single-but weld}$$

C_A = Korosi yang diizinkan (*corrosion allowance*)

$$= 0,125 \text{ in}$$

Tekanan desain 5 -10 % di atas tekanan kerja normal/absolut (Coulson, 1983)

Tekanan desain diambil 10 % diatas tekanan operasinya.

Tekanan desain pada tangki :

$$\begin{aligned} P_{\text{operasi}} &= 1,0176 \text{ atm} \\ &= 14,9588 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{hidrostatik}} &= \frac{\rho_{\text{mix}} \cdot \left(\frac{g}{g_c} \right) H_L}{144} \\ &= 13,16 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{desain}} &= 1,1 \times (P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}) \\ &= 30,9404 \text{ psi} \\ &= 2,1 \text{ atm} \end{aligned}$$

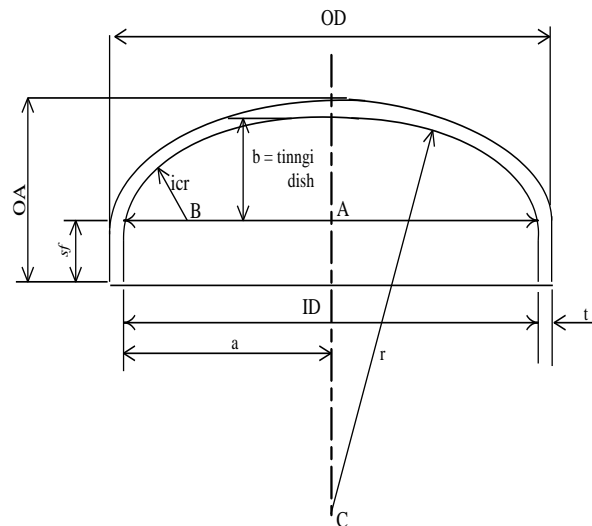
Perhitungan tebal dinding tangki:

$$\begin{aligned} t_T &= \frac{30,9404 \times 175,3935}{2(13750 \times 0,8 - 0,6 \times 30,9404)} + 0,125 \\ t_T &= 0,372 \text{ in} \end{aligned}$$

digunakan tebal plat standar : 3/8 in (Tabel 5.6 Brownell and Young, 1959)

5. Head dan panjang tangki

Sketsa *head* tangki bahan bakar :



Gambar. D.10. *Ellipsoidal Dished head*

Keterangan :

t_h = tebal *head*, in

irc = *inside corner radius*, in

r_c = *radius of dish*, in

OD = *outside diameter*, in

ID = *inside diameter*, in

b = *depth of dish*, in

OA = *overall dimension*, in

sf = *standard straight flange*, in

Bahan yang dipakai : *Carbon steel SA 285 Grade C*

Menentukan *inside radius corner* (irc) dan *corner radius* (rc).

$$\begin{aligned} OD &= ID + 2t \\ &= 176,1435 \text{ in} \end{aligned}$$

Lampiran D. Perhitungan Utilitas

Prarancangan Pabrik Precipitated Calcium Carbonate dari Batu Kapur Kapasitas 50.000 ton/tahun

Dibulatkan menjadi 180 in untuk menentukan icr & r_c

Diketahui tebal $t = 3/8$ in

Maka berdasarkan tabel 5.7 Brownell & Young :

$$r = 170 \text{ in}$$

$$icr = 11 \text{ in}$$

maka :

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r_c}{icr}} \right) \quad (\text{Pers. 7.76, Brownel\&Young})$$

$$w = 1,73 \text{ in}$$

Tebal *head* minimum dihitung dengan persamaan berikut :

$$t_h = \frac{P \cdot r_c \cdot w}{2f\varepsilon - 0,2P} + c \quad (\text{Pers. 7.77, Brownell\&Young})$$

$$= 0,7321 \text{ in}$$

dipakai tebal *head* standar $7/8$ in

$$b = r_c - \sqrt{(r_c - icr)^2 - \left(\frac{ID}{2} - icr \right)^2}$$

$$b = 170 - \sqrt{(170 - 11)^2 - \left(\frac{175,3935}{2} - 11 \right)^2} = 30,7211 \text{ in}$$

$$OA = th + b + sf = 0,8750 + 30,7211 + 3 = 34,5961 \text{ in} .$$

Panjang total tangki

$$\text{Panjang total tangki} = L + 2.OA$$

$$= 175,3935 \times (2 \times 34,5961)$$

$$= 244,5857 \text{ in} = 6,212 \text{ m}$$

Lampiran D. Perhitungan Utilitas

Prarancangan Pabrik Precipitated Calcium Carbonate dari Batu Kapur Kapasitas 50.000 ton/tahun

Tabel. D.61. Spesifikasi Tangki Fuel Gas (F- 802)

Alat	Tangki Penyimpanan <i>Fuel Gas</i>
Kode	F-802
Fungsi	Menyimpan <i>Fuel Gas</i> untuk kebutuhan 2 hari yang dipergunakan di Rotary Kiln.
Bentuk	Silinder horizontal dengan <i>head</i> berbentuk <i>ellipsoidal</i> .
Kapasitas	46,2739 m ³
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 4,5551 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = 3/8 in Tebal <i>head</i> = 7/8 in Panjang tangki = 6,212 m
Tekanan Desain	30,9404 psi
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 buah