

APPENDIKS D PERHITUNGAN UTILITAS

Unit utilitas pada suatu pabrik adalah salah satu bagian yang sangat penting untuk menunjang jalannya proses produksi dalam suatu industri kimia, sehingga kapasitas proses produksi semaksimal mungkin dapat dicapai.

Unit utilitas yang diperlukan pada Pra Rencana Kalsium Hidroksida meliputi:

1. Air yang berfungsi sebagai air pendingin, air umpan boiler, air sanitasi, dan air untuk pemadam kebakaran.
2. Listrik yang berfungsi untuk menjalankan alat-alat produksi, utilitas, dan untuk penerangan pabrik
3. Bahan bakar untuk mengoperasikan boiler.

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan, maka utilitas tersebut dibagi menjadi 3 unit, yaitu:

1. Unit penyediaan air
2. Unit penyediaan tenaga listrik
3. Unit penyediaan bahan bakar

1. Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air pada pabrik, maka direncanakan dari air kawasan sehingga pengolahan awal tidak diperlukan. Namun, masih perlu diproses sebelum digunakan untuk keperluan air umpan boiler, air proses, air dingin, dan air sanitasi sesuai dengan kebutuhan masing-masing.

A. Air Umpan Boiler

Pada Pra Rencana Pabrik Kalsium Hidroksida ini, digunakan jenis Fire Tube Boiler sehingga didapatkan:

- Tekanan rendah ($P < 100$ atm)
- Suhu rendah ($T < 210^{\circ}\text{C}$)
- Luas perpipaan kecil
- Steam yang dihasilkan adalah saturated steam

a. Untuk Kebutuhan Panas

Tabel D.1. Kebutuhan Steam

No.	Nama Peralatan	Kode Alat	Kebutuhan Steam kg/jam
1	Heater H ₂ O	E-116	759,18
2	Heater Udara	E-123	342,37
Total			1101,56

Untuk design dan faktor keamanan direncanakan banyaknya steam yang disupply adalah 20% excess dari jumlah kebutuhan steam.

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, steam yang disediakan boiler} &= 1,2 \times \text{kebutuhan steam} \\
 &= 1,2 \times 1101,56 \\
 &= 1321,87 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Make up untuk kebutuhan steam direncanakan 20% , maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Make up steam} &= 1,2 \times 1321,87 \\
 &= 1586,24 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Jadi, jumlah steam yang harus dihasilkan oleh boiler adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Massa steam (m}_s\text{)} &= 1586,24 \text{ kg/jam} = 0,4406229 \text{ kg/s} \\
 &= 3497,03 \text{ lb/jam}
 \end{aligned}$$

Direncanakan steam yang digunakan adalah saturated steam pada kondisi:

$$\text{Temperatur} = 130 \text{ }^\circ\text{C} = 266 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Tekanan} = 2,67 \text{ atm} = 39,24 \text{ psia}$$

$$\text{Air umpan boiler masuk pada suhu} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F}$$

Dari persamaan 172 Savern W. H. hal. 140 didapatkan:

$$\text{Boiler Horse Power} = \frac{m_s \times (h - h_f)}{970,3 \times 34,5}$$

Dimana:

m_s = massa steam yang dihasilkan oleh boiler (lb/jam)

h = entalpi steam pada perencanaan dan T tertentu

h_f = entalpi liquid 1 lb feet air pada kondisi 970,3 dan 34,5 adalah konstanta penyesuaian pada penguapan 1 lb air/jam dari 80.6 °F dan tekanan 14,7 psia yang memerlukan entalpi 970,3 Btu/lb

Dari App A.2-9 Geankoplis, hal. 858 - 859 didapatkan:

$$H_f_{284^\circ\text{F}} = 253,28 \text{ Btu/lbm}$$

$$H_g_{284^\circ\text{F}} = 1175,14 \text{ Btu/lbm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Boiler Horse Power} &= \frac{3497,03 \times (1175,14 - 253,28)}{970,3 \times 34,5} \\
 &= 96,30 \text{ Hp} \\
 &= 97 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

Dari persamaan 171 Savern W. H hal. 140 didapatkan:

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Boiler} &= \frac{m_s \times (h - h_f)}{1000} \\
 &= \frac{3497,03 \times (1175,14 - 253,284)}{1000} \\
 &= 3223,76 \text{ kbtu/jam} = 0,9447401 \text{ kj/s}
 \end{aligned}$$

Dari persamaan 173 Savern W. H hal 140 didapatkan:

$$\begin{aligned} \text{Faktor Evaporasi} &= \frac{(h - hf)}{970,3} = \frac{(1175,14 - 253,28)}{970,3} \\ &= 0,95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air yang dibutuhkan} &= \text{faktor evaporasi} \times \text{rate steam} \\ &= 0,95 \times 3497,03 \\ &= 3322,43 \text{ lb/jam} \\ &= 1507,05 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

b. Kebutuhan Bahan Bakar Boiler

Digunakan fuel oil 33 °API sebagai bahan bakar dengan Heating Value (H_v):

$$\begin{aligned} H_v &= 134000 \text{ Btu/lb} && (\text{Perry's ed.7 fig. 27-3 hal. 27-10}) \\ &= 77921 \text{ kkal/kg} \end{aligned}$$

Sehingga kebutuhan bahan bakar boiler (M_f):

$$\text{Bahan bakar boiler} = \frac{m_s \times (h - hf)}{\text{efisiensi} \times H_v}$$

diperkirakan efisiensi boiler sebesar 80% maka:

$$\begin{aligned} \text{Bahan bakar boiler} &= \frac{3497,03 \times (1175,14 - 253,28)}{0,80 \times 134000} \\ &= 30,07 \text{ lb/jam} \\ &= 13,64 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Maka jumlah perpindahan panas boiler dan jumlah tube:

- Heating value surface = 10 ft²/Hp boiler
- Direncanakan panjang tube standard = 20 ft
- Ukuran pipa yang digunakan (NPS) = 2 in
- Luas permukaan linier feed = 0,6220 ft²/ft

(Kern, tabel 11, hal. 844)

Area yang diperlukan untuk transfer panas:

$$\begin{aligned} \text{Heating surface boiler} &= H_v \text{ surface} \times \text{Hp boiler} \\ &= 10 \times 96,30 \\ &= 963,02 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tube yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned} N_t &= \frac{A}{a_t \times L} = \frac{963}{0,6220 \times 20} \\ &= 77,41 \\ &= 78 \text{ tube} \end{aligned}$$

Spesifikasi boiler

- Tipe : *Fire tube boiler*
- Kapasitas boiler : 3223,76 lb/jam
- Rate steam : 3497,03 lb/jam
- Bahan bakar : Fuel oil 33 °API
- Efisiensi : 80%
- *Heating surface* : 963,0244 ft²
- Jumlah tube : 78 tube
- Ukuran tube : 2 in
- Panjang tube : 20 ft
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel*
- Jumlah boiler : 1 buah

Dari perhitungan di atas, diketahui bahwa jumlah air umpan yang dibutuhkan sebesar 3322,43 lb/jam. Air umpan boiler disediakan excess 20% sebagai pengganti steam yang hilang, kebocoran akibat dari transmisi diperkirakan sebesar 5% , faktor keamanan 10% . Sehingga kebutuhan air umpan boiler sebesar :

- excess 20% = 1,2 x 3322,43
= 3986,92 lb/jam
- faktor kebocoran 5% = 0,05 x 3322,43
= 166,12 lb/jam
- faktor keamanan 10% = 0,1 x 3322,43
= 332,24 lb/jam

Jadi, total kebutuhan air umpan boiler adalah:

$$\begin{aligned}
 &= 3986,92 + 166,12 + 332,24 \\
 &= 4485,29 \text{ lb/jam} \\
 &= 2034,51 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

B.2. Air Pendingin

Peralatan yang menggunakan air pendingin dapat dilihat pada tabel D.2.

Tabel D.2. Kebutuhan Air Pendingin Pada peralatan

No.	Nama Peralatan	Kode Alat	Jumlah (kg/jam)
1.	Reaktor	R-110	78622,53
Total			78622,53

Direncanakan banyaknya air pendingin yang disupply adalah exc 20%

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air pendingin} &= 1,2 \times 78623 \\ &= 94347 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Make Up untuk kebutuhan air pendingin direncanal 20% excess, maka:

$$\begin{aligned} \text{Make Up air pendingi} &= 1,2 \times 94347 \\ &= 113216 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

B.3. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, tanaman, dan kebutuhan yang lain. Air sanitasi yang digunakan harus memenuhi syarat kualitas sebagai berikut:

a. Syarat Fisik

- Suhu : berada di bawah suhu kamar
- Warna : tidak berwarna/ jernih
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau
- Kekeruhan : < 1 mg SiO₂/liter
- pH : netral

b. Syarat Kimia

- Tidak mengandung logam berat seperti: Pb, As, Cr, Cd, dan Hg
- Tidak mengandung zat-zat kimia beracun

c. Syarat Mikrobiologis

- Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri patogen yang dapat merubah sifat-sifat fisik air

Kebutuhan air sanitasi pada pra-rencana Pabrik Kalsium Hidroksida antara lain sebagai berikut:

1. Untuk Kebutuhan Karyawan

Menurut standar WHO kebutuhan air tiap orang	=	120 L/hari
Jumlah karyawan pada pabrik	=	180 orang
Jam kerja untuk setiap karyawan	=	8 jam/hari

Jadi, kebutuhan air karyawan per jam kerja adalah:

$$120 \frac{\text{L}}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \times \frac{8 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} = 40 \frac{\text{L}}{\text{hari}}$$

$$\text{Kebutuhan per jam} = 40 \frac{\text{L}}{\text{hari}} = 5 \frac{\text{L}}{\text{jam}}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air 180 karyawan} &= \frac{5 \text{ L/jam}}{\text{karyawan}} \times 180 \text{ karyawan} \\ &= 900 \text{ L/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jika densitas air} &= 0,9956 \text{ kg/L} \\ \text{maka, kebutuhan air sanit 180 karyawan} &= 900 \times 0,9956 \\ &= 896,04 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

2. Untuk Kebutuhan Laboratorium dan Taman

Kebutuhan air untuk laboratorium dan taman direncanakan sebesar 40% dari kebutuhan karyawan, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air untuk laboratorium, tam} &= 0,40 \times 896,04 \\ &= 358,42 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Jadi, kebutuhan air untuk karyawan, laboratorium, dan taman adalah:

$$896,04 + 358,42 = 1254,46 \text{ kg/jam}$$

3. Untuk Pemadam Kebakaran dan Cadangan Air

Air sanitasi yang digunakan untuk pemadam kebakaran dan cadangan air direncanakan 40% dari kebutuhan air untuk karyawan, laboratorium, dan taman, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan untuk pemadam dan cadangan} &= 0,4 \times 1254,46 \\ &= 501,78 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Jadi, kebutuhan total untuk air sanitasi adalah:

$$1254,46 + 501,78 = 1756,24 \text{ kg/jam}$$

B.4. Air Proses

Peralatan yang menggunakan air proses dapat dilihat pada tabel D.3.

Tabel D.3. Kebutuhan Air Proses Pada Peralatan

No.	Nama Peralatan	Kode Alat	Jumlah (kg/jam)
1.	Reaktor	R - 110	6215,51
Total			6215,51

Direncanakan banyaknya air proses yang disupply dengan excess 20%

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air proses} &= 1,2 \times 6215,51 \\ &= 7458,61 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Jadi, jumlah kebutuhan air yang harus disupply dalam Pra Rencana Pabrik Kalsium Hidroksida adalah:

Tabel D.4. Kebutuhan Total Air

No.	Keterangan	Jumlah (kg/jam)
1.	Air Umpan Boiler	2034,51
2.	Air Sanitasi	1756,24
3.	Air Pendingin	113216,44
4.	Air Proses	7458,61
Total		124465,80

Untuk memenuhi kebutuhan air, maka pada Pra Rencana Pabrik Kalsum Hidroksida ini menggunakan air kawasan. Sebelum digunakan, air kawasan tersebut masih perlu diproses (water treatment) untuk memenuhi air umpan boiler, air pendingin, air proses, dan air sanitasi.

Peralatan yang digunakan pada bagian pengolahan air sebagai berikut:

1. Pompa air kawasan (L-211)

Fungsi : Memompakan air kawasan ke bak air bersih

Type : *Centrifugal Pump*

Dasar perencanaan :

- rate aliran = 124465,80 kg/jam
= 274397,30 lb/jam
- jumlah pompa = 1
- rate aliran = 274397,30 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,1581 lb/ft³
- viskositas (μ) = 0,000538 lb/ft.detik
= 1,936967 lb/ft.jam

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\
 &= \frac{274397,30 \text{ lb/jam}}{62,16 \text{ lb/ft}^3} \\
 &= 4414,50 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
 &= 1,23 \text{ ft}^3/\text{detik} \\
 &= 458,32 \text{ gpm}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan aliran turbulen ($N_{Re} > 2100$), maka :

$$\text{ID optimal} = 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Pers. 15, Timmerhauss, hal.496})$$

$$\begin{aligned}
 \text{ID optimal} &= 3,9 \times (1,2263)^{0,45} \times (62,16)^{0,13} \\
 &= 7,31274 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\text{Standarisasi ID} = 8 \text{ in sch 40} \quad (\text{Geankoplis, App. A.5 hal.996})$$

Sehingga diperoleh :

$$\text{OD} = 8,625 \text{ in} = 0,71874 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 7,981 \text{ in} = 0,66508 \text{ ft}$$

$$\text{A} = 0,34740 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju aliran fluida (V)} &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{1,23 \text{ ft}^3/\text{detik}}{0,35 \text{ ft}^2} \\
 &= 3,53 \text{ ft/detik} \\
 &= 12707,26 \text{ ft/jam}
 \end{aligned}$$

Cek jenis aliran fluida :

$$\begin{aligned}
 N_{Re} &= \frac{D \times V \times \rho}{\mu} \\
 &= \frac{0,66508 \times 3,5298 \times 62,1581}{0,000538} \\
 &= 271206,10
 \end{aligned}$$

Karena $N_{Re} > 2100$, maka jenis aliran fluida adalah turbulen

Ditentukan bahan pipa adalah *Cast Iron*

Sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned}
 \varepsilon &= 2,6 \times 10^{-4} \text{ m} = 0,00085 \text{ ft} \quad (\text{Geankoplis, fig. 2.10-3 hal. 94}) \\
 \frac{\varepsilon}{D} &= \frac{0,000853}{0,6651} = 0,00128 \\
 f &= 0,0085 \quad (\text{Geankoplis, fig. 2.10-3 hal. 94})
 \end{aligned}$$

Direncanakan :

$$\begin{aligned}
 \text{a. Panjang pipa lurus} &= 150 \text{ ft} = 45,72 \text{ m} \\
 \text{b. Elbow, } 90^\circ &= 3 \text{ buah} \\
 \text{Le/D} &= 35 \quad (\text{Tabel 2.10-1, Geankoplis, hal. 99}) \\
 \text{L elbow} &= 35 \text{ ID} \\
 &= 35 \times 3 \times 0,6651 \\
 &= 69,83 \text{ ft} \\
 \text{c. Gate valve} &= 2 \text{ buah (wide open)} \\
 \text{Le/D} &= 9 \quad (\text{Tabel 2.10-1, Geankoplis, hal. 99}) \\
 \text{L elbow} &= 9 \text{ ID} \\
 &= 9 \times 2 \times 0,6651 \\
 &= 11,97 \text{ ft} \\
 &= 3,65 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari tabel 2.10.1 hal 93 diperoleh:

$$K_f = 2 \times 0,17 = 0,34$$

Jadi, total panjang pipa :

$$\begin{aligned}
 \Delta L &= 150 + 69,83 + 11,97 \\
 &= 231,80 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Menentukan friksion loss

1. Friksi pada pipa lurus

$$\begin{aligned}
 F_f &= \frac{4f \times v^2 \times \Delta L}{2 \cdot \alpha \cdot gc \cdot D} \\
 &= \frac{4 \times 0,0085 \times (3,53)^2 \times 231,80}{2 \times 1 \times 32,1740 \times 0,6651} \\
 &= 2,29 \text{ lbf.ft/lbm}
 \end{aligned}$$

2. Friksi pada Elbow $90^\circ = 3$ buah

$$K_f = 0,75 \quad (\text{Tabel 2.10-2, Geankoplis, hal. 100})$$

$$\begin{aligned}
 h_f &= \left(3 \frac{K_f \times v^2}{2 \cdot gc} \right) \\
 &= 3 \frac{0,75 \times (3,53)^2}{2 \times 32,1740} \\
 &= 0,44 \text{ lbf.ft/lbm}
 \end{aligned}$$

3. Friksi pada Gate valve = 2 buah

$$K_f = 0,17 \quad (\text{Tabel 2.10-2, Geankoplis, hal. 100})$$

$$\begin{aligned}
 h_f &= 2 \frac{K_f \times v^2}{2 \cdot gc} \\
 &= 2 \frac{0,17 \times (3,53)^2}{2 \times 32,1740} \\
 &= 0,07 \text{ lbf.ft/lbm}
 \end{aligned}$$

Sehingga

$$\text{Total friksi } (\Sigma F) = F_f + h_f + h_f = 2,80 \text{ lbf.ft/lbm}$$

Menentukan tenaga penggerak pompa :

Dari pers. 2.7-28, Geankoplis, hal. 64

$$\left(\frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot gc} \right) + \left(\frac{\Delta Z}{gc} \right) + \left(\frac{\Delta P}{\rho} \right) + \Sigma F + W_s = 0$$

Direncanakan :

$$\Delta Z = 40 \text{ ft} = 12,192148 \text{ m}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta v = 3,5298 \text{ ft/detik}$$

$$\alpha = 1 \text{ (aliran turbulen)}$$

$$\begin{aligned}
 -W_s &= \left(\frac{\Delta v^2}{2 \cdot \alpha \cdot gc} \right) + \left(\frac{\Delta Z}{gc} \right) + \left(\frac{\Delta P}{\rho} \right) + \Sigma F \\
 &= \left(\frac{3,53^2}{2 \times 1 \times 32,17} \right) + \left(\frac{40}{32,174} \right) + \left(\frac{0}{62,16} \right) + 2,80 \\
 &= 4,23
 \end{aligned}$$

Menghitung daya pompa

$$\begin{aligned} W_p &= \frac{(-W_s) \times Q \times \rho}{550} \\ &= \frac{4,23 \times 1,23 \times 62,16}{550} \\ &= 0,59 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk kapasitas (Q)} &= 458,32 \text{ gpm} \\ \eta \text{ pompa} &= 82\% \quad (\text{Timmerhauss, fig. 14-37 hal. 520}) \end{aligned}$$

$$\text{BHP} = \frac{W_p}{\eta \text{ pompa}} = \frac{0,59}{0,82} = 0,72 \text{ Hp}$$

$$\eta \text{ motor} = 80\% \quad (\text{Timmerhauss, fig. 14-37 hal. 520})$$

$$\begin{aligned} \text{Daya motor} &= \frac{\text{BHP}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{0,72}{0,8} \\ &= 0,89 \text{ Hp} \end{aligned}$$

» Spesifikasi Pompa

- Tipe : *Centrifugal pump*
- Daya pompa : 1 Hp
- Bahan : *Cast Iron*
- Jumlah : 1 buah

2. BAK AIR BERSIH (F-212)

Fungsi : Menampung air bersih untuk didistribusikan ke proses selanjutnya

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 124465,80 kg/jam
= 274397,30 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,1581 lb/ft³

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\ &= \frac{274397,30}{62,1581} \\ &= 4414,50 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 125,00 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 24 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 125,00 \times 24 \\ &= 3000,12 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume air = 80% volume bak, sehingga:

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= \frac{3000,12 \text{ m}^3}{0,8} \\ &= 3750,1453 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Bak berbentuk persegi panjang dengan rasio:

$$\text{Panjang : Lebar : Tinggi} = 5 : 3 : 2$$

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= 5 y \times 3 y \times 2 y \\ &= 30 y^3\end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}\text{Volume baku} &= 30 y^3 \\ 3750,15 &= 30 y^3 \\ y &= 5,00 \text{ m}\end{aligned}$$

Jadi, dimensi bak air bersih:

$$\begin{aligned}- \text{ Panjang} &= 5 \times 5,00 = 25,00 \text{ m} = 26 \text{ m} \\ - \text{ Lebar} &= 3 \times 5,00 = 15,00 \text{ m} = 16 \text{ m} \\ - \text{ Tinggi} &= 2 \times 5,00 = 10,00 \text{ m} = 11 \text{ m}\end{aligned}$$

Spesifikasi Bak Air Bersih:

- Bentuk = Persegi Panjang
- Panjang = 26 m
- Lebar = 16 m
- Tinggi = 11 m
- Bahan = Beton
- Jumlah = 1 buah

3. POMPA (L-213)

Fungsi : Mengalirkan air bersih ke dalam kation exchanger dan bak klorinasi

Tipe : *Centrifugal Pump*

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 124465,80 kg/jam
= 274397,30 lb/jam
- densitas (ρ) air = 0,9956 kg/L
= 62,17846 lb/ft³
- viskositas (μ) = 0,8007 cp
= 0,000538 lb/ft.detik

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\
 &= \frac{274397,30}{62,1785} \\
 &= 4413,06 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
 &= 1,23 \text{ ft}^3/\text{detik} \\
 &= 458,13 \text{ gpm}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan aliran turbulen ($N_{Re} > 2100$), maka:

$$\begin{aligned}
 \text{ID optimal} &= 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} && (\text{Peter \& Timmerhauss, hal 496}) \\
 \text{ID optimal} &= 3,9 \times (1,2259)^{0,45} \times (62,178)^{0,13} \\
 &= 7,31 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Standarisasi ID} &= 8 \text{ in sch 40} && (\text{Geankoplis, App A-5, hal. 996}) \\
 \text{OD} &= 8,6250 \text{ in} = 0,7188 \text{ ft} \\
 \text{ID} &= 7,9810 \text{ in} = 0,6651 \text{ ft} \\
 \text{A} &= 0,3474 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju aliran fluida (V)} &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{1,23}{0,35} \\
 &= 3,53 \text{ ft/detik}
 \end{aligned}$$

Cek jenis aliran fluida:

$$\begin{aligned}
 N_{Re} &= \frac{D \times V \times \rho}{\mu} = \frac{0,6651 \times 3,5286 \times 62,1785}{0,000538} \\
 &= 271208,86
 \end{aligned}$$

Karena $N_{Re} > 2100$, maka jenis fluida adalah turbulen.

Ditentukan bahan pipa adalah *carbon steel*, sehingga didapatkan:

$$\begin{aligned}
 \varepsilon &= 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} = 0,00015 \text{ ft} && (\text{Geankoplis, fig. 2.10-3 hal. 94}) \\
 \frac{\varepsilon}{D} &= \frac{0,0001509}{0,6651} = 0,00023 \\
 f &= 0,0032 && (\text{Geankoplis, fig. 2.10-3 hal. 94})
 \end{aligned}$$

Direncanakan:

$$\begin{aligned}
 \text{a. Panjang pipa lurus} &= 75 \text{ ft} = 22,86 \text{ m} \\
 \text{b. Tee} &= 1 \text{ buah} \\
 \text{Le/D} &= 50 && (\text{Geankoplis, tabel 2.10-1, hal. 99}) \\
 \text{L tee} &= 50 \text{ ID} \\
 &= 50 \times 1 \times 0,67
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 33,25 \text{ ft} \\
 \text{c. Gate valve} &= 3 \text{ buah (wide open)} \\
 \text{Le/D} &= 9 \quad (\text{Geankoplis, tabel 2.10-1, hal. 99}) \\
 \text{L elbow} &= 9 \text{ ID} \\
 &= 9 \times 3 \times 0,6651 \\
 &= 17,96 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Dari tabel 2.10.1, hal 93 didapatkan:

$$K_f = 3 \times 0,17 = 0,51$$

Jadi, total panjang pipa:

$$\begin{aligned}
 \Delta L &= 75 + 33,25 + 17,96 \\
 &= 126,21 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Menentukan friction loss

1. Friksi pada pipa lurus

$$\begin{aligned}
 F_f &= \frac{4 \times f \times v^2 \times \Delta L}{2 \times \alpha \times g_c \times D} \\
 &= \frac{4 \times 0,0032 \times 12,45^2 \times 126,2114}{2 \times 1 \times 32,174 \times 0,6651} \\
 &= 0,47 \text{ Ibf.ft/Ibm}
 \end{aligned}$$

2. Kontraksi

$$\begin{aligned}
 K_c &= 0,55 \times (1 - (A_2/A_1)) \\
 &\quad (A_2/A_1 = 0 \text{ karena nilai } A_1 \gg A_2) \\
 &= 0,55
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_c &= K_c \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times g_c} \\
 &= 0,55 \times \frac{12,45^2}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= 0,11 \text{ Ibf.ft/Ibm}
 \end{aligned}$$

3. Ekspansi

$$\begin{aligned}
 K_{eks} &= (1 - (A_2/A_1))^2 \\
 &= (1 - 0)^2 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_{eks} &= \frac{K_{eks} \times v^2}{2 \times \alpha \times g_c} \\
 &= \frac{1 \times 12,45^2}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= 0,19 \text{ Ibf.ft/Ibm}
 \end{aligned}$$

4. Tee = 1 buah

$$K_f = 1 \quad (\text{Geankoplis, tabel 2.10-1, hal. 99})$$

$$\begin{aligned}
 hf &= 1 \frac{Kf \times v^2}{2 \times gc} \\
 &= 1 \frac{1 \times 12,45}{2 \times 32,174} \\
 &= 0,19 \text{ Ibf.ft/Ibm}
 \end{aligned}$$

5. Gate valve = 3 buah

$$Kf = 0,17$$

(Geankoplis, tabel 2.10-1, hal. 99)

$$\begin{aligned}
 hf &= 3 \frac{Kf \times v^2}{2 \times gc} \\
 &= 3 \frac{0,17 \times 12,45}{2 \times 32,174} \\
 &= 0,10 \text{ Ibf.ft/Ibm}
 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}
 \text{Total friksi } (\Sigma F) &= Ff + hc + h_{eks} + hf \\
 &= 0,47 + 0,11 + 0,19 + 0,29 \\
 &= 1,06 \text{ Ibf.ft/Ibm}
 \end{aligned}$$

Menentukan tenaga penggerak pompa:

Dari Geankoplis, pers. 2.7-28, hal. 64 didapatkan:

$$\frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot gc} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0$$

Direncanakan:

$$\Delta Z = 80 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta V = 3,5286 \text{ ft/detik}$$

$$\alpha = 1 \text{ (aliran turbulen)}$$

Sehingga didapatkan:

$$\begin{aligned}
 -W_s &= \frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot gc} + \frac{\Delta Z}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F \\
 &= \frac{3,53^2}{2 \times 1 \times 32,174} + \frac{80}{32,174} + \frac{0}{62,18} + 1,06 \\
 &= 3,74
 \end{aligned}$$

Menghitung daya pompa

$$\begin{aligned}
 W_p &= \frac{(-W_s) \times Q \times \rho}{550} \\
 &= \frac{3,74 \times 1,23 \times 62,18}{550} \\
 &= 0,52 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk kapasitas (Q)} &= 458,13 \text{ gpm} \\ \eta \text{ pompa} &= 82\% \quad (\text{Peter \& Timmerhauss, fig. 14-37, hal. 520}) \end{aligned}$$

$$\text{BHP} = \frac{W_p}{\eta \text{ pompa}} = \frac{0,52}{0,82} = 0,63 \text{ Hp}$$

$$\eta \text{ motor} = 81\% \quad (\text{Peter \& Timmerhauss, fig. 14-37, hal. 520})$$

$$\begin{aligned} \text{Daya motor} &= \frac{\text{BHP}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{0,63}{0,81} \\ &= 0,78 \text{ Hp} = 1 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa

- Tipe = *Centrifugal Pump*
- Daya pompa = 1 Hp
- Bahan = *Carbon Steel*
- Jumlah = 1 buah

4. KATION EXCHANGER (D-221 A)

Fungsi : Menghilangkan ion - ion positif yang dapat menyebabkan terjadi kesadahan air

Resin : Resin yang digunakan adalah Samyang trilite MC-08

Total Exchange Capacity (TEC) kation:

$$\begin{aligned} \text{TEC} &= 2 \text{ eq/L} = 2 \text{ meq/mL} \\ &= 43,7 \text{ kg/ft}^3 = 96,4 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

Asumsi kesadahan TDS

$$\text{Total kation: } 70 \text{ mg/L} = 0,004370 \text{ lb/ft}^3$$

Bahan : *Carbon Steel* SA 240 Grade M Tipe 316

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 122709,56 kg/jam
= 270525,50 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,1785 lb/ft³

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\ &= \frac{270525,50}{62,18} \\ &= 4350,8 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$= 1,2 \quad \text{ft}^3/\text{detik}$$

$$= 451,7 \quad \text{gpm}$$

Penentuan kapasitas resin

$$V_R = \frac{Q \cdot t \cdot \text{TDS} \cdot 15.45}{\text{TEC} \cdot 35.34 \cdot \eta}$$

$$V_P = Q \cdot t$$

$$V_R = \frac{V_P \cdot \text{TDS} \cdot 0.4372}{\text{TEC} \cdot \eta}$$

Volume kation

$$V_R = \frac{4350,79 \times 1 \times 0,00437 \times 0,44}{96,3585 \times 0,90}$$

$$= 0,10 \quad \text{ft}^3$$

$$= 2,71 \quad \text{L}$$

Diambil volume resin $V_R = 2,71 \quad \text{L}$ (untuk lama waktu siklus 1 jam)

Sehingga untuk lama waktu siklus 1 tahun dibutuhkan resin sebanyak:

$$V_R = 2,71 \quad \text{L} \times 24 \quad \text{jam} \times 330 \quad \text{hari}$$

$$= 21496,97 \quad \text{L}$$

$$= 21,50 \quad \text{m}^3$$

Direncanakan:

- Tangki berbentuk silinder
- Kecepatan air = 3 gpm/ft²
- Tinggi bed = 4 m
- Tinggi tangki = 1,5 diameter

$$\text{Luas penampang tangki} = \frac{\text{rate volumetrik}}{\text{kecepatan air}}$$

$$= \frac{451,67}{3}$$

$$= 150,56 \quad \text{ft}^2$$

$$\text{Volume resin} = \text{Luas} \times \text{Tinggi bed}$$

$$21,50 = \text{Luas} \times 4$$

$$\text{Luas} = 5,37 \quad \text{m}^2$$

$$\text{Diameter bed} = \frac{A}{\pi/4}$$

$$= \frac{5,37}{3,14 \times 4}$$

$$= 0,65 \quad \text{m}$$

$$\begin{aligned} \text{Direncanakan H/D} &= 1,5 \\ H &= 1,5 \times 0,6541 \\ H &= 0,98 \text{ m} \end{aligned}$$

Diasumsikan :

$$\begin{aligned} \text{Kandungan Kation} &= 70 \text{ ppm} \\ &= 0,004370 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 0,004370 \times 1,21 \\ &= 0,005281 \text{ lb/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TEC} &= 759,17 * 96,4 \\ &= 73152,062 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Umur resin} &= \frac{73152,062}{0,005281} \\ &= 13850628 \text{ detik} \\ &= 3847,3968 \text{ jam} \end{aligned}$$

Jadi setelah 3847,4 jam resin harus segera diregenerasi dengan menambahkan asam klorida atau asam sulfat

Spesifikasi Peralatan

- Bahan = *Carbon Steel* SA 240 Grade M Tipe 316
- Diameter = 0,65 m
- Tinggi = 0,98 m
- Jumlah = 1 buah

5. ANION EXCHANGER (D-214 B)

Fungsi : Menghilangkan ion-ion negatif yang dapat menyebabkan terjadi kesadahan air

Resin : Resin yang digunakan adalah Samyang Trilite MA-12

Total Exchange Capacity (TEC) kation:

$$\begin{aligned} \text{TEC} &= 1,3 \text{ eq/L} = 1,3 \text{ meq/mL} \\ &= 28,4 \text{ kg/ft}^3 = 62,6 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

Asumsi kesadahan TDS

$$\text{Total anion: } 80 \text{ mg/L} = 0,004994 \text{ lb/ft}^3$$

Bahan: *Carbon Steel* SA 240 Grade M Tipe 316

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 122709,56 kg/jam
= 270525,50 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,178 lb/ft³

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\
 &= \frac{270525,50}{62,18} \\
 &= 4350,79 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
 &= 1,21 \text{ ft}^3/\text{detik} \\
 &= 451,67 \text{ gpm}
 \end{aligned}$$

Penentuan kapasitas resin

$$\begin{aligned}
 V_R &= \frac{Q \cdot t \cdot \text{TDS} \cdot 15,45}{\text{TEC} \cdot 35,34 \cdot \eta} && (\text{Pure Water Care, 2014}) \\
 V_P &= Q \cdot t \\
 V_R &= \frac{V_P \cdot \text{TDS} \cdot 0,4372}{\text{TEC} \cdot \eta}
 \end{aligned}$$

Volume anion

$$\begin{aligned}
 V_R &= \frac{4350,79 \times 1 \times 0,004994 \times 0,4372}{62,633025 \times 0,90} \\
 &= 0,17 \text{ ft}^3 \\
 &= 4,77 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Diambil volume resin $V_R = 4,77 \text{ L}$ (untuk lama waktu siklus 1 jam)

Sehingga untuk lama waktu siklus 1 tahun dibutuhkan resin sebanyak:

$$\begin{aligned}
 V_R &= 4,77 \text{ L} \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\
 &= 37796,88 \text{ L} \\
 &= 37,80 \text{ m}^3 = 1334,8 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

Direncanakan:

- Tangki berbentuk silinder
- Kecepatan air = 3 gpm/ft²
- Tinggi bed = 4 m
- Tinggi tangki = 1,5 diameter

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang tangki} &= \frac{\text{rate volumetrik}}{\text{kecepatan air}} \\
 &= \frac{451,67}{3} \\
 &= 150,56 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume resin} &= \text{Luas} \times \text{Tinggi bed} \\
 37,80 &= \text{Luas} \times 4 \\
 \text{Luas} &= 9,45 \text{ m}^2 \\
 \text{Diameter bed} &= \frac{A}{\pi/4} \\
 &= \frac{9,4492}{3,14 \times 4} \\
 &= 0,87 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Direncanakan H/D} &= 1,5 \\
 H &= 1,5 \times 0,87 \\
 H &= 1,30 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan :

$$\begin{aligned}
 \text{Kandungan Anion} &= 80 \text{ ppm} \\
 &= 0,004994 \text{ lb/ft}^3 \\
 &= 0,004994 \times 1,21 \\
 &= 0,006036 \text{ lb/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{TEC Total} &= 1334,80 * 62,633 \\
 &= 83602,356 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Umur resin} &= \frac{83602,356}{0,004994} \\
 &= 16739219 \text{ detik} \\
 &= 4649,7831 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Jadi setelah 4649,78 jam resin harus segera diregenerasi dengan menambahkan natrium hidroksida

Spesifikasi Peralatan

- Bahan = *Carbon Steel* SA 240 Grade M Tipe 316
- Diameter = 0,87 m
- Tinggi = 1,30 m
- Jumlah = 1 buah

6. BAK AIR LUNAK (F-215)

Fungsi : Menampung air bersih untuk didistribusikan ke proses selanjutnya

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 122709,56 kg/jam
- = 270525,50 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,178 lb/ft³

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\
 &= \frac{270525,50}{62,178} \\
 &= 4350,79 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
 &= 123,20 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu tinggal} &= 8 \text{ jam} \\
 \text{Volume air} &= \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\
 &= 123,20 \times 8 \\
 &= 985,61 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume air} &= 80\% \text{ volume bak, sehingga:} \\
 \text{Volume bak} &= \frac{985,61 \text{ m}^3}{0,8} \\
 &= 1232,01 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Bak berbentuk persegi panjang dengan rasio:

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang : Lebar : Tinggi} &= 5 : 3 : 2 \\
 \text{Volume bak} &= 5 y \times 3 y \times 2 y \\
 &= 30 y^3
 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume baku} &= 30 y^3 \\
 1232,01 \text{ m}^3 &= 30 y^3 \\
 x &= 3,45 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi, dimensi bak air bersih:

- Panjang = 5 x 3,45 = 17,25 m = 18 m
- Lebar = 3 x 3,45 = 10,35 m = 11 m
- Tinggi = 2 x 3,45 = 6,90 m = 7 m

Spesifikasi Bak Air Lunak:

- Bentuk = Persegi Panjang
- Panjang = 18 m
- Lebar = 11 m
- Tinggi = 7 m
- Bahan = Beton
- Jumlah = 1 buah

7. POMPA (L-216)

Fungsi : Memompakan air dari bak air lunak untuk didistribusikan menuju peralatan proses, air pendingin, dan ke deaerator yang akan di treatment sebagai air umpan boiler

Tipe : *Centrifugal Pump*

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 122709,56 kg/jam
= 270525,50 lb/jam
- densitas (ρ) air = 0,9956 kg/L
= 62,1785 lb/ft³
- viskositas (μ) = 0,8007 cp
= 0,000538 lb/ft.detik

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\ &= \frac{270525,50}{62,1785} \\ &= 4350,79 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 1,21 \text{ ft}^3/\text{detik} \\ &= 451,71 \text{ gpm} \end{aligned}$$

Diasumsikan aliran turbulen ($N_{Re} > 2100$), maka:

$$\text{ID optimal} = 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peter \& Timmerhauss, hal 496})$$

$$\begin{aligned} \text{ID optimal} &= 3,9 \times (1,2086)^{0,45} \times (62,1785)^{0,13} \\ &= 7,27 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Standarisasi ID} = 8 \text{ in sch 40} \quad (\text{Geankoplis, App A-5, hal. 996})$$

$$\text{OD} = 8,6250 \text{ in} = 0,7188 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 7,9810 \text{ in} = 0,6651 \text{ ft}$$

$$\text{A} = 0,3474 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Laju aliran fluida (V)} &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{1,21}{0,35} \\ &= 3,48 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

Cek jenis aliran fluida:

$$N_{Re} = \frac{D \times V \times \rho}{\mu} = \frac{0,6651 \times 3,48 \times 62,1785}{0,000538}$$

$$= 267382,05$$

Karena $N_{Re} > 2100$, maka jenis fluida adalah turbulen.

Ditentukan bahan pipa adalah *carbon steel*, sehingga didapatkan:

$$\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} = 0,00015 \text{ ft} \quad (\text{Geankoplis, fig. 2.10-3 hal. 94})$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,0001509}{0,6651} = 0,00023$$

$$f = 0,0035 \quad (\text{Geankoplis, fig. 2.10-3 hal. 94})$$

Direncanakan:

a. Panjang pipa lurus = 120 ft = 36,58 m

b. Tee = 1 buah

$$Le/D = 50 \quad (\text{Geankoplis, tabel 2.10-1, hal. 99})$$

$$L \text{ tee} = 50 \text{ ID}$$

$$= 50 \times 1 \times 0,6651$$

$$= 33,25 \text{ ft}$$

c. Gate valve = 1 buah (wide open)

$$Le/D = 9 \quad (\text{Geankoplis, tabel 2.10-1, hal. 99})$$

$$L \text{ elbow} = 9 \text{ ID}$$

$$= 9 \times 1 \times 0,6651 = 5,99 \text{ ft}$$

Dari tabel 2.10.1, hal 93 didapatkan:

$$K_f = 1 \times 0,17 = 0,17$$

Jadi, total panjang pipa:

$$\Delta L = 120 + 33,25 + 5,99$$

$$= 159,24 \text{ ft}$$

Menentukan friction loss

1. Friksi pada pipa lurus

$$F_f = \frac{4 \times f \times v^2 \times \Delta L}{2 \times \alpha \times g_c \times D}$$

$$= \frac{4 \times 0,0035 \times 12,10 \times 159,24}{2 \times 1 \times 32,174 \times 0,6651}$$

$$= 0,63 \text{ lbf.ft/lbm}$$

2. Kontraksi

$$K_c = 0,55 \times (1 - (A_2 - A_1))$$

$$\begin{aligned} & (A_2/A_1 = 0 \text{ karena nilai } A_1 \gg A_2) \\ & = 0,55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} hc &= K_c \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \\ &= 0,55 \times \frac{12,1024}{2 \times 1 \times 32,174} \\ &= 0,1034 \text{ lbf.ft/lbm} \end{aligned}$$

3. Ekspansi

$$\begin{aligned} K_{eks} &= (1 - (A_2 - A_1))^2 \\ &= (1 - 0)^2 \\ &= 1 \\ h_{eks} &= \frac{K_{eks} \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \\ &= \frac{1 \times 12,10}{2 \times 1 \times 32,174} \\ &= 0,19 \text{ lbf.ft/lbm} \end{aligned}$$

4. Tee = 1 buah

$$\begin{aligned} K_f &= 1 && (\text{Geankoplis, Tabel 2.10-1 hal. 99}) \\ hf &= 1 \frac{K_f \times v^2}{2 \times gc} \\ &= 1 \frac{1 \times 12,10}{2 \times 32,174} \\ &= 0,19 \text{ lbf.ft/lbm} \end{aligned}$$

5. Gate valve = 3 buah

$$\begin{aligned} K_f &= 0,17 && (\text{Geankoplis, Tabel 2.10-1 hal. 99}) \\ hf &= 3 \frac{K_f \times v^2}{2 \times gc} \\ &= 3 \frac{0,17 \times 12,10}{2 \times 32,174} \\ &= 0,10 \text{ lbf.ft/lbm} \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Total friksi } (\sum F) &= F_f + hc + h_{eks} + hf \\ &= 0,63 + 0,10 + 0,19 + 0,28 \\ &= 1,21 \text{ lbf.ft/lbm} \end{aligned}$$

Menentukan tenaga penggerak pompa:

Dari Geankoplis, pers. 2.7-28, hal. 64 didapatkan:

$$\frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot gc} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0$$

Direncanakan:

$$\Delta Z = 80 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta V = 3,4789 \text{ ft/detik}$$

$$\alpha = 1 \quad (\text{aliran turbulen})$$

Sehingga didapatkan:

$$\begin{aligned} -W_s &= \frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot gc} + \frac{\Delta Z}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F \\ &= \frac{3,4789^2}{2 \times 1 \times 32,174} + \frac{80}{32,174} + \frac{0}{62,18} + 1,21 \\ &= 3,88 \end{aligned}$$

Menghitung daya pompa

$$\begin{aligned} W_p &= \frac{(-W_s) \times Q \times \rho}{550} \\ &= \frac{3,88 \times 1,21 \times 62,18}{550} \\ &= 0,53 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Untuk kapasitas (Q) = 451,71 gpm

η pompa = 82% (Peter & Timmerhauss, fig. 14-37, hal. 520)

$$\text{BHP} = \frac{W_p}{\eta \text{ pompa}} = \frac{0,53}{0,82} = 0,65 \text{ Hp}$$

η motor = 82% (Peter & Timmerhauss, fig. 14-37, hal. 520)

$$\begin{aligned} \text{Daya motor} &= \frac{\text{BHP}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{0,65}{0,82} \\ &= 0,79 \text{ Hp} = 1 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa

- Tipe = *Centrifugal Pump*
- Daya pompa = 1 Hp
- Bahan = *Carbon Steel*
- Jumlah = 1 buah

$$= 0,25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, total tinggi tangki} &= L_s + 2 (h) \\ &= 1,94 + 2 (0,25) \\ &= 2,45 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi Peralatan:

- Bentuk : *Horizontal Silinder*
- Dimensi : Tinggi = 1,94 m
Di = 1,29 m
- Bahan : *Carbon Steel SA 240 Grade M Tipe 316*
- Jumlah : 1 buah

9. BAK BOILER FEED WATER (F-218)

Fungsi : Sebagai tempat untuk menampung air bersih untuk air umpan

Dasar Perhitungan :

- Rate aliran = 2034,51 kg/jam
= 4485,29 lb/jam
- Densitas air (ρ) = 62,1785 lb/ft³

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\ &= \frac{4485,29}{62,1785} \\ &= 72,14 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 2,04 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu tinggal} &= 6 \text{ jam} \\ \text{Volume tinggal} &= \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 2,04 \times 6 \\ &= 12,25 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume liquid} &= 80\% \text{ volume bak, sehingga :} \\ \text{Volume bak} &= \frac{12,25}{80\%} \\ &= 15,31 \text{ m}^3 \\ &= 540,70 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Bak berbentuk persegi panjang dengan rasio :

$$\begin{aligned} \text{Panjang : Lebar : Tinggi} &= 5 : 3 : 2 \\ \text{Volume bak} &= 5 y \times 3 y \times 2 y \\ &= 30 y^3 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Volume baku} &= 30 \text{ y}^3 \\ 15,31 &= 30 \text{ y}^3 \\ \text{y}^3 &= 0,51 \\ \text{y} &= 0,80 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi panjang bak boiler feed water :

$$\begin{aligned} - \text{ Panjang} &= 5 \times 0,80 = 4,00 \approx 4 \text{ m} \\ - \text{ Lebar} &= 3 \times 0,80 = 2,40 \approx 2 \text{ m} \\ - \text{ Tinggi} &= 2 \times 0,80 = 1,60 \approx 2 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi alat :

Nama alat : Bak Boiler Feed Water (F-218)
 Fungsi : Tempat untuk menampung air bersih untuk air umpan boiler
 Bentuk : Persegi Panjang
 Panjang : 4 m
 Lebar : 2 m
 Tinggi : 2 m
 Bahan : Beton
 Jumlah : 1 buah

10. POMPA (L-219)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak boiler feed water menuju ke boiler
 Tipe : *Centrifugal pump*

Dasar Perhitungan :

$$\begin{aligned} - \text{ Rate aliran} &= 2034,51 \text{ kg/jam} \\ &= 4485,29 \text{ lb/jam} \\ - \text{ Densitas air } (\rho) &= 0,9956 \text{ kg/L} \\ &= 62,1785 \text{ lb/ft}^3 \\ - \text{ Viskositas } (\mu) &= 0,8007 \text{ cp} \\ &= 0,000538 \text{ lb/ft detik} \end{aligned}$$

Perhitungan :

a. Menghitung rate volumetrik

$$\begin{aligned} Q &= \frac{\text{rate aliran}}{\rho \text{ air}} = \frac{4485,29}{62,1785} = 72,14 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,02 \text{ ft}^3/\text{detik} \\ &= 7,49 \text{ gpm} \end{aligned}$$

b. Menentukan dimensi pipa

$$\begin{aligned} \text{Di optimal} &= 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &\quad \text{(Peter and Timmerhauss, pers. 15, hal 496)} \\ &= 3,9 \times 0,0200377^{0,45} \times 62,18^{0,13} \\ &= 1,1483 \text{ in} \end{aligned}$$

Standarisasi Di = 2 in sch 40

Sehingga :

(Geankoplis, tabel A.5-1, hal 892)

$$OD = 2,3750 \text{ in} = 0,1979 \text{ ft}$$

$$ID = 2,0670 \text{ in} = 0,1723 \text{ ft}$$

$$A = 0,0233 \text{ ft}^2$$

c. Menghitung kecepatan aliran fluida

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0200}{0,0233} = 0,8600 \text{ ft/detik}$$

$$N_{Re} = \frac{D v \rho}{\mu} = \frac{0,1723 \times 0,8600 \times 62,1785}{0,0005}$$

$$= 17118,72 \geq 2100 \text{ (aliran turbulen)}$$

$$\alpha = 1$$

d. Menghitung panjang pipa dan friction loss

Ditentukan bahan pipa adalah commercial steel, sehingga diperoleh :

$$\epsilon = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} = 0,0002 \text{ ft} \quad (\text{Geankoplis, fig. 2.10-3, hal. 96})$$

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0,0002}{0,1723} = 0,0009$$

$$f = 0,0100 \quad (\text{Geankoplis, fig. 2.10-3, hal. 96})$$

Panjang pipa :

Asumsi :

a. Panjang pipa lurus = 80 ft

b. Elbow 90° = 1 buah

$$Le/D = 35 \quad (\text{Geankoplis, tabel 2.10-1, hal 99})$$

$$Le = 35 \times 1 \times 0,17$$

$$= 6,03 \text{ ft}$$

c. Gate valve = 1 buah (wide open)

$$Le/D = 9 \quad (\text{Geankoplis, tabel 2.10-1, hal 99})$$

$$Le = 9 \times 1 \times 0,17$$

$$= 1,55 \text{ ft}$$

Panjang pipa (L) = pipa lurus + elbow 90° + gate valve

$$= 80 + 6,03 + 1,55$$

$$= 87,58 \text{ ft}$$

Friksion loss

- Friksi pada pipa lurus

$$F_f = 4f \frac{\Delta L}{D \alpha} \times \frac{v^2}{2g_c} \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-6, hal 93})$$

$$= 4 \times 0,0100 \times \frac{87,5790}{0,1723 \times 1} \times \frac{0,8600}{2 \times 32,1740}$$

$$= 0,27 \text{ lbf ft/lbm}$$

- Sudden contraction

Tangki sangat besar, maka dianggap $A_1 = 0$

$$\begin{aligned}
 h_c &= 0,55 \times 1 - \frac{A_2}{A_1} \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times g_c} && \text{(Geankoplis, pers 2.10-16, hal 98)} \\
 &= 0,55 \times 1 - 0 \times \frac{0,8600^2}{2 \times 1 \times 32,1740} \\
 &= 0,006 \quad \text{lbf ft/lbm}
 \end{aligned}$$

- Sudden expansion

$$\begin{aligned}
 h_{ex} &= 1 - \frac{A_2}{A_1} \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times g_c} && \text{(Geankoplis, pers 2.10-15, hal 98)} \\
 &= 1 - 0 \times \frac{0,8600^2}{2 \times 1 \times 32,1740} \\
 &= 0,011 \quad \text{lbf ft/lbm}
 \end{aligned}$$

- Elbow 90°, 1 buah

$$\begin{aligned}
 K_f &= 0,75 && \text{(Geankoplis, tabel 2.10-2, hal 91)} \\
 h_f &= K_f \times \frac{v^2}{2g_c} \\
 &= 0,75 \times \frac{0,8600^2}{2 \times 32,1740} \\
 &= 0,009 \quad \text{lbf ft/lbm}
 \end{aligned}$$

- Gate valve, 1 buah

$$\begin{aligned}
 K_f &= 0,17 \\
 h_f &= K_f \times \frac{v^2}{2g_c} \\
 &= 0,17 \times \frac{0,8600^2}{2 \times 32,1740} \\
 &= 0,002 \quad \text{lbf ft/lbm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total friksi } (\Sigma F) &= F_f + h_c + h_{ex} + h_f \text{ elbow } 90^\circ + h_f \text{ gate valve} \\
 &= 0,30 \quad \text{lbf ft/lbm}
 \end{aligned}$$

- e. Menentukan daya pompa

Direncanakan :

$$\begin{aligned}
 \Delta Z &= 40 \quad \text{ft} \\
 \Delta P &= 0 \quad \text{lb/ft}^2 \quad (\text{karena } P_1 = P_2) \\
 v_1 &= 0 \quad \text{ft/detik} \quad (\text{karena fluida diam}) \\
 v_2 &= 0,8600 \quad \text{ft/detik} \\
 \alpha &= 0,00045
 \end{aligned}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \alpha g_c} + \frac{g \Delta Z}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

(Geankoplis, pers 2.7-28, hal 68)

$$\frac{0,8600^2}{2 \times 0,00045 \times 32,174} + \frac{32,174 \times 30}{32,174} + 0 + 0,3002 = -W_s$$

$$W_s = -65,841 \text{ lbf ft/lbm}$$

Dari Peter and Timmerhauss, fig. 14-37, hal 520, didapatkan :

Efisiensi pompa (η) = 45%

$$W_s = -\eta \times W_p$$

$$-65,84 = -45\% \times W_p$$

$$W_p = 146,31 \text{ lbf ft/lbm}$$

$$\begin{aligned} \text{Mass flow rate (m)} &= Q \times \rho \\ &= 72,14 \times 62,1785 \\ &= 4485,29 \text{ lb/jam} \\ &= 1,25 \text{ lb/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pump horsepower} &= W_p \times m \times \frac{1 \text{ Hp}}{550 \text{ ft.lbf/s}} \\ &= 146,314 \times 1,2459 \times \frac{1 \text{ Hp}}{550 \text{ ft.lbf/s}} \\ &= 0,33 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Broke horse power} &= \frac{\text{pump horsepower}}{\eta} \\ &= \frac{0,331443}{45\%} \\ &= 0,74 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dari Peter and Timmerhauss fig 14.38 hal 521, didapatkan :

Efisiensi motor = 80%

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= \frac{\text{pump horse power}}{\text{efisiensi motor}} \\ &= \frac{0,33}{80\%} \\ &= 0,41 \text{ Hp} \approx 1 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi alat :

Nama alat : Pompa Sentrifugal (L-219)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak boiler feed water menuju

	ke boiler
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Kapasitas	: 7,49 gal/menit
Efisiensi pompa	: 45%
Efisiensi motor	: 80%
Daya	: 1 Hp
Dimensi pompa	: 1 1/2 in sch 40
	OD = 2,3750 in
	ID = 2,0670 in
	A = 0,0233 ft ²
Jumlah	: 1 buah

11. BOILER (Q-210)

(Lihat pada poin 1. Air Umpan Boiler)

12. BAK AIR PENDINGIN (F-221)

Fungsi : Sebagai tempat penampung air pendingin sebelum masuk ke alat proses

Dasar Perencanaan :

- Rate aliran	= 113216,44 kg/jam
	= 249596,96 lb/jam
- Densitas air (ρ)	= 0,9956 kg/L
	= 62,1785 lb/ft ³

Perhitungan :

Rate volumetrik (Q)	= $\frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}}$
	= $\frac{249596,9629}{62,1785}$
	= 4014,20 ft ³ /jam
	= 113,60 m ³ /jam
Waktu tinggal	= 6 jam
Volume tinggal	= rate volumetrik \times waktu tinggal
	= 113,6019 \times 6
	= 681,61 m ³
Volume liquid	= 80% volume bak, sehingga :
Volume bak	= $\frac{681,61}{80\%}$

$$= 852,01 \text{ m}^3$$

$$= 30088,64 \text{ ft}^3$$

Bak berbentuk persegi panjang dengan rasio :

$$\text{Panjang : Lebar : Tinggi} = 5 : 3 : 2$$

$$\text{Volume bak} = 5 y \times 3 y \times 2 y$$

$$= 30 y^3$$

Sehingga :

$$\text{Volume bak} = 30 y^3$$

$$852,01 = 30 y^3$$

$$y^3 = 28,40$$

$$y^3 = 3,05 \text{ m}$$

Jadi panjang bak pendingin :

$$\begin{aligned} - \text{ Panjang} &= 5 \times 3,05 = 15,25 \approx 16 \text{ m} \\ - \text{ Lebar} &= 3 \times 3,05 = 9,15 \approx 10 \text{ m} \\ - \text{ Tinggi} &= 2 \times 3,05 = 6,10 \approx 7 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi alat :

Nama alat : Bak air pendingin (F-221)
 Fungsi : Sebagai tempat penampung air pendingin sebelum masuk ke alat proses
 Bentuk : Persegi Panjang
 Panjang : 16 m
 Lebar : 10 m
 Tinggi : 7 m
 Bahan : Beton
 Jumlah : 1 buah

13. POMPA (L-222)

Fungsi : Mengalirkan air pendingin dari bak air pendingin menuju ke alat proses
 Tipe : *Centrifugal pump*

Dasar Perhitungan :

$$\begin{aligned} - \text{ Rate aliran} &= 113216,44 \text{ kg/jam} \\ &= 249596,96 \text{ lb/jam} \\ - \text{ Densitas air } (\rho) &= 0,9956 \text{ kg/L} \\ &= 62,1785 \text{ lb/ft}^3 \\ - \text{ Viskositas } (\mu) &= 0,8007 \text{ cp} \\ &= 0,000538 \text{ lb/ft detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Le &= 35 \times 2 \times 0,6651 \\
 &= 46,56 \text{ ft} \\
 \text{d. Gate valve} &= 1 \text{ buah (wide open)} \\
 Le/D &= 9 \quad (\text{Geankoplis, tabel 2.10-1, hal 99}) \\
 Le &= 9 \times 1 \times 0,6651 \\
 &= 5,99 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang pipa (L)} &= \text{pipa lurus} + \text{tee} + \text{elbow } 90^\circ + \text{gate valve} \\
 &= 120 + 33,25 + 46,56 + 5,99 \\
 &= 205,80 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Friksion loss

- Friksi pada pipa lurus

$$\begin{aligned}
 F_f &= 4f \frac{\Delta L}{D \alpha} \times \frac{v^2}{2g_c} \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-6, hal 93}) \\
 &= 4 \times 0,0100 \times \frac{205,7958}{0,6651 \times 1} \times \frac{3,2097}{2 \times 32,1740} \\
 &= 0,62 \text{ lbf ft/lbm}
 \end{aligned}$$

- Sudden contraction

Tangki sangat besar, maka dianggap $A_1 = 0$

$$\begin{aligned}
 h_c &= 0,55 \times 1 - \frac{A_2}{A_1} \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times g_c} \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-16, hal 98}) \\
 &= 0,55 \times 1 - 0 \times \frac{3,21^2}{2 \times 1 \times 32,17} \\
 &= 0,09 \text{ lbf ft/lbm}
 \end{aligned}$$

- Sudden expansion

$$\begin{aligned}
 h_{ex} &= 1 - \frac{A_2}{A_1} \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times g_c} \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-15, hal 98}) \\
 &= 1 - 0 \times \frac{3,21^2}{2 \times 1 \times 32,17} \\
 &= 0,16 \text{ lbf ft/lbm}
 \end{aligned}$$

- Tee, 1 buah

$$\begin{aligned}
 K_f &= 1 \quad (\text{Geankoplis, tabel 2.10-2, hal 99}) \\
 h_f &= K_f \frac{v^2}{2g_c} \quad (\text{Geankoplis, tabel 2.10-2, hal 99}) \\
 &= 1,0 \times \frac{3,21^2}{2 \times 32,17} \\
 &= 0,16 \text{ lbf ft/lbm}
 \end{aligned}$$

- Elbow 90°, 2 buah

$$K_f = 0,75 \quad (\text{Geankoplis, tabel 2.10-2, hal 99})$$

$$\begin{aligned} h_f &= 2 K_f \frac{v^2}{2g_c} && (\text{Geankoplis, tabel 2.10-2, hal 99}) \\ &= 2 \times 0,75 \times \frac{3,21^2}{2 \times 32,17} \\ &= 0,24 \text{ lbf ft/lbm} \end{aligned}$$

- Gate valve, 1 buah

$$K_f = 0,2 \quad (\text{Geankoplis, tabel 2.10-2, hal 99})$$

$$\begin{aligned} h_f &= K_f \frac{v^2}{2g_c} && (\text{Geankoplis, tabel 2.10-2, hal 99}) \\ &= 0,2 \times \frac{3,21^2}{2 \times 32,17} \\ &= 0,03 \text{ lbf ft/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total friksi } (\sum F_f) &= F_f + h_c + h_{ex} + h_f \text{ tee} + h_f \text{ elbow } 90^\circ + h_f \text{ gate valve} \\ &= 0,62 + 0,09 + 0,16 + 0,16 + 0,24 + 0,03 \\ &= 1,29 \text{ lbf ft/lbm} \end{aligned}$$

- e. Menentukan daya pompa

Direncanakan :

$$\Delta Z = 40 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0 \text{ lb/ft}^2 \quad (\text{karena } P_1 = P_2)$$

$$v_1 = 0 \text{ ft/detik} \quad (\text{karena fluida diam})$$

$$v_2 = 3,2097 \text{ ft/detik}$$

$$\alpha = 1$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \alpha g_c} + \frac{g \Delta Z}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

(Geankoplis, pers 2.7-28, hal 68)

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \alpha g_c} + \frac{g \Delta Z}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F = -W_s$$

$$\frac{3,2097^2}{2 \times 1 \times 32,174} + \frac{32,174 \times 30}{32,1740} + 0 + 1,293 = -W_s$$

$$W_s = -41,45 \text{ lbf ft/lbm}$$

Dari Peter and Timmerhauss, fig. 14-37, hal 520, didapatkan :

Efisiensi pompa (η) = 80%

$$\begin{aligned} W_s &= \eta \times W_p \\ -41,45 &= 80\% \times W_p \\ W_p &= 51,82 \text{ lbf ft/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mass flow rate (m)} &= Q \times \rho \\ &= 4014,20 \times 62,1785 \\ &= 249596,96 \text{ lb/jam} \\ &= 69,33 \text{ lb/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pump horsepower} &= W_p \times m \times \frac{1 \text{ Hp}}{550 \text{ ft.lbf/s}} \\ &= 51,8164 \times 69,33 \times \frac{1 \text{ Hp}}{550 \text{ ft.lbf/s}} \\ &= 6,53 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Broke Horse Power} &= \frac{\text{pump horse power}}{\eta} \\ &= \frac{6,53}{80\%} \\ &= 8,16 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dari Peter and Timmerhauss fig 14.38 hal 521, didapatkan :

Efisiensi motor = 86%

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= \frac{\text{pump horse power}}{\text{efisiensi motor}} \\ &= \frac{6,53}{86\%} \\ &= 7,60 \text{ Hp} \approx 8 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi alat :

Nama alat	: Pompa Sentrifugal (L-222)
Fungsi	: Mengalirkan air pendingin dari bak air pendingin menuju ke alat proses
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Kapasitas	: 416,7278 gpm
Efisiensi pompa	: 80%
Efisiensi motor	: 86%
Daya	: 8 Hp
Dimensi pompa	: 8 in sch 40

$$\begin{aligned} \text{OD} &= 8,6250 \text{ in} \\ \text{ID} &= 7,9810 \text{ in} \\ \text{A} &= 0,3474 \text{ ft}^2 \\ \text{Jumlah} &: 1 \text{ buah} \end{aligned}$$

14. COOLING TOWER (P-220)

Fungsi : Menurunkan suhu air pendingin setelah keluar dari alat proses

Dasar Perhitungan :

$$\begin{aligned} - \text{ Rate aliran} &= 113216,44 \text{ kg/jam} \\ &= 249596,96 \text{ lb/jam} \\ - \text{ Densitas air } (\rho) &= 0,9956 \text{ kg/L} \\ &= 62,1785 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} Q &= \frac{\text{rate aliran}}{\rho \text{ air}} = \frac{249596,96}{62,1785} = 4014,20 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 1,12 \text{ ft}^3/\text{detik} \\ &= 500,48 \text{ gal/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Suhu wet bulb udara} &= 25 \text{ }^\circ\text{C} = 77 \text{ }^\circ\text{F} \\ - \text{ Suhu air masuk tower} &= 60 \text{ }^\circ\text{C} = 140 \text{ }^\circ\text{F} \\ - \text{ Suhu air pendingin} &= 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F} \end{aligned}$$

Digunakan Counter Flow Included-draft Tower

Dari Perry's 7th ed, fig. 12-14, hal. 12-16, didapatkan konsentrasi air 3,00 gal/m ft². Sehingga luas yang dibutuhkan :

$$A = \frac{500,48}{3,00} = 166,83 \text{ ft}^2$$

Menghitung diameter :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{\pi}{4} d^2 \\ 166,83 &= \frac{3,14}{4} d^2 \\ d^2 &= 212,52 \\ d &= 14,58 \text{ ft} \end{aligned}$$

Menghitung volume :

$$\text{Direncanakan tinggi tower (L)} = 3 d$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 L &= 3 \times 14,58 \\
 &= 43,73 \text{ ft} \\
 \text{Volume} &= \frac{\pi}{4} d^2 L \\
 &= \frac{3,14}{4} \times 14,5779^2 \times 43,734 \\
 &= 7295,916 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

Dari Perry's 7thed, fig. 12-15, hal. 12-17, didapatkan standart power performance adalah 90%, maka :

$$\begin{aligned}
 \frac{\text{Hp fan}}{\text{Luas tower area}} &= 0,025 \text{ Hp/ft}^2 \\
 \text{Hp fan} &= 0,025 \times 166,825 \\
 \text{Hp fan} &= 4,1706 \text{ Hp} \approx 5 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi alat :

Nama alat	: Cooling tower (P-220)
Fungsi	: Menurunkan suhu air pendingin setelah keluar dari alat proses
Tipe	: Included Draft Tower
Diameter	: 14,58 ft
Tinggi	: 43,73 ft
Daya	: 5 Hp
Jumlah	: 1 buah

15. BAK KLORINASI (F-230)

Fungsi : Menampung air yang akan dinetralkan dengan reaksi klorinasi

Dasar Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 - \text{ Rate aliran} &= 1756,24 \text{ kg/jam} \\
 &= 3871,80 \text{ lb/jam} \\
 - \text{ Densitas air } (\rho) &= 0,9956 \text{ kg/L} \\
 &= 62,1785 \text{ lb/ft}^3
 \end{aligned}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\
 &= \frac{3871,80}{62,1785} \\
 &= 62,27 \text{ ft}^3/\text{jam} = 1,76 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Perhitungan kebutuhan Cl_2

Klorin (Cl_2) digunakan sebagai desinfektan untuk membunuh kuman dan juga sebagai oksidan dan kontrol warna dan bau dari air. Klorin yang digunakan dengan dosis penggunaan 0,5-1 mg/L.

$$\begin{aligned}\text{Volume air sanitasi} &= 1,76 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1762,22 \text{ L/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Cl}_2 \text{ yang dibutuhkan} &= 1 \text{ mg/L} \times 1762,22 \\ &= 1762,22 \text{ mg/jam} \\ &= 0,0018 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Cl}_2 \text{ untuk 1 hari} &= 0,00 \times 24 \text{ jam} \\ &= 0,0423 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu tinggal} &= 12 \text{ jam} \\ \text{Volume tinggal} &= \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 1,76 \times 12 \\ &= 21,15 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume liquid} &= 80\% \text{ volume bak, sehingga :} \\ \text{Volume bak} &= \frac{21,15}{80\%} \\ &= 26,43 \text{ m}^3 \\ &= 933,48 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

Bak berbentuk persegi panjang dengan rasio :

$$\begin{aligned}\text{Panjang : Lebar : Tinggi} &= 5 : 3 : 2 \\ \text{Volume bak} &= 5 y \times 3 y \times 2 y \\ &= 30 y^3\end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= 30 y^3 \\ 26,43 &= 30 y^3 \\ y^3 &= 0,88 \\ y &= 0,96 \text{ m}\end{aligned}$$

Jadi panjang bak klorinasi :

$$\begin{aligned}- \text{ Panjang} &= 5 \times 0,96 = 4,79 \approx 5 \text{ m} \\ - \text{ Lebar} &= 3 \times 0,96 = 2,88 \approx 3 \text{ m} \\ - \text{ Tinggi} &= 2 \times 0,96 = 1,92 \approx 2 \text{ m}\end{aligned}$$

Spesifikasi alat :

Nama alat	: Bak klorinasi (F-230)
Fungsi	: Menampung air yang akan dinetralkan dengan reaksi klorinasi
Bentuk	: Persegi Panjang
Panjang	: 5 m
Lebar	: 3 m
Tinggi	: 2 m
Bahan	: Beton
Jumlah	: 1 buah

16. POMPA (L-231)

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak klorinasi menuju bak air sanitasi
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>

Dasar Perhitungan :

- Rate aliran	=	1756,24	kg/jam
	=	3871,80	lb/jam
- Densitas air (ρ)	=	0,9956	kg/L
	=	62,1785	lb/ft ³
- Viskositas (μ)	=	0,8007	cp
	=	0,000538	lb/ft detik

Perhitungan :

a. Menghitung rate volumetrik

$$Q = \frac{\text{rate aliran}}{\rho \text{ air}} = \frac{3871,80}{62,1785} = 62,27 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,02 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

$$= 6,46 \text{ gpm}$$

b. Menentukan dimensi pipa

$$\text{Di optimal} = 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

(Peter and Timmerhauss, pers. 15, hal 496)

$$= 3,9 \times 0,0173^{0,45} \times 62,18^{0,13}$$

$$= 1,0748 \text{ in}$$

$$\text{Standarisasi Di} = 1\frac{1}{4} \text{ in sch 40}$$

Sehingga : *(Geankoplis, tabel A.5-1, hal 996)*

$$\text{OD} = 1,6600 \text{ in} = 0,1383 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 1,3800 \text{ in} = 0,1150 \text{ ft}$$

$$A = 0,0104 \text{ ft}^2$$

c. Menghitung kecepatan aliran fluida

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0173}{0,0104} = 1,6632 \text{ ft/detik}$$

$$N_{Re} = \frac{D v \rho}{\mu} = \frac{0,1150 \times 1,6632 \times 62,1785}{0,0005}$$

$$= 22103,22 \geq 2100 \quad (\text{aliran turbulen})$$

$$\alpha = 1$$

d. Menghitung panjang pipa dan friction loss

Ditentukan bahan pipa adalah commercial steel, sehingga diperoleh :

$$\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} = 0,00015 \text{ ft} \quad (\text{Geankoplis, fig. 2.10-3, hal. 93})$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,0001509}{0,1150} = 0,0013$$

$$f = 0,0100 \quad (\text{Geankoplis, fig. 2.10-3, hal. 94})$$

Panjang pipa :

Asumsi :

a. Panjang pipa lurus = 120 ft

b. Elbow 90° = 1 buah

$$Le/D = 35 \quad (\text{Geankoplis, tabel 2.10-1, hal 99})$$

$$Le = 35 \times 1 \times 0,12$$

$$= 4,03 \text{ ft}$$

c. Gate valve = 1 buah (wide open)

$$Le/D = 9 \quad (\text{Geankoplis, tabel 2.10-1, hal 99})$$

$$Le = 9 \times 1 \times 0,12$$

$$= 1,04 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang pipa (L)} = \text{pipa lurus} + \text{elbow } 90^\circ + \text{gate valve}$$

$$= 120 + 4,03 + 1,04$$

$$= 125,06 \text{ ft}$$

Friksion loss

- Friksi pada pipa lurus

$$F_f = 4f \frac{\Delta L}{D \alpha} \times \frac{v^2}{2g_c} \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-6, hal 92})$$

$$= 4 \times 0,0100 \times \frac{125,0600}{0,1150 \times 1} \times \frac{1,6632}{2 \times 32,1740}$$

$$= 1,12 \text{ lbf ft/lbm}$$

- Sudden contraction

Tangki sangat besar, maka dianggap $A_1 = 0$

$$h_c = 0,55 \times 1 - \frac{A_2}{A_1} \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times g_c}$$

(Geankoplis, pers 2.10-16, hal 98)

$$= 0,55 \times 1 - 0 \times \frac{1,6632^2}{2 \times 1 \times 32,1740}$$

$$= 0,024 \text{ lbf ft/lbm}$$

- Sudden expansion

$$h_{\text{ex}} = 1 - \frac{A_2}{A_1} \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times g_c} \quad (\text{Geankoplis, pers 2.10-15, hal 98})$$

$$= 1 - 0 \times \frac{1,6632^2}{2 \times 1 \times 32,1740}$$

$$= 0,043 \text{ lbf ft/lbm}$$

- Elbow 90°, 1 buah

$$K_f = 0,75 \quad (\text{Geankoplis, tabel 2.10-2, hal 99})$$

$$h_f = K_f \frac{v^2}{2g_c} \quad (\text{Geankoplis, tabel 2.10-2, hal 99})$$

$$= 0,75 \times \frac{1,6632^2}{2 \times 32,1740}$$

$$= 0,032 \text{ lbf ft/lbm}$$

- Gate valve, 1 buah

$$K_f = 0,17$$

$$h_f = K_f \frac{v^2}{2g_c}$$

$$= 0,17 \times \frac{1,6632^2}{2 \times 32,1740}$$

$$= 0,007 \text{ lbf ft/lbm}$$

$$\begin{aligned} \text{Total friksi } (\Sigma F) &= F_f + h_c + h_{\text{ex}} + h_f \text{ elbow } 90^\circ + h_f \text{ gate valve} \\ &= 1,12 + 0,024 + 0,043 + 0,032 + 0,007 \\ &= 1,23 \text{ lbf ft/lbm} \end{aligned}$$

e. Menentukan daya pompa

Direncanakan :

$$\Delta Z = 120 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0 \text{ lb/ft}^2 \quad (\text{karena } P_1 = P_2)$$

$$v_1 = 0 \text{ ft/detik} \quad (\text{karena fluida diam})$$

$$v_2 = 1,6632 \text{ ft/detik}$$

$$\alpha = 1$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \alpha g_c} + \frac{g \Delta Z}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0$$

(Geankoplis, pers 2.7-28, hal 68)

$$\frac{1,6632^2}{2 \times 1 \times 32,174} + \frac{32,174 \times 30}{32,1740} + 0 + 1,2305 = -W_s$$

$$W_s = -121,27 \text{ lbf ft/lbm}$$

Dari Peter and Timmerhauss, fig. 14-37, hal 520, didapatkan :

Efisiensi pompa (η) = 45%

$$W_s = -\eta \times W_p$$

$$-121,27 = -45\% \times W_p$$

$$W_p = 269,50 \text{ lbf ft/lbm}$$

$$\begin{aligned} \text{Mass flow rate (m)} &= Q \times \rho \\ &= 62,27 \times 62,1785 \\ &= 3871,80 \text{ lb/jam} \\ &= 1,08 \text{ lb/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pump horsepower} &= W_p \times m \times \frac{1 \text{ Hp}}{550 \text{ ft.lbf/s}} \\ &= 269,497 \times 1,0755 \times \frac{1 \text{ Hp}}{550 \text{ ft.lbf/s}} \\ &= 0,53 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Broke horsepower} &= \frac{\text{pump horsepower}}{\eta} \\ &= \frac{0,53}{45\%} \\ &= 1,17 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dari Peter and Timmerhauss fig 14.38 hal 521, didapatkan :

Efisiensi motor = 80%

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= \frac{\text{pump horse power}}{\text{efisiensi motor}} \\ &= \frac{0,53}{80\%} \\ &= 0,66 \text{ Hp} \approx 1 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi alat :

Nama alat	: Pompa Sentrifugal (L-231)
Fungsi	: Mengalirkan air dari bak klorinasi menuju bak air
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Kapasitas	: 6,4644 gal/menit
Efisiensi pompa	: 45%
Efisiensi motor	: 80%

Daya	:	1	Hp
Dimensi pompa	:	1¼ in sch 40	
		OD =	1,6600 in
		ID =	1,3800 in
		A =	0,0104 ft ²
Jumlah	:	1	buah

17. BAK SANITASI (F-232)

Fungsi : Tempat penampung air sanitasi

Dasar Perhitungan :

- Rate aliran	=	1756,24	kg/jam
	=	3871,80	lb/jam
- Densitas air (ρ)	=	0,9956	kg/L
	=	62,1785	lb/ft ³

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\ &= \frac{3871,80}{62,18} \\ &= 62,2692 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 1,7622 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 12 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tinggal} &= \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 1,76 \times 12 \\ &= 21,15 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume liquid} = 80\% \text{ volume bak, sehingga :}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= \frac{21,15}{80\%} \\ &= 26,43 \text{ m}^3 \\ &= 933,48 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Bak berbentuk persegi panjang dengan rasio :

$$\begin{aligned} \text{Panjang : Lebar : Tinggi} &= 5 : 3 : 2 \\ \text{Volume bak} &= 5 y \times 3 y \times 2 y \\ &= 30 y^3 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 30 y^3 \\ 26,43 &= 30 y^3 \\ y^3 &= 0,88 \\ y &= 0,96 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi panjang bak air sanitasi :

$$\begin{aligned} - \text{ Panjang} &= 5 \times 0,96 = 4,79 \approx 5 \text{ m} \\ - \text{ Lebar} &= 3 \times 0,96 = 2,88 \approx 3 \text{ m} \\ - \text{ Tinggi} &= 2 \times 0,96 = 1,92 \approx 2 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi alat :

Nama alat : Bak air sanitasi (F-232)
 Fungsi : Tempat penampung air sanitasi
 Bentuk : Persegi Panjang
 Panjang : 5 m
 Lebar : 3 m
 Tinggi : 2 m
 Bahan : Beton
 Jumlah : 1 buah

2. Unit Penyediaan Tenaga Listrik

Kebutuhan tenaga listrik pada Pra Rencana Pabrik Kalsium Hidroksida direncanakan dan disediakan oleh PLN dan generator set. Tenaga listrik dipergunakan untuk menggerakkan motor, penerangan, instrumentasi dan lainnya.

Perincian kebutuhan listrik terbagi menjadi:

1. Peralatan Proses Produksi
2. Daerah Pengolahan Air
3. Listrik untuk Penerangan

a. Peralatan Proses Produksi

Pemakaian listrik untuk peralatan proses produksi, ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel D.4. Pemakaian listrik pada peralatan proses produksi

No	Kode Alat	Nama Alat	Jumlah	Daya (Hp)
1	J-112	Screw Conveyor	1	2
2	J-113	Bucket Elevator	1	3
4.	J-114	Screw conveyor	1	1
3	R-110	Reaktor	1	8
4	J-116	Screw conveyor	1	2
8	G-126	Blower	1	8
9	B-120	Rotary Dryer	1	4

10	J-132	Cooling Conveyor	1	1
11	C-130	Hammer Mill	1	43
12	J-134	Screw Conveyor	1	1
Jumlah			10	72

b. Daerah Pengolahan Air

Pemakaian listrik untuk daerah pengolahan air (*water treatment*), ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel D.5. Pemakaian listrik pada daerah pengolahan air

No	Kode Alat	Nama Alat	Jumlah	Daya (Hp)
1	L-211	Pompa Sentrifugal	1	1
2	L-213	Pompa Sentrifugal	1	1
3	L-216	Pompa Sentrifugal	1	1
4	L-219	Pompa Sentrifugal	1	1
5	Q-220	Boiler	1	97
6	L-222	Pompa Sentrifugal	1	8
7	L-231	Pompa Sentrifugal	1	1
Jumlah			7	110

Jadi, kebutuhan total untuk motor penggerak sebesar :

$$= (72 + 110) \text{ Hp} \times 0,75 \text{ kW/ Hp}$$

$$= 136,02 \text{ kW}$$

c. Listrik untuk Penerangan

Pemakaian listrik untuk penerangan dapat diperoleh dengan mengetahui luas bangunan. Untuk mengetahui luas bangunan dan area lahan yang digunakan, dapat dihitung dengan rumus seperti dibawah ini :

$$L = \frac{A \times F}{U \times D}$$

Dimana :

- L = lumen outlet
- A = luas daerah
- F = foot candle
- U = koefisien utilitas
- = 1

$$D = \text{efisiensi penerangan rata-rata} = 1 \quad (\text{Perry } 3^{\text{th}} \text{ ed, hal 1757})$$

Tabel D.6. Pemakaian listrik untuk penerangan

No	Lokasi	Luas		F	Lumen
		m ²	ft ²		
1.	Pos keamanan	18	193,75	10	3229,09
2.	Toilet	48	516,66	5	4305,46
3.	Taman	69	742,69	5	6189,10
4.	Air Mancur	18	193,75	10	3229,09
5.	Kantor utama	460	4951,28	10	82521,31
	Aula	400	4305,46	10	71757,66
	Perpustakaan	80	861,09	20	28703,06
6.	Area produksi	2730	29384,76	25	1224365,03
7.	Gudang produk	3456	37199,17	20	1239972,32
8.	Laboratorium	176	1894,40	10	31573,37
9.	Ruang kontrol	64	688,87	10	11481,23
10.	Parkir tamu	84	904,15	10	15069,11
11.	Masjid	140	1506,91	10	25115,18
12.	Gudang bahan baku	1776	19116,24	20	637208,00
13.	Garasi	84	904,15	10	15069,11
14.	Bengkel	55	592,00	10	9866,68
15.	Pemadam kebakaran	84	904,15	15	22603,66
16.	Ruang generator	84	904,15	10	15069,11
17.	Ruang Bahan Bakar	168	1808,29	10	30138,22
18.	Parkir Karyawan	140	1506,91	10	25115,18
19.	Departemen Teknik	140	1506,91	10	25115,18
20.	Departemen Produksi	140	1506,91	10	25115,18
21.	LITBANG	84	904,15	10	15069,11
22.	Poliklinik	112	1205,53	10	20092,14
23.	Kantin	112	1205,53	15	30138,22
24.	Utilitas	350	3767,28	15	94181,93
25.	Perluasan pabrik	1200	12916,38	10	215272,97
26.	Jalan	300	3229,09	5	26909,12
Jumlah		12572	135320,59		3954474,81

penerangan seluruh area kecuali jalan dan taman, menggunakan fluorescent lamp type day light 40 watt, yang mempunyai lumen output sebesar 1960 lumen

$$\text{Lumen output} = \frac{1960 \text{ lumen}}{40 \text{ watt}} = 49 \text{ lumen/watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Total lumen} &= \text{Jumlah lumen} - (\text{lumen jalan} + \text{lumen taman}) \\ &= 3954474,81 - 26909,12 + 6189,10 \\ &= 3921376,59 \text{ lumen} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tenaga listrik yang dibutuhkan} &= \frac{3921376,59 \text{ lumen}}{49 \text{ lumen/watt}} \\ &= 80028,09 \text{ watt} \\ \text{Jumlah lampu yang dibutuhkan} &= \frac{80028,09 \text{ watt}}{40 \text{ watt}} \\ &= 2000,70 \approx 2001 \text{ buah} \end{aligned}$$

Untuk penerangan jalan dan taman, menggunakan mercury vapor lamp 75 watt dengan lumen output sebesar 3750 lumen.

$$\text{Lumen output} = \frac{3750 \text{ lumen}}{75 \text{ watt}} = 50 \text{ lumen/watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Total lumen} &= \text{lumen jalan} + \text{lumen taman} \\ &= 26909,12 + 6189,10 \\ &= 33098,22 \text{ lumen} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tenaga listrik yang dibutuhkan} &= \frac{33098,22 \text{ lumen}}{50 \text{ lumen/watt}} \\ &= 661,96 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lampu yang dibutuhkan} &= \frac{661,96 \text{ watt}}{75 \text{ watt}} \\ &= 8,83 \approx 9 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan total tenaga listrik yang dibutuhkan adalah :

- Lampu fluorescent	=	80028,09
- Lampu mercury	=	661,96
- Peralatan bengkel	=	2000,00
- Peralatan laboratorium	=	1500,00
- Keperluan lain-lain	=	2500,00
Total	=	86690,06 watt
	=	86,69 kW

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan listrik} &= \text{listrik untuk penerangan} + \text{listrik untuk proses} \\ &= 86,69 + 136,02 \\ &= 222,71 \text{ kW} \end{aligned}$$

Generator digunakan sebagai emergensi jika *supply* listrik mati.

$$\text{Power faktor untuk generator} = 0,80$$

Sehingga,

$$\text{Power yang dibangkitkan oleh generator} = \frac{222,71 \text{ kW}}{0,8}$$

$$= 278,39 \text{ kV.A}$$

$$= 278 \text{ kV.A}$$

Spesifikasi alat :

- Nama alat : Generator
- Fungsi : Sebagai pengganti jika supply listrik mati
- Tipe : *AC Generator 3 Phase*
- Kapasitas : 278 kV.A, 220 - 13800 Volt
- Frekuensi : 50/60 Hz
- Jumlah : 2 buah (1 cadangan)

3. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Pada unit penyediaan bahan bakar disediakan bahan bakar untuk keperluan sebagai berikut :

a. Kebutuhan bahan bakar boiler

Untuk kebutuhan bahan bakar boiler sebesar 13,64 kg/jam

Bahan bakar yang digunakan adalah fuel oil 33° API, dengan densitas :

$$\rho = 880,99 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jadi, volume diesel oil} = \frac{13,64}{880,99} = 0,015 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 371,60 \text{ L/hari}$$

b. Kebutuhan bahan bakar generator

$$\text{Tenaga generator} = 278 \text{ kW}$$

$$= 22797572,23 \text{ btu/hari}$$

Bahan bakar yang digunakan adalah fuel oil 33° API,

$$\text{- Heating value (H}_v\text{)} = 134000 \text{ btu/lb}$$

$$\text{- Densitas } (\rho) = 55 \text{ lb/ft}^3$$

$$= 880,99 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{- Efisiensi } (\mu) = 80\%$$

(Perry 6th ed, fig. 9.9, hal 9-18)

$$\text{Kebutuhan bahan bakar} = \frac{22797572,23}{134000 \times 80\% \times 55}$$

$$= 3,87 \text{ ft}^3/\text{hari}$$

$$= 109,49 \text{ L/hari}$$

Sehingga kebutuhan total bahan bakar per hari, sebesar :

$$= \text{Boiler} + \text{Generator}$$

$$= 371,60 + 109,49$$

$$= 481,09 \text{ L/hari}$$

Tangki Bahan Bakar

Fungsi : Untuk menyimpan bahan bakar yang digunakan

Dasar Perhitungan :

- Volume bahan bakar = 481,09 L/hari
= 16,99 ft³/hari
- P = 14,7 psig
- T = 30 °C
- Waktu penyimpanan = 30 hari
- Volume bahan bakar dianggap menempati 80% volume tangki
- Direncanakan menggunakan 1 buah tangki

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan bakar} &= 16,99 \text{ ft}^3/\text{hari} \times 30 \text{ hari} \\ &= 509,69 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume tangki} = \frac{509,69}{80\%} = 637,11 \text{ ft}^3 = 4766,22 \text{ gal}$$

- Menghitung diameter tangki :

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

Dianggap H = 1,5 D, maka :

$$637,11 = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 1,5 D$$

$$637,11 = 1,1775 D^3$$

$$D^3 = 541,07$$

$$D = 8,15 \text{ ft}$$

$$= 97,78 \text{ in}$$

$$H = 1,5 D$$

$$= 146,68 \text{ in}$$

- Menghitung tebal tangki :

Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

$$F \text{ allowable (f)} = 18750$$

$$\text{Faktor korosi (C)} = \frac{1}{16} \quad (\text{Brownell \& Young, item 4, 342})$$

$$\text{Tipe pengelasan} = \text{Double welded butt join (E = 0,8)}$$

(Brownell & Young, tabel 13.2, 254)

$$\text{tebal silinder} = \frac{P_i \cdot d_i}{2(f \cdot E - 0,6P_i)} + C$$

$$= \frac{14,7 \times 97,7835}{2 \times [(18750 \times 0,8) - (0,6 \times 14,7000)]} + \frac{1}{16}$$

$$= 0,0479 + \frac{1}{16}$$

$$= \frac{1,77}{16} \approx \frac{3}{16}$$

Standarisasi do

$$\begin{aligned} do &= di + 2 ts \\ &= 97,78 + \left(2 \times \frac{3}{16} \right) \\ &= 98,16 \text{ in} \end{aligned}$$

Standarisasi dengan Tabel 5.7, Brownell and Young, hal 89

$$\begin{aligned} do &= 102 \\ icr &= 6 \frac{1}{8} \\ r &= 96 \\ ts &= 0,3125 \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned} di_{\text{baru}} &= do - ts \\ &= 102 - \left(2 \times \frac{5}{16} \right) \\ &= 101,38 \text{ in} \\ &= 8,45 \text{ ft} \end{aligned}$$

Menentukan tebal tutup atas (standar dished) :

$$\begin{aligned} tha &= \frac{0,885 \times Pi \times r}{(f E - 0,6 Pi)} + C \\ &= \frac{0,8850 \times 14,7 \times 96}{[(18750 \times 0,8) - (0,6 \times 14,7)]} + \frac{1}{16} \\ &= 0,0417 + \frac{1}{16} \\ &= \frac{1,67}{16} \approx \frac{3}{16} \end{aligned}$$

Spesifikasi alat :

- Nama alat : Tangki bahan bakar
- Fungsi : Untuk menyimpan bahan bakar yang digunakan
- Tipe : Silinder dengan tutup atas standart dished dan tutup bawah flat
- Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316
- Dimensi :
 - D = 102 in
 - H = 146,6753 in
 - ts = 0,3125 in
 - tha = 0,3125 in
- Jumlah : 1 buah