APPENDIKS D
UTILITAS

Utilitas adalah unit penting yang digunakan sebagai penunjang jalannya proses produksi di industri etilen, sehingga kapasitas yang telah direncanakan dapat tercapai semaksimal dengan adanya unti utilitas. Unit utilitas yang diperlukan pada pra-rencana pabrik etilen ini adalah sebagai berikut :

1. Unit pengolahan air (*Water Treatment*)
   - Air umpan boiler (Penghasil Steam)
   - Air sanitasi
2. Unit Refrigerant R-50 (Methane)
3. Unit penyediaan tenaga listrik
4. Unit penyediaan bahan bakar

D.1. Unit Pengolahan Air (Water Treatment)

Untuk memenuhi kebutuhan air pabrik, diencanakan menggunakan air sungai pengambilan air sungai ditampung dalam bak penampung air sungai untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut sesuai dengan penggunaan pada proses selanjutnya agar bisa digunakan sebagai air sanitasi, air pendingin, air proses dan air umpan boiler.

A. Air Umpan Boiler (penghasil *steam*)

Air umpan boiler merupakan bahan baku pembuatan steam yang berfungsi sebagai pemanas dalam proses produksi. Kuantitas steam yang digunakan dihitung berdasarkn pemakaiannya dalam masing-masing alat proses produksi, berikut ini merupakan kebutuhan steam yang harus disuplai pada beberapa proses yang berbeda yaitu :

Tabel D.1.1. Total Kebutuhan Steam

Kode Alat	Nama Alat	Kebutuhan Steam Kg/jam
V-113	Vaporizer	1551,666838
E-115	Heater	30044,71108
R-110	Reaktor	180363,8884
Total		211960,2663

Direncanakan banyaknya steam yang disuplai adalah 20% berlebih, maka:

Kebutuhan steam = 1,2 x 211960,266 kg/jam
= 254352,32 kg/jam

Make Up untuk kebutuhan steam direncanakan 10%, maka :

Make Up steam = 1,1 x 254352,3195 kg/jam
= 279787,5515 kg/jam

Jadi kebutuhan steam = 254352,32 + 279787,551
= 534139,87 kg/jam

Jadi jumlah steam yang harus dihasilkan oleh Boiler adalah :

Massa steam (m_s) = 534139,87 kg/jam = 1177564,7596 lb/jam

Steam yang digunakan adalah saturated steam dengan kondisi sebagai berikut :

- Suhu (T) = 370 °C = 698 °F

- Tekanan (P) = 293,84 kPa = 42,618 psia
- Air umpan Boiler masuk pada suhu = 25 °C = 77 °F

Dasar Perhitungan:

Dari persamaan 171, Savern W. H hal 140 :

$$\text{Kapasitas Boiler} = \frac{m_s \times (hg - hf)}{1000}$$

Dasar Perhitungan:

Dari persamaan 171, Savern W. H hal 140 :

$$\text{Kapasitas Boiler} = \frac{m_s \times (hg - hf)}{1000}$$

Dimana :

m_s = massa steam yang dihasilkan

H_g = entalphi steam pada = 698 °F

H_f = entalphi air masuk pada = 77 °F

Dari Appendiks Thermodinamic Properties of steam Table 7 Hal 817 Kern

diperoleh hg pada 698 ^oF = 919,15 Btu/lbm

Dari Appendiks Thermodinamic Properties of steam Table 7 Hal 817 Kern

diperoleh hf pada 77 ^oF = 45,025 Btu/lbm

$$\text{Kapasitas Boiler} = \frac{m_s \times (hg - hf)}{1000}$$

$$= \frac{1177564,8 \times (919,15 - 45,025)}{1000}$$

= 1029338,795 Btu/lbm

Dimana: 1 BHp = 33475 btu/jam

$$\text{Jadi} \quad P = \frac{1029338,8}{33475}$$

= 30,7495 Hp

Mencari faktor evaporasi

Dari persamaan 173, Savern W. H hal 140 :

$$\text{Faktor evaporasi} = \frac{H_g - H_f}{970,3}$$

$$= \frac{919,15 - 45,025}{970,30}$$

= 0,9009

Jumlah air yang dibutuhkan = faktor evaporasi x rate steam

= 0,9009 x 1177564,8 lb/jam

= 1060845,9 lb/jam

Bahan bakar yang digunakan adalah fuel oil 33°API dengan Heating Value (Hv) :

Hv = 130700 Btu/U.S. gal (Perry, 8th edition, hal 24-9)

= 10120,711 Kkal/Kg

= 18217,371 Btu/lb

Diperkirakan effisiensi Boiler 80%, maka :

$$\text{Kebutuhan bahan bakar} = \frac{m_s \times (H_g - H_f)}{\text{effisiensi} \times H_v}$$

$$= \frac{1177564{,}8 \text{ lb/jam} \times 919{,}15 - 45{,}025}{0{,}8 \times 18217{,}3714 \text{ btu/lb}}$$

$= 70628{,}932$ lb/jam

$= 32037{,}074$ kg/jam

Luas perpindahan panas dan jumlah tube boiler dapat dihitung dengan:

- Heating value surface = 50 ft^2/Hp boiler
- Panjang pipa (L) = 20 ft
- Ukuran pipa = 4 in
- Luas permukaan (at) = 1,18 ft^2/ft (Kern, tabel 10, hal. 844)

Heating surface Boiler = H_v surface × Hp Boiler

= 50 ft^2/Hp × 30,7495 Hp

= 1537,5 ft^2

Jumlah tube yang dibutuhkan,

$$Nt = \frac{A}{at \times L}$$

$$= \frac{1537{,}47 \text{ ft}^2}{1{,}178 \text{ ft}^2/\text{ft} \times 20 \text{ ft}}$$

= 65,2578 ≈ 66 tube

Spesifikasi Boiler

- Tipe : Water Tube Boiler
- Kapasitas Boiler : 1029338,8 btu/jam
- Rate steam : 1177564,8 lb/jam
- Bahan bakar : Fuel oil 33 °API
- Effisiensi : 80%
- Heating surface : 1537 ft^2
- Jumlah tube : 66 tube
- Ukuran tube : 20 ft
- Panjang tube : 4 in
- Jumlah Boiler : 1 buah
- Bahan Kontruksi : Carbon Steel

» Total air yang dibutuhkan

Air umpan Boiler disediakan excess 20% sebagai pengganti steam yang hilang, kebocoran akibat dari transmisi diperkirakan sebesar 5% dan faktor keamanan 10%. Sehingga kebutuhan air umpan Boiler sebesar :

Excess 20%,

0,2 x 1060845,9 lb/jam = 212169,184 lb/jam

Faktor kebocoran 5%,

0,05 x 1060845,9 lb/jam = 53042,29596 lb/jam

Faktor keamanan 10%,

0,1 x 1060845,9 lb/jam = 106084,5919 lb/jam

Jadi total kebutuhan air umpan Boiler adalah :

= 212169,184 + 53042,296 + 106084,59 lb/jam
= 371296,072 lb/jam
= 168418,793 kg/jam

B. Air Sanitasi

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

Syarat fisik

- Suhu : berada di bawah suhu kamar
- Warna : jernih
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau
- Kekeruhan : < 1 mg SiO_2/liter
- pH : netral

Syarat kimia

- Tidak mengandung logam seperti : Mg, Fe, Mn, Ag, Pb, Cu, dan Zn
- Tidak mengandung zat kimia beracun seperti : H_2S, NH_4, NO_2, SO_3 dan SO_4

Syarat mikrobiologis

- Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri patogen yang dapat merubah sifat-sifat fisik air dan memiliki angka kuman minimal 100/1 ml. bakteri E.Coli tidak ada dalam 100 mL (Kusnarjo, 2012)

Kebutuhan air sanitasi pada pra-rencana Ethylene ini adalah :

1. Untuk kebutuhan karyawan
   a. Menurut standar WHO, kebutuhan air setiap orang adalah 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 :

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

   Kebutuhan per jam = 5 L/jam
   Kebutuhan air untuk = karyawan,
   5 L/jam x 180 = 900 L/jam
   Jika densitas air = 997,08 kg/m^3 (Geankoplis, App. A.2-3)
   = 0,9971 kg/L,

   Maka kebutuhan air sanitasi karyawan:

   $$m = V \times \rho$$
   $$= 900 \text{ L/jam} \times 0{,}9971 \text{ kg/L}$$
   $$= 897{,}3720 \text{ kg/jam}$$

   b. Untuk laboratorium dan taman
      Direncanakan kebutuhan air untuk taman dan laboratorium adalah sebesar 20% dari kebutuhan karyawan.
      Sehingga, kebutuhan air untuk laboratorium dan taman :

20% x 897,3720 kg/jam = 179,4744 kg/jam

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

897,3720 kg/jam + 180 = 1077,3720 kg/jam

c. 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 kebutuhan untuk pemadam kebakaran dan cadangan air :

40% x 1077,3720 kg/jam = 430,9488 kg/jam

Jadi, kebutuhan total untuk air sanitasi adalah :

430,9488 + 1077,3720 = 1508,3208 kg/jam

Total kebutuhan air yang disuplai pada pra-rencana pabrik etilen ini adalah sebagai berikut :

Tabel D.1.2 Total kebutuhan air pabrik etilen

No.	**Keterangan**	**Jumlah (kg/jam)**
1	*Cooled Water* (CW)	0,0000
2	*Process Water* (SPW)	0,0000
3	Air umpan boiler	168418,7933
4	Air Sanitasi	1508,3208
Jumlah		169927,1141

Air yang diperoleh berasal dari air sungai, sehingga perlu pengolahan (*treatment*) untuk dapat digunakan sebagai air pendingin, air proses, air umpan boiler dan air sanitasi sesuai dengan standart untuk proses selanjutnya.

» **Peralatan yang digunakan pada bagian pengolahan air**

1. **Pompa Air Sungai (L-212)**

Fungsi : Memompakan air dari sungai ke bak sedimentasi

Type : Centrifugal Pump

Dasar perencanaan :

- Rate aliran = 169927,114 kg/jam
  = 374689,287 lb/jam
- (ρ) air = 997,08 kg/m^3 (Geankoplis, App. A.2-3 hal 855)
  = 62,2455 lb/ft^3
- viskositas (μ) = 0,000601 lb/ft.detik (Geankoplis, App. A.2-4)
  = 2,1619 lb/ft.jam

Perhitungan :

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}}$$

$$= \frac{374689,29 \text{ lb/jam}}{62,2455 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 6019,5374 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 1,6721 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

$$= 624,9571 \text{ gpm}$$

Rencana pengunaan 2 pompa, sehingga:

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{1,6721}{2} \text{ ft}^3/\text{detik}$$

= 0,8360469 ft^3/detik
= 0,0236743 m3/detik

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

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

ID optimal = $3,9 \times (0,0237)^{0,45} \times (62,2455)^{0,13}$

= 1,238 in

Standarisasi ID = 1 1/4 in sch 80 (Geankoplis, App. A.5 hal.892)

Sehingga diperoleh :

OD	=	1,66	in	=	0,1383	ft
ID	=	1,278	in	=	0,1065	ft
A	=	0,1248	in	=	0,0104	ft

Laju aliran fluida (V) = $\frac{Q}{A}$

$= \frac{0,8360 \ ft^3/detik}{0,0104 \ ft^2}$

= 8,0000 ft/detik = 28800,00 ft/jam

Cek jenis aliran fluida :

$N_{Re} = \frac{D \times V \times \rho}{\mu}$

$= \frac{0,1065 \times 8,00 \times 62,2455}{0,000601}$

= 88308,336

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

Ditentukan bahan pipa adalah Carbon Steel

Sehingga diperoleh :

$\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5}$ m = 0,000151 ft (Geankoplis, fig. 2.10-3 hal. 88)

$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,000151}{0,1065}$ = 0,001417

f = 0,003 (Geankoplis, fig. 2.10-3 hal. 88)

Direncanakan :

- Panjang pipa lurus = 500 m = 1640,42 ft
- Elbow, 90° = 3 buah
  Le/D = 35 (Geankoplis, Tabel 2.10-1 hal. 93)
  L elbow = 35 ID
  = 35 x 3 x 0,1065
  = 11,1824 ft
- Gate valve = 3 buah (wide open)
  Le/D = 9 (Geankoplis, Tabel 2.10-1 hal. 93)
  L gate valve = 9 ID
  = 9 x 3 x 0,1065
  = 2,875 ft

Panjang pipa total = Panjang pipa lurus + Elbow + Gate valve
Panjang pipa total = 1640,42 + 11,1824 + 2,875
Panjang pipa total = 1654,4778 ft

Menentukan friksion loss

1. Friksi pada pipa lurus

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

$$= 4 \times 0{,}003 \; \frac{1654{,}5}{0{,}1065} \times \frac{64{,}000}{2 \times 32{,}174}$$

$$= 185{,}41374 \text{ lbf.ft/lbm}$$

2. Kontraksi

$$Kc = 0{,}55 \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)$$ ($A_2/A_1 = 0$, karena nilai $A_1 > A_2$)

$$= 0{,}55 \; (1\text{-}0)^2$$

$$= 0{,}55$$

$$hc = Kc \; \frac{v^2}{2g_c}$$

$$= 0{,}55 \; \frac{8{,}0000}{2 \times 32{,}174}$$

$$= 0{,}0684 \text{ lbf.ft/lbm}$$

3. Ekspansi

$$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)$$

$$= 1 - (0)^2$$

$$= 1$$

$$hex = K_{ex} \; \frac{v^2}{2\alpha}$$

$$= 1 \times \frac{8{,}00}{2 \times 1}$$

$$= 4{,}000 \text{ lbf.ft/lbm}$$

4. Elbow 90^o, 5 buah

$Kf = 0{,}75$ (Geankoplis,Tabel 2.10-1 hal. 93)

$$hf = 5Kf \; \frac{v^2}{2}$$

$$= 3 \times 0{,}75 \; \frac{8{,}00}{2}$$

$$= 9 \text{ lbf.ft/lbm}$$

5. Gate valve wide open, 3 buah

$Kf = 0{,}17$ (Geankoplis,Tabel 2.10-1 hal. 93)

$$hf = 3Kf \; \frac{v^2}{2}$$

$$= 3 \times 0{,}17 \; \frac{8{,}00}{2}$$

= 2,040 lbf.ft/lbm

Sehingga :

Total friksi (∑F) = Ff + hc + hex + hf

= 185,41 + 0,0684 + 4,000 + 2,04

= 191,52 lbf.ft/lbm

Menentukan tenaga penggerak pompa :

Dari Geankoplis, pers. 2.7-28 hal. 64

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

Direncanakan :

ΔZ = 30 ft

ΔP = 0

Δv^2 = 0 ft/detik

α = 1 (aliran turbulen)

$$-Ws = \frac{\Delta v^{2}.g}{2.\alpha.gc} + \frac{\Delta Z.g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F$$

$$= \frac{0^{2} \text{ x } 32{,}174}{2 \times 1 \text{ x } 32{,}174} + \frac{30 \text{ x } 32{,}174}{32{,}174} + \frac{0}{62{,}2} + 192$$

= 221,52212 lbf.ft/lbm

Menentukan Head Pump (H)

-Ws = H x g (Geankoplis, 1997)

$$H = \frac{-Ws}{g} = \frac{221{,}5221}{32{,}17400} = 6{,}89 \text{ ft}$$

Dari Coulson and Richardson, grafik 5.6 hal 200 dapat diambil kesimpulan:

- Pompa yang digunakan merupakan Pompa bertipe *Centrifugal multi stage 3500 rpm*

Menentukan tenaga penggerak pompa

Effisiensi pompa yang dipakai dapat ditentukan berdasarkan effisiensinya (η) = 70% (Coulson, Grafik 5.9 hal 207)

Shaft work (Wp) :

$$Wp = \frac{-Ws}{\eta} = \frac{221{,}5221}{70\%} = 316{,}4602 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Daya pompa = Wp x m (Geankoplis. 1997)

dimana m adalah rate fluida masuk = 104,080 lb/s

= 316,4602 ft.lbf/lbm x 104,080 lb/s

= 32937,288 ft.lbf/s

1 hp = 550 ft.lbf/s = 59,9 hp ≈ 60 hp

Spesifikasi Pompa

- Tipe : Centrifugal pump single stage
- Bahan : Carbon steel
- Daya pompa : 60 Hp
- Jumlah : 2 buah

2. Bak Sedimentasi (F-213)

Fungsi : Mengendapkan lumpur yang terikut air sungai

Dasar perencanaan :

- Rate aliran = 169927,11 kg/jam
  = 374621,32 lb/jam
- Densitas (ρ) air = 62,2455 lb/ft^3

Perhitungan :

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{\text{rate liquid}}{\rho\ \text{liquid}} = \frac{374621{,}316\ \text{lb/jam}}{62{,}2455\ \text{lb/ft}^3}$$

= 6018,45 ft^3/jam

= 170,42 m^3/jam

Waktu pengendapan = 12 jam

Volume air = rate volumetrik x waktu pengendapan

= 170,4243 m^3/jam x 12 jam

= 2045,0918 m^3

Volume liquid = 80% volume bak, sehingga :

Direncanakan menggunakan 1 bak sedimentasi, sehingga:

$$\text{Volume bak} = \frac{2045{,}0918\ m^3}{0{,}8}$$

= 2556,3648 m^3

Bak berbentuk persegi panjang dengan ratio :

Panjang : Lebar : Tinggi = 6 × 3 × 2

Volume bak = 6 m × 3 m × 2 m

= 36 m^3

Sehingga :

Volume bak = 36 x^3

2556,36 m^3 = 36 x^3

$$x = \frac{2556{,}36}{36}\ m$$

m = 4,141

Jadi dimensi bak sedimentasi :

Panjang	=	6	×	4,1410	m	=	24,8461	≈	25	m
Lebar	=	3	×	4,1410	m	=	12,4230	≈	13	m
Tinggi	=	2	×	4,1410	m	=	8,2820	≈	9	m

Spesifikasi Bak Sedimentasi

- Bentuk : Persegi Panjang
- Panjang : 25 m
- Lebar : 13 m
- Tinggi : 9 m
- Bahan : Beton Bertulang
- Jumlah : 1 buah

3. Pompa Ke Bak Skimmer (L -214)

Fungsi : Memompakan air dari bak sedimentasi menuju bak skimmer

Type : Centrifugal Pump

Dasar perencanaan :

- rate aliran = 169927,11 kg/jam
  = 374621,32 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,2455 lb/ft^3
- viskositas (μ) = 2,161943 lb/ft.detik

Pehitungan:

Dengan cara yang sama pada pompa L-211, maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

Spesifikasi Pompa

- Tipe : Centrifugal pump single stage
- Bahan : Carbon steel
- Daya pompa : 60 Hp
- Jumlah : 2 buah

4. Bak Skimmer (F-215)

Fungsi : Memisahkan kotoran yang mengapung

Dasar perencanaan :

- Rate aliran = 169927,114 kg/jam
  = 374621,316 lb/jam
- Densitas (ρ) air = 62,2455 lb/ft^3

Perhitungan :

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{\text{rate liquid}}{\rho\ \text{liquid}}$$

$$= \frac{374621{,}32\ \text{lb/jam}}{62{,}2455\ \text{lb/ft}^3}$$

$= 6018{,}4454\ ft^3/jam$

$= 170{,}4243\ m^3/jam$

Waktu tinggal = 2 jam

Volume air = rate volumetrik x waktu tinggal

= 170,4243 m^3/jam x 2 jam

= 340,8486 m^3

Volume liquid = 80% volume bak

Sehingga :

$$\text{Volume bak} = \frac{340{,}8486\ m^3}{0{,}8}$$

= 426,0608 m^3

Bak berbentuk persegi panjang dengan ratio :

Panjang : Lebar : Tinggi = 6 x 3 x 2

Volume bak = 6 m x 3 m x 2 m

= 36 m^3

Jadi :

$$\text{Volume bak} = 36 \; x^3$$

$$426{,}0608 \; m^3 = 36 \; x^3$$

$$x = \frac{426{,}06}{36} \; m$$

$$= 2{,}2789$$

Jadi dimensi bak skimmer :

Panjang	=	6	x	2,2789	m	=	13,6733	≈	14	m
Lebar	=	3	x	2,2789	m	=	6,8367	≈	7	m
Tinggi	=	2	x	2,2789	m	=	4,5578	≈	5	m

Spesifikasi Bak Skimmer

- Bentuk : Persegi Panjang
- Panjang : 14 m
- Lebar : 7 m
- Tinggi : 5 m
- Bahan : Beton Bertulang
- Jumlah : 1 buah

5. Pompa Ke Tangki Clarifier (L-216 A)

Fungsi : Memompakan air dari bak skimmer ke tangki clarifier

Type : Centrifugal Pump

Dasar perencanaan :

- rate aliran	=	169927,114	kg/jam
	=	374621,316	lb/jam
- densitas (ρ) air	=	62,2455	lb/ft^3
- viskositas (μ)	=	2,161943	lb/ft.detik

Pehitungan:

Dengan cara yang sama pada pompa L-211, maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

Spesifikasi Pompa

- Tipe : Centrifugal pump single stage
- Bahan : Carbon steel
- Daya pompa : 60 Hp
- Jumlah : 2 buah

6. Tangki Clarifier (H-210)

Fungsi : Tempat terjadinya proses flokulasi dan koagulasi dengan penambahan koagulan alum ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$)

Bahan : Carbon Steel SA-240 Grade M Type 316

Dasar perencanaan :

Dibuat 1 tangki sehingga

- rate aliran	=	169927,114	kg/jam
	=	374621,316	lb/jam
- densitas (ρ) air	=	62,2455	lb/ft^3

Perhitungan :

A. Menentukan dimensi tangki Clarifier

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} = \frac{374621{,}32 \text{ lb/jam}}{62{,}2455 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 6018{,}4454 \text{ ft}^3\text{/jam}$$

Diasumsikan :

- volume bahan = 80% volume tangki
- volume ruang kosong = 20% volume tangki
- waktu tinggal = 45 menit

Volume bahan = 6018,4454 ft^3/jam x 0,75 jam

= 4513,8341 ft^3

= 127,8182 m^3

$$\text{Volume tangki } (V_T) = \frac{4513{,}8341 \text{ ft}^3}{80\%}$$

= 5642,2926 ft^3 1691,5589

Kebutuhan alum 30% dari volume air total

Konsentrasi alum yang digunakan adalah 80 mg/L = 0,08 kg/m^3

Jadi, kebutuhan alum = 30% x 127,82 m^3 x 0,08 kg/m^3

= 3,068 kg

$$\text{kebutuhan alum tiap hari} = \frac{24 \text{ jam/hari} \times 3{,}068 \text{ kg}}{1 \text{ jam}}$$

= 73,6233 kg/hari

Menentukan dimensi tangki :

$$V = \frac{\pi \cdot D_i^3}{24 \text{ tg } 1/2\ \alpha} + \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} \text{ Ls}$$

Asumsi :

Ls = 1,5 Di

$$5642{,}2926 \text{ ft}^3 = \frac{\pi \cdot D_i^3}{24 \text{ tg } (60)} + \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} \ 1{,}5 \ D_i$$

$$5642{,}2926 \text{ ft}^3 = 0{,}0755 \ D_i^3 + 1{,}1775 \ D_i^3$$

$$D_i^3 = 4502{,}895 \text{ ft}^3$$

$$D_i = 16{,}5132 \text{ ft} = 198{,}1581 \text{ in}$$

Menentukan tinggi bahan (L_{Ls}) :

Volume bahan = Volume tutup bawah + Volume silinder

$$= \frac{\pi \cdot D_i^3}{24 \text{ tg } 1/2\ \alpha} + \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} \times L_{Ls}$$

$$4513{,}8341 \text{ ft}^3 = \frac{3{,}14 \times 16{,}513^{\ 3}}{24 \text{ tg } (60)} + \frac{3{,}14 \times 16{,}513^{\ 2}}{4} \times L_{Ls}$$

$$4513{,}8341 \text{ ft}^3 = 340{,}1337 \text{ ft}^3 + 214{,}0577 \text{ ft}^2 \ L_{Ls}$$

L_{Ls} = 19,4980 ft

Menentukan tekanan design (P_i) :

$P_{design} = P_{operasi} + P_{hidrostatik}$

$P_{hidrostatik} = \dfrac{\rho\ (H - 1)}{144}$

$= \dfrac{62{,}2455 \left(19{,}4980 - 1 \right)}{144} = 7{,}996$ psia

$P_{design} = 14{,}7 + 7{,}996$ psia $- 14{,}7 = 7{,}996$ psig

Menentukan tebal silinder (t_s) :

Bahan : HAS SA 240 Grade B

- fallowable (f) = 17500 psi (Brownell, hal. 342)
- faktor korosi (C) = 1/16 in
- tipe pengelasan = Double welded butt joint E = 0,8

(Brownell, hal. 254 & 342)

$$ts = \frac{P_i \times D_i}{2\ (f \times E - 0{,}6\ Pi)} + C$$

$$= \frac{7{,}996 \times 198{,}1581}{2\ (1/16 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 7{,}996\ )} + \frac{1}{16}$$

$$= (\ 0{,}0234 \times (16/16)\ ) + (1/16)$$

$$= 1{,}374\ / 16 \approx 3/16 \text{ in}$$

Standarisasi : do = di + 2 ts

= 198,1581 + 2 (3/16)

= 198,5331

Dengan pendekatan ke atas maka didapatkan harga do = 204 in

Maka, harga di baru : (Brownell, tabel 5.7 hal. 89-91)

di = do - 2 ts

= 204 - 2 (3/16)

= 203,63 in = 16,969 ft

Menentukan tinggi silinder (L_s) :

$$\text{Volume tangki} = \frac{\pi}{24} \frac{di^3}{\text{tg } 1/2\ \alpha} + \frac{\pi}{4} di^2\ Ls$$

$$5642{,}2926 = \frac{3{,}14\ (\ 16{,}969\ )^3}{24\ \ \text{tg } 1/2\ (120)} + \frac{3{,}14}{4}\ (\ 16{,}969\ )^2\ Ls$$

$$5642{,}2926 = 369{,}0576 + 226{,}03\ Ls$$

$$Ls = 23{,}33 \text{ ft}$$

$$= 279{,}96 \text{ in}$$

Menentukan dimensi tutup bawah (conical) :

Tebal tutup bawah (thb)

$$thb = \frac{Pi \times di}{2\ (f \times E - 0{,}6 \times Pi)\ \cos 1/2\ \alpha} + C$$

$$= \frac{7{,}996 \times 203{,}6250}{} + \frac{1}{}$$

$$- \quad 2\left(17500 \times 0,8 - 0,6 \times 7,996\right)\cos 60° \quad , \quad \overline{16}$$

$= \left(0,1163 \times (16/16)\right) + (1/16)$

$= 2,8614 / 16 \approx 3/16$ in

Tinggi tutup bawah (hb)

$$hb = \frac{1/2\ di}{tg\ 1/2\ \alpha} = \frac{1/2 \times 203,6250}{tg\ 60°} = 58,781 \text{ in}$$

Dari perhitungan di atas, diperoleh dimensi tangki baffle mixing sebagai berikut :

D_o	=	204,0000	in	thb	=	3/16	in
D_i	=	203,6250	in	hb	=	58,7815	in
L_s	=	279,9640	in	t_s	=	3/16	in

Tinggi tangki = hb + Ls
= 58,7815 + 279,9640
= 338,7455 in

B. Menentukan dimensi pengaduk

Perencanaan pengaduk :

- Jenis pengaduk = Axial turbine 4 blades, sudut 45°
- Bahan Impeller = HAS SA 240 Grade M Type 316
- Bahan poros pengaduk = Hot Roller SAE 1020

(G.G. Brown, hal. 507)

Dari "Mc. Cabe, jilid I, hal. 235, didapatkan :

$\frac{Da}{Dt} = \frac{1}{3}$ $\quad \frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$ $\quad \frac{J}{Dt} = \frac{1}{12}$

$\frac{E}{Da} = 1$ $\quad \frac{W}{Da} = \frac{1}{5}$

Keterangan :

Da = diameter Impeller
Dt = diameter tangki
E = tinggi Impeller dari dasar tangki
L = panjang Impeller
W = lebar Impeller
J = tebal Blade

a. Menentukan diameter Impeller
Da = 1/3 × Dt = 0,33 x 203,63 in = 67,875 in

b. Menentukan jarak Impeller dari dasar tangki
E = 1 × Da = 1 x 67,875 in = 67,875 in

c. Menentukan panjang Impeller
L = 1/4 × Da = 0,25 x 67,875 in = 16,969 in

d. Menentukan lebar Impeller
W = 1/5 × Da = 0,2 x 67,875 in = 13,575 in

e. Menentukan tebal Blade
J = 1/12 × Dt = 0,08 x 203,63 in = 16,969 in

Perhitungan daya pengaduk :

$$P = \frac{\phi \times \rho \times n^3 \times Di^5}{gc}$$ (G.G. Brown, hal. 506)

Dimana :

P = daya pengaduk

ϕ = power number

ρ = densitas bahan 62,2455 lb/ft^3

Di = diameter impelller 5,6562 ft

gc = faktor gravitasi konversi 32,174 $lb.ft/detik^2.lbf$

n = putaran pengaduk, ditetapkan 60 rpm = 1 rps

Menghitung bilangan Reynold (N_{Re})

$$N_{Re} = \frac{Di^2 \times n \times \rho}{\mu}$$ (Geankoplis, Pers. 3.4-1 hal. 144)

μ = 2,161943 lb/ft.detik

$$N_{Re} = \frac{(5,6562)^2 \times 1 \times 62,2455}{2,161943}$$

= 921,1119

Diketahui jenis aliran adalah laminar ($N_{Re} <$ 2100)

Dari "G.G. Brown", fig. 477, hal. 507, diperoleh ϕ = 0,2

Sehingga :

$$P = \frac{0,2 \times 62,2455 \times (1)^3 \times (5,6562)^5}{32,174}$$

= 2240,0 lb.ft/detik

= 4,0728 Hp

Kehilangan-kehilangan daya :

- *Gain losses* (kebocoran daya pada proses dan bearing / poros datar)
  diperkirakan 10% dari daya masuk
- *Transmission System Losses* (kebocoran belt atau gear)
  diperkirakan 15% dari daya masuk

Sehingga daya yang dibutuhkan,

= 10% + 15% P + P

= 0,4073 + 0,6109 Hp + 4,073 Hp

= 5,091 ≈ 6 Hp

Perhitungan poros pengaduk :

1. Diameter poros

$$T = \frac{63025 \ H}{N}$$ (Hesse, hal. 469)

Dimana : H = daya motor pada poros = 1 Hp

N = putaran pengaduk (rpm)

$$T = \frac{63025 \times 1}{60}$$

= 1050,4167 lb.in

Dari "Hesse", tabel 16-1, hal. 467, untuk bahan *Hot Rolled Steel* SAE 1020,
mengandung karbon 20% dengan batas elastis 36000 lb/in^2

S (maksimum design shering stress yang diijinkan)

$= 20\% \times 36000\ lb/in^2 = 7200\ lb/in^2$

$$D = \left(\frac{16 \times T}{\pi \times S}\right)^{1/3}$$ (Hesse, hal. 465)

$$= \left(\frac{16 \times 1050{,}4167}{3.14 \times 7200}\right)^{1/3} = 0{,}9059\ \text{in}$$

2. Panjang poros

L = h - Zi

Dimana, L = panjang poros (ft)

Zi = jarak impeler dari dasar tangki = 67,875 in

h = tinggi silinder + tinggi tutup bawah = 338,7455 in

Jadi, panjang poros pengaduk (L),

= 338,7455 - 67,875 in

= 270,8705 in = 22,5723 ft

Spesifikasi Tangki Clarifier

- Bentuk	:	Tangki silinder, tutup bawah berbentuk conical
- Diameter tangki	:	OD = 204 in
		ID = 203,63 in
- Tebal tangki (ts)	:	3/16 in
- Tinggi tangki	:	280,0 in
- Diameter Impeller	:	67,875 in
- Lebar Impeller	:	13,575 in
- Daya motor	:	6 Hp
- Jumlah	:	1 buah

7. Sand Filter (H-218)

Fungsi : Mengilangkan warna, bau dan rasa air sungai

Bentuk : Silinder dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk conical

Dasar perencanaan :

- rate aliran = ######### kg/jam
  = 374621,3158 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,2455 lb/ft^3

Perhitungan :

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{\text{rate liquid}}{\rho\ \text{liquid}}$$

$$= \frac{374621{,}3158\ \text{lb/jam}}{62{,}2455\ \text{lb/ft}^3} = 6018{,}4454\ \text{ft}^3\text{/jam}$$

Diasumsikan :

- volume liquid = 80% volume tangki

- volume ruang kosong = 20% volume tangki
- waktu tinggal = 30 menit

Sehingga volume liquid :

= 6018,4454 ft^3/jan × 0,5 jam

= 3009,2227 ft^3

= 85,2122 m^3

Volume tangki = $\dfrac{85,2122}{80\%}$ ft^3

= 106,5152 ft^3

Volume ruang kosong = 20% x 106,515 ft^3

= 21,3030 ft^3

$$\text{Porositas} = \frac{\text{V ruang kosong}}{\text{V ruang kosong + V padatan}}$$

Diasumsikan *porositas bad* sebesar 0,4

$$\text{Maka,} \quad 0,4 = \frac{21,3030}{21,3030 + \text{V padatan}}$$

8,5212 + 0,4 V padatan = 21,3030

V padatan = 31,95456 ft^3

Volume total tangki = Volume padatan + Volume air

= 31,9546 ft^3 + 106,5152 ft^3

= 138,4698 ft^3

Menentukan dimensi tangki

Volume tangki = 1/4 π Di^2 Ls

Diasumsikan, Ls = 1,5 Di, sehingga :

138,4698 ft^3 = 1/4 × 3,14 × $(Di)^2$ × 1,5 Di

138,4698 ft^3 = 1,1775 Di^3

Di = 4,8993 ft

Jadi, tinggi tangki (Ls) = 1,5 x 4,8993 ft = 7,3489

Menentukan tinggi tutup atas dan tutup bawah (h) :

h = 0,196 Di

= 0,196 x 7,3489 ft = 1,4404 ft

Sehingga, total tinggi tangki = Ls + 2 (h)

= 7,3489 ft + 2 (1,4404) = 10,2297 ft

Spesifikasi Tangki Sand Filter

- Bentuk : Silinder, tutup atas dan tutup bawah berbentuk conical
- Tinggi : 10,2297 ft
- Diameter : 7,3489 ft
- Bahan : Carbon Steel
- Jumlah : 1 buah

8. Bak Air Bersih (F-219)

Fungsi : Menampung air bersih untuk selanjutnya digunakan sebagai air proses Air umpan boiler dan air sanitasi

Dasar perencanaan :

- rate aliran = ######### kg/jam
  = 374621,3158 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,2455 lb/ft^3

Perhitungan :

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} = \frac{374621{,}3158 \text{ lb/jam}}{62{,}2455 \text{ lb/ft}^3}$$

= 6018,4454 ft^3/jam

= 170,4243 m^3/jam

Waktu tinggal = 3 jam

Volume air = rate volumetrik × waktu tinggal

= 170,4243 m^3/jam × 3 jam

= 511,2730 m^3

Volume air = 80% volume bak, sehingga :

$$\text{Volume bak} = \frac{511{,}2730 \text{ m}^3}{0{,}8}$$

= 639,0912 m^3

Bak berbentuk persegi panjang dengan ratio :

Panjang : Lebar : Tinggi = 5 × 3 × 2

Volume bak = 5 m × 3 m × 2 m

= 30 m^3

Sehingga : Volume bak = 30 x^3

639,0912 m^3 = 30 x^3

x = 2,7721 m

= 5 × 2,7721 m = 13,8607 ≈ 14 m

= 3 × 2,7721 m = 8,3164 ≈ 9 m

= 2 × 2,7721 m = 5,5443 ≈ 6 m

Spesifikasi Bak Air Bersih

- Bentuk : Persegi Panjang
- Panjang : 14 m
- Lebar : 9 m
- Tinggi : 6 m
- Bahan : Beton Bertulang
- Jumlah : 1 buah

9. Pompa Air Bersih (L-216 B)

Fungsi : Memompakan air dari bak penampung air bersih untuk didistribusikan menuju air umpan Boiler serta air untuk kebutuhan sanitasi.

Type : Centrifugal Pump

Dasar perencanaan :

- rate aliran = 1508,321 kg/jam

= 3325,2440 lb/jam

- densitas (ρ) air = 62,2455 lb/ft^3
  = 0,000538 lb/ft.detik

Perhitungan :

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}}$$

$$= \frac{1508{,}32 \text{ lb/jam}}{62{,}2455 \text{ lb/ft}^3}$$

= 24,2318 ft^3/jam

= 0,0067 $ft^3/detik$

= 2,5158 gpm

Rencana pengunaan 1 pompa, sehingga:

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{0{,}0067}{1} \text{ ft}^3\text{/detik}$$

= 0,0067311 $ft^3/detik$

= 0,0001906 m3/detik

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

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

ID optimal = $3{,}9 \times \left(0{,}0002 \right)^{0,45} \times \left(62{,}2455 \right)^{0,13}$

= 0,1414 in

Standarisasi ID = 1/4 in sch 40 (Geankoplis, App. A.5 hal.892)

Sehingga diperoleh :

OD = 0,54 in = 0,045 ft

ID = 0,364 in = 0,0303 ft

A = 0,0007 ft^2

$$\text{Laju aliran fluida (V)} = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0{,}007 \text{ ft}^3\text{/detik}}{0{,}0007 \text{ ft}^2}$$

= 9,3487 ft/detik

= 33655,27 ft/jam

Cek jenis aliran fluida :

$$N_{Re} = \frac{D \times V \times \rho}{\mu}$$

$$= \frac{0{,}0303 \times 9{,}349 \times 62{,}2455}{0{,}000538}$$

= 32806,11

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

Ditentukan bahan pipa adalah Carbon Steel

Sehingga diperoleh :

ε = $4{,}6 \times 10^{-5}$ m = 0,0002 ft (Geankoplis, fig. 2.10-3 hal. 88)

$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}0001509}{0{,}0303} = 0{,}0050$

f = 0,0058 (Geankoplis, fig. 2.10-3 hal. 88)

Direncanakan :

a. Panjang pipa lurus = 25 m = 82,020 ft

b. Elbow, 90° = 2 buah

Le/D = 35 (Geankoplis, Tabel 2.10-1 hal. 93)

c. L elbow = 35 ID

= 35 x 2 x 0,030

= 2,123 ft

d. Gate valve = 2 buah (wide open)

Le/D = 9 (Tabel 2.10-1, Geankoplis, hal. 93)

L gate valve = 9 ID

= 9 x 2 x 0,030

= 0,546 ft

e. Tee = 1 buah

Le/D = 50

L tee = 1 x 50 x 0,030

= 1,517 ft

Sehingga :

= Panjang pipa lurus + Elbow + Gate valve + Tee

= 82,020 + 2,123 + 0,546 + 1,517

= 86,21 ft

Menentukan friksion loss

1. Friksi pada pipa lurus

$$Ff = 4f \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2g_c} = 4 \times 0{,}006 \frac{86{,}21}{0{,}0303} \times \frac{87{,}3979}{2 \times 32{,}174}$$

= 89,5521 lbf.ft/lbm

2. Kontraksi

$$Kc = 0{,}55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)$$ ($A_2/A_1 = 0$, karena nilai $A_1 > A_2$)

= 0,55 $(1-0)^2$

= 0,55

$$hc = Kc \frac{v^2}{2g_c}$$

$$= 0{,}55 \frac{87{,}3979}{2 \times 32{,}174}$$

= 0,747 lbf.ft/lbm

3. Ekspansi

$$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)$$

= 1 - $(0)^2$

= 1

$$hex = K_{ex} \frac{v^2}{2\alpha}$$

$$= 1 \times \frac{87,398}{2 \times 1}$$

$= 43,70$ lbf.ft/lbm

4. Elbow 90o, 2 buah

Kf = 1 (Geankoplis,Tabel 2.10-1 hal. 93)

$$hf = 2Kf \frac{v^2}{2} = 2 \times 1 \times \frac{87,4}{2}$$

$= 65,548$ lbf.ft/lbm

5. Gate valve wide open, 2 buah

Kf = 0,17 (Geankoplis,Tabel 2.10-1 hal. 93)

$$hf = 2Kf \frac{v^2}{2} = 2 \times 0,17 \frac{87,4}{2}$$

$= 14,86$ lbf.ft/lbm

6. Tee, 1 buah

Kf = 1 (Geankoplis,Tabel 2.10-1 hal. 93)

$$hf = 1\ Kf \frac{v^2}{2}$$

$$= 1 \times 1 \frac{87,4}{2}$$

$= 43,70$ lbf.ft/lbm

Sehingga :

= Ff + hc + hex + hf

= 89,55 + 0,747 + 43,70 + 124,1051

= 258,1 lbf.ft/lbm

Menentukan tenaga penggerak pompa :

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

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

Direncanakan :

ΔZ = 35 ft

ΔP = 0

Δv^2 = 0 ft/detik

α = 1 (aliran turbulen)

$$-Ws = \frac{\Delta v^2.g}{2.\alpha.gc} + \frac{\Delta Z.g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F$$

$$= \frac{0^2 \times 32,174}{2 \times 1 \times 32,174} + \frac{35 \times 32,174}{32,174} + \frac{0}{62,2} + 258,1$$

$= 293,1031$ lbf.ft/lbm

Menentukan Head Pump (H)

-Ws = H x g (Geankoplis. 1997)

$$H = \frac{-Ws}{g} = \frac{293{,}1031}{32{,}17400} = 9{,}11 \text{ ft}$$

Dari grafik 5.6 hal 200 (Coulson and Richardson. 1993) dapat diambil kesimpulan bahwa :

- Pompa yang digunakan merupakan Pompa bertipe Centrifugal Singel *stage 3500 rpm*

Menentukan tenaga penggerak pompa

Effisiensi pompa yang dipakai dapat ditentukan berdasarkan

effisiensinya (η) = 70% (Coulson, Grafik 5.9 hal 207)

Shaft work (Wp) :

$$Wp = \frac{-Ws}{\eta} = \frac{293{,}1031}{70\%} = 418{,}719 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Dari Coulson and Richardson, grafik 5.6 hal 200 dapat diambil kesimpulan:

- Pompa yang digunakan merupakan Pompa bertipe *Centrifugal single stage 3500 rpm*

Daya pompa = Wp x m (Geankoplis. 1997)

dimana m adalah rate fluida masuk = 0,924 lb/s

= 418,7187 x 0,924 lb/s

= 386,76164 ft.lbf/s

1 hp = 550 ft.lbf/s = 0,7 hp ≈ 1 hp

Spesifikasi Pompa

- Tipe : Centrifugal pump single stage
- Bahan : Carbon steel
- Daya pompa : 1 Hp
- Jumlah : 1 buah

10. Kation Exchanger (D-210 A)

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

Resin : Resin yang digunakan adalah hydrogen exchnger H_2Z

dimana kapasitas tukar kation/anion total exchange capacity (TEC):

Kation : 88,2 lb/ft^3 (Pure water care, 2014)

Asumsi kesadahan TDS

Total kation/anion : 150 mg/L = 0,009365 lb/ft^3

Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

Dasar perencanaan :

- rate aliran = 1508,321 kg/jam
  = 3325,2 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,2455 lb/ft^3

Perhitungan :

Rate volumetrik (Q) $= \dfrac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}}$

$= \dfrac{3325,24 \text{ lb/jam}}{62,2455 \text{ lb/ft}^3}$

$= 53,4214 \text{ ft}^3\text{/jam}$

$= 1,5127 \text{ m}^3\text{/jam}$

$= 0,4202 \text{ L/s}$

$= 95,4381 \text{ gpm}$

Penentuan kapasitas resin: (Pure water care, 2014)

$V_R = \dfrac{Q \,.\, t \,.\, TDS \,.\, 15,45}{TEC \,.\, 35,34 \,.\, \eta}$

$V_R = \dfrac{Q \,.\, t \,.\, TDS \,.\, 0,4372}{TEC \,.\, \eta}$

$V_P = Q.t$

$V_R = \dfrac{V_P \,.\, TDS \,.\, 0,4372}{TEC \,.\, \eta}$

Volume kation

$V_R = \dfrac{53,4214 \times 24 \times 0,0094 \times 0,4372}{88,2 \times 90\%}$

$= 0,0661 \text{ ft}^3 = 1,873 \text{ L}$

Diambil volume resin V_R = 1,87 (Untuk lama waktu siklus 24 jam)

Sehingga untuk lama waktu siklus 1 tahun dibutuh resin sebanyak:

$V_R = 1,873 \text{ L} \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari}$

$= 14832 \text{ L}$

$= 523,81 \text{ ft}^3$

$= 0,5238 \text{ m}^3$

Direncanakan:

- Tangki berbentuk silinder
- kecepatan air = 3 gpm/ft^2
- tinggi bed = 4 m
- Tinggi tangki = 1,5 diameter

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

$= \dfrac{95,4381}{3}$

$= 31,8127 \text{ ft}^2$

Volume resin = Luas . Tinggi bed

0,5 = Luas x 4

Luas = 0,1309516 m^2

Diameter bed $= \dfrac{A}{\pi/4}$

$= \dfrac{0,1310}{3,14 \;/\; 4}$

$= 0,408 \text{ m}$

Direncanakan H/D = 1,5

H = 1,5 x 0,4084
= 1 m

» **Spesifikasi kation exchanger**

- Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316
- Diameter : 0,41 m
- Tinggi : 1 m
- Jumlah : 1 buah

11. Anion Exchanger (D-210 B)

Fungsi : Menghilangkan ion-ion negatifyang dapat menyebabkan kesadahan air.

Resin : Resin anion yang dipakai adalah De-acide (DOH)
dimana kapasitas tukar kation/anion total exchange capacity (TEC):
Anion : 48,3 lb/ft^3 (Pure water care, 2014)

Asumsi kesadahan TDS

Total anion : 150 mg/L = 0,0094 lb/ft^3

Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

Dasar perencanaan :

- rate aliran = 1508,321 kg/jam
= 3325,2 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,2455 lb/ft^3

Dasar Perhitungan :

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{\text{rate liquid}}{\rho\ \text{liquid}}$$

$$= \frac{3325,24\ \text{lb/jam}}{150,0000\ \text{lb/ft}^3}$$

= 22,1683 ft^3/jam
= 0,6277 m^3/jam
= 0,1744 L/s
= 39,6040 gpm

Penentuan kapasitas resin: (Pure water care, 2014)

$$V_R = \frac{Q\ .\ t\ .\ TDS\ .\ 15,45}{TEC\ .\ 35,34\ .\ \eta}$$

$$V_R = \frac{Q\ .\ t\ .\ TDS\ .\ 0,4372}{TEC\ .\ \eta}$$

$$V_P = Q.t$$

$$V_R = \frac{V_P\ .\ TDS\ .\ 0,4372}{TEC\ .\ \eta}$$

Volume anion

$$V_R = \frac{22,17 \times 24 \times 0,0094 \times 0,4372}{48,3 \times 90\%}$$

= 0,0501 ft^3 = 1,4195 L = 0,0014 m^3

Diambil volume resin V_R = 1,42 L (Untuk lama waktu siklus 24 jam)

Sehingga untuk lama waktu siklus 1 tahun dibutuh resin sebanyak:

V_R = 1,419 L x 24 jam 330 hari
= 11242 L
= 397,03 ft^3
= 0,3970 m^3

Direncanakan:

- Tangki berbentuk silinder
- kecepatan air = 3 gpm/ft^2
- tinggi bed = 4 m
- Tinggi tangki = 1,5 diameter

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

$= \dfrac{39{,}6040}{3} =$ 13,2013 ft^2

Volume resin = Luas . Tinggi bed
1,4 = Luas x 4
Luas = 0,3548706 m^2

Diameter bed $= \dfrac{A}{\pi/4}$

$= \dfrac{0{,}3549}{3{,}14 \;/\; 4}$

= 0,672 m

Direncanakan H/D = 1,5
H = 1,5 x 0,6724
= 1 m

» **Spesifikasi anion exchanger**

- Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316
- Diameter : 0,67 m
- Tinggi : 1,01 m
- Jumlah : 1 buah

12. Bak Air Lunak (F-231)

Fungsi : Menampung air bersih untuk air umpan daerator

Dasar perencanaan :

- rate aliran = 1508,321 kg/jam
  = 3325,244 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,2455 lb/ft^3

Perhitungan :

Rate volumetrik (Q) $= \dfrac{\text{rate liquid}}{\rho\ \text{liquid}}$

$= \dfrac{3325{,}24 \text{ lb/jam}}{62{,}2455 \text{ lb/ft}^3}$

= 53,4214 ft^3/jam

Waktu tinggal = 12 jam

Volume air = rate volumetrik x waktu pengendapan

= 53,4214 ft^3/jan x 12 jam

= 641,05695 ft^3

Volume liquid = 80% volume bak

Sehingga :

Volume bak = $\frac{641,05695 \ ft^3}{0,8000}$

= 801,32118 ft^3

Bak berbentuk persegi panjang dengan ratio :

Panjang : Lebar : Tinggi = 6 : 3 : 2

Volume bak = 6 m × 3 m × 2 m = 36 m^3

Sehingga :

Volume bak = 36 x^3

801,32118 m^3 = 36 x^3

x = 2,8130 m

Jadi dimensi bak air sanitasi :

Panjang	=	6	×	2,8130	m	=	16,8779	≈	18 m
Lebar	=	3	×	2,8130	m	=	8,4390	≈	9 m
Tinggi	=	2	×	2,8130	m	=	5,6260	≈	6,0 m

» **Spesifikasi Bak Air lunak**

- Bentuk : Persegi Panjang
- Panjang : 18 m
- Lebar : 9 m
- Tinggi : 6,0 m
- Bahan : Beton Bertulang
- Jumlah : 1 buah

13. Pompa Air Lunak (L-232)

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

Type : Centrifugal Pump

Dasar perencanaan :

- rate aliran = 1508,321 kg/jam
  = 3325,244 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,2455 lb/ft^3
- Viskositas (μ) = 0,000601 lb/ft.detik
  = 2,161943 lb/ft.jam

Perhitungan :

Rate volumetrik (Q) = $\frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}}$

= $\frac{3325,244 \ lb/jam}{62,2455 \ lb/ft^3}$

= 53,4214 ft^3/jam

= 0,0148 ft^3/detik
= 5,5463 gpm

Aliran turbulen ($N_{Re} > 2100$), maka : (Pers. 15, Timmerhauss, hal.496)

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

= $3{,}9 \times (0{,}0148)^{0,45} \times (62{,}2455)^{0,13}$

ID optimal = 1,0033 in

Standarisasi ID = 1 in sch 40 (Geankoplis, App. A.5 hal.892)

Sehingga diperoleh :

OD = 1,315 in = 0,1096 ft
ID = 1,049 in = 0,0874 ft
A = 0,0060 ft^2

Laju aliran fluida (V) = $\frac{Q}{A}$

= $\frac{0{,}0148 \text{ ft}^3\text{/detik}}{0{,}0060 \text{ ft}^2}$

= 2,4732 ft/detik
= 8903,57 ft/jam

Cek jenis aliran fluida :

$N_{Re} = \frac{D \times V \times \rho}{\mu}$

= $\frac{0{,}0874 \times 2{,}47 \times 62{,}2455}{0{,}000601}$

= 22408,767

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

Ditentukan bahan pipa adalah Commercial Steel

Sehingga diperoleh :

$\varepsilon = 4{,}6 \times 10^{-5}$ m = 0,0001509 ft (Geankoplis, fig. 2.10-3 hal. 88)

$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}0001509}{0{,}0874}$ = 0,001726

f = 0,0042 (Geankoplis, fig. 2.10-3 hal. 88)

Direncanakan :

a. Panjang pipa lurus = 394 m = 120 ft
b. Elbow, 90° = 2 buah
   Le/D = 35 (Geankoplis, Tabel 2.10-1 hal. 93)
   L elbow = 35 ID
   = 35 x 2 x 0,0874
   = 6,1191 ft

c. Gate valve = 2 buah (wide open)
   Le/D = 9 (Tabel 2.10-1, Geankoplis, hal. 93)
   L gate valve = 9 ID
   = 9 x 2 x 0,0874
   = 1,573 ft

Panjang pipa total = Panjang pipa lurus + Elbow + Gate valve

Panjang pipa total = 120,0000 + 6,1191 + 1,5735
Panjang pipa total = 127,6926 ft

Menentukan friksion loss

1. Friksi pada pipa lurus

$$Ff = 4f \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2g_c} = 4 \times 128 \times \frac{127,69}{0,0874} \times \frac{6,1168}{2 \times 32,174}$$

$= 70923,427$ lbf.ft/lbm

2. Kontraksi

$$Kc = 0,55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)$$ ($A_2/A_1 = 0$, karena nilai $A_1 > A_2$)

$= 0,55 \ (1-0)^2$

$= 0,55$

$$hc = Kc \frac{v^2}{2g_c}$$

$$= 0,55 \frac{6,1168}{2 \times 32,174}$$

$= 0,0522818$ lbf.ft/lbm

3. Ekspansi

$$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)$$

$= 1 - (0)^2$

$= 1$

$$hex = K_{ex} \frac{v^2}{2\alpha}$$

$$= 1 \times \frac{37,4151}{2 \times 1}$$

$= 18,708$ lbf.ft/lbm

4. Elbow 90^o, 2 buah

Kf = 1 (Geankoplis,Tabel 2.10-1 hal. 93)

$$hf = 2Kf \frac{v^2}{2} = 2 \times 1 \times \frac{1399,9}{2}$$

$= 1049,9$ lbf.ft/lbm

5. Gate valve wide open, 2 buah

Kf = 0,17 (Geankoplis,Tabel 2.10-1 hal. 93)

$$hf = 2Kf \frac{v^2}{2} = 2 \times 0,17 \ \frac{1399,9}{2}$$

$= 237,98$ lbf.ft/lbm

Sehingga :

Sehingga :

Total friksi ($\sum F$) = Ff + hc + hex + hf

= 70923 + 0,0523 + 18,708 + 237,98

$= 71180$ lbf.ft/lbm

Menentukan tenaga penggerak pompa :
Dari pers. 2.7-28, Geankoplis, hal. 64

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

Direncanakan :

$\Delta Z = 35$ ft
$\Delta P = 0$
$\Delta v^2 = 0$ ft/detik
$\alpha = 1$ (aliran turbulen)

$$-Ws = \frac{\Delta v^2 . g}{2.\alpha.gc} + \frac{\Delta Z.g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F$$

$$= \frac{2{,}47^2 \times 32{,}174}{2 \times 1 \times 32{,}174} + \frac{35 \times 32{,}174}{32{,}174} + \frac{0}{62{,}2} + 71180$$

$= 71218{,}226$ lbf.ft/lbm

Menentukan Head Pump (H)

$-Ws = H \times g$ (Geankoplis. 1997)

$$H = \frac{-Ws}{g} = \frac{71218{,}226}{32{,}17400} = 2213{,}5335 \text{ ft}$$

Dari grafik 5.6 hal 200 (Coulson and Richardson. 1993) dapat diambil kesimpulan bahwa :

- Pompa yang digunakan merupakan Pompa bertipe Centrifugal Singel *stage 3500 rpm*

Menentukan tenaga penggerak pompa
Effisiensi pompa yang dipakai dapat ditentukan berdasarkan
effisiensinya (η) = 60% (Coulson, Grafik 5.9 hal 207)
Shaft work (Wp) :

$$Wp = \frac{-Ws}{\eta} = \frac{32{,}1740}{60\%} = 53{,}623 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Daya pompa = Wp x m (Geankoplis. 1997)
dimana m adalah rate fluida masuk = 0,9237 lb/s
= 53,6233 ft.lbf/lbm x 0,9237 lb/s
= 49,531 ft.lbf/s
1 hp = 550 ft.lbf/s = 0,1 hp ≈ 1 hp

Spesifikasi Pompa

- Tipe : Centrifugal pump single stage
- Bahan : Carbon steel
- Daya pompa : 1 Hp
- Jumlah : 2 buah

14. Deaerator (D-241)

Fungsi : Menghilangkan gas impuritis didalam air umpan boiler dengan injeksi steam
Tipe : Silinder Horizontal

Dasar perencanaan :

- rate aliran = 168418,79 kg/jam
  = 371296,07 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,2455 lb/ft^3

Perhitungan :

Rate volumetrik (Q) $= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}}$

$= \frac{371296,07 \text{ lb/jam}}{62,2455 \text{ lb/ft}^3}$

= 5965,024 ft^3/jam

= 168,9116 m^3/jam

Waktu tinggal = 1 jam

Volume air = rate volumetrik × waktu tinggal

= 168,9116 ft^3/jam x 1 jam

= 168,9116 ft^3

Direncanakan volume liquid 80% volume tangki, sehingga :

Volume tangki $= \frac{168,9116 \text{ ft}^3}{0,8}$ = 211,14 ft^3

Menentukan dimensi tangki

Volume tangki = $1/4\ \pi\ Di^2\ Ls$

Diasumsikan,

Ls = 1,5 Di, sehingga :

211,1395 ft^3 = $1/4 \times 3,14 \times (Di)^2 \times 1,5$ Di

211,1395 ft^3 = 1,1775 Di^3

Di = 5,6390 ft

Jadi,

Tinggi tangki (Ls) = 1,5 × 5,6390 ft = 8,4585 ft

Menentukan tinggi tutup (h) :

h = 0,196 Di

= 0,196 x 5,6390 ft = 1,1052 ft

Sehingga, total tinggi tangki = Ls + 2 (h)

= 8,4585 + 2,2104918 = 12,8795 ft

Spesifikasi Tangki Deaerator

- Bentuk : Silinder Horizontal, tutup Standar Dished
- Dimensi : Tingg = 12,9 ft Di = 5,6 ft
- Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316
- Jumlah : 1 buah

15. Bak Air Umpan Boiler (F-242)

Fungsi : Sebagai tempat penampung air umpan boiler

Dasar perencanaan :

- rate aliran = 168418,79 kg/jam
  = 371296,07 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,2455 lb/ft^3

Perhitungan :

Rate volumetrik (Q) $= \dfrac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}}$

$= \dfrac{371296{,}0717 \text{ lb/jam}}{62{,}2455 \text{ lb/ft}^3}$

= 5965,0240 ft^3/jam

Waktu tinggal = 8 jam

Volume air = rate volumetrik × waktu tinggal

= 5965,0240 ft^3/jam x 8 jam

= 47720,192 ft^3

Direncanakan volume liquid 80% volume bak, sehingga :

Volume bak $= \dfrac{47720{,}192 \text{ ft}^3}{0{,}8}$

= 59650,24 ft^3

Bak berbentuk persegi panjang dengan ratio :

Panjang : Lebar : Tinggi = 6 : 3 : 2

Volume bak = 6 m × 3 m × 2 m = 36 m^3

Sehingga :

Volume bak = 36 x^3

47720,192 m^3 = 36 x^3

x = 10,985 m

Jadi dimensi bak boiler feed water :

Panjang	= 6 × 10,985 ft	=	65,910	≈	66	ft
Lebar	= 3 × 10,985 ft	=	32,955	≈	33	ft
Tinggi	= 2 × 10,985 ft	=	21,9700	≈	22	ft

Spesifikasi Bak Air Umpan Boiler

- Bentuk : Persegi Panjang
- Panjang : 66 ft
- Lebar : 33 ft
- Tinggi : 22 ft
- Bahan : Beton Bertulang
- Jumlah : 1 buah

16. Pompa Air Umpan Boiler (L-243)

Fungsi : Memompakan air umpan boiler menuju boiler

Type : Centrifugal Pump

Dasar perencanaan :

- rate aliran = 168418,79 kg/jam
  = 371296,07 lb/jam

- densitas (ρ) air = 62,2455 lb/ft^3
- viskositas (μ) = 0,000601 lb/ft.detik
  = 2,161943 lb/ft.jam

Perhitungan :

Rate volumetrik (Q) $= \dfrac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}}$

$= \dfrac{371296{,}07 \text{ lb/jam}}{62{,}2455 \text{ lb/ft}^3}$

= 5965,0240 ft^3/jam

= 1,6570 ft^3/detik

= 0,0469196 m^3/detik

= 619,2974 gpm

Perhitungan :

Rate volumetrik (Q) $= \dfrac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}}$

$= \dfrac{5965{,}024 \text{ lb/jam}}{62{,}2455 \text{ lb/ft}^3}$

= 95,8306 ft^3/jam

= 0,0266 ft^3/detik

= 0,0007538 m^3/detik

= 9,9493 gpm

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

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

ID optimal $= 3{,}9 \times \left(0{,}0266 \right)^{0,45} \times \left(62{,}2455 \right)^{0,13}$

= 1,3051 in

Standarisasi ID = 2 in sch 40 (Geankoplis, App. A.5 hal.892)

Sehingga diperoleh :

OD	=	2,375	in	=	0,1979	ft
ID	=	2,067	in	=	0,1722	ft
A	=		in	=	0,006	ft^2

Laju aliran fluida (V) $= \dfrac{Q}{A}$

$= \dfrac{0{,}0266 \text{ ft}^3\text{/detik}}{0{,}0060 \text{ ft}^2}$

= 4,4366 ft/detik

= 15972 ft/jam

Cek jenis aliran fluida :

$N_{Re} = \dfrac{D \times V \times \rho}{\mu}$

$$= \frac{0{,}1722 \times 4{,}4366 \times 62{,}2455}{0{,}000601}$$

$= 79208{,}469$

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

Ditentukan bahan pipa adalah Carbon Steel

$= 4{,}6 \times 10^{-5}$ m = 0,00015 ft (Geankoplis, fig. 2.10-3 hal. 88)

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}0001509}{0{,}1722482} = 0{,}0009$$

f = 0,0042 (Geankoplis, fig. 2.10-3 hal. 88)

Direncanakan :

a. Panjang pipa lurus = 25 m = 82,02 ft

b. Elbow, 90° = 2 buah

Le/D = 35 (Geankoplis, Tabel 2.10-1 hal. 93)

L elbow = 35 ID

= 35 x 2 x 0,1722

= 12,0574 ft

c. Gate valve = 2 buah (wide open)

Le/D = 9 (Geankoplis, Tabel 2.10-1 hal. 93)

L gate valve = 9 ID

= 9 x 2 x 0,1722

= 3,1005 ft

Panjang pipa total = Panjang pipa lurus + Elbow + Gate valve

Panjang pipa total = 82,02 + 12,0574 + 3,1005

Panjang pipa total = 97,1778 ft

1. Friksi pada pipa lurus

$$Ff = 4f\frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2g_c} = 4 \times 0{,}0042\ \frac{97{,}18}{0{,}1722} \times \frac{19{,}6834}{2 \times 32{,}174}$$

= 2,8993 lbf.ft/lbm

2. Kontraksi

$$Kc = 0{,}55\left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)$$ ($A_2/A_1 = 0$, karena nilai $A_1 > A_2$)

$= 0{,}55\ (1\text{-}0)^2$

= 0,55

$$hc = Kc\ \frac{v^2}{2g_c}$$

$$= 0{,}55\ \frac{19{,}6834}{2 \times 32{,}174}$$

= 0,1682 lbf.ft/lbm

3. Ekspansi

$$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)$$

$= 1 - (0)^2$

= 1

$$hex = K_{ex} \frac{v^2}{2\alpha}$$
$$= 1 \times \frac{19,6834}{2 \times 1}$$
$$= 9,8417 \text{ lbf.ft/lbm}$$

4. Elbow 90°, 2 buah

Kf = 1 (Geankoplis,Tabel 2.10-1 hal. 93)

$$hf = 2Kf \frac{v^2}{2} = 2 \times 1 \times \frac{19,6834}{2}$$
$$= 14,763 \text{ lbf.ft/lbm}$$

5. Gate valve wide open, 2 buah

Kf = 0,17 (Geankoplis,Tabel 2.10-1 hal. 93)

$$hf = 2Kf \frac{v^2}{2} = 2 \text{ x } 0,17 \frac{19,6834}{2}$$
$$= 3,3462 \text{ lbf.ft/lbm}$$

Sehingga :

Total friksi (∑F) = Ff + hc + hex + hf

= 2,8993 + 0,1682 + 9,8417 + 18,1087

= 31,018 lbf.ft/lbm

Menentukan tenaga penggerak pompa :

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

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

Direncanakan :

ΔZ = 35 ft

ΔP = 0

Δv^2 = 0 ft/detik

α = 1 (aliran turbulen)

$$-Ws = \frac{\Delta v^2 . g}{2.\alpha.gc} + \frac{\Delta Z.g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F$$
$$= \frac{0^2 \text{ x } 32,174}{2 \text{ x } 1 \text{ x } 32,174} + \frac{35 \text{ x } 32,174}{32,174} + \frac{0}{62,2} + 31,018$$
$$= 66,017957 \text{ lbf.ft/lbm}$$

Menentukan Head Pump (H)

-Ws = H x g (Geankoplis. 1997)

$$H = \frac{-Ws}{g} = \frac{66,0180}{32,174} = 2,0519 \text{ ft}$$

Dari grafik 5.6 hal 200 (Coulson and Richardson. 1993) dapat diambil kesimpulan bahwa :

- Pompa yang digunakan merupakan Pompa bertipe Centrifugal Single *stage 3500 rpm*
  Menentukan tenaga penggerak pompa

Effisiensi pompa yang dipakai dapat ditentukan berdasarkan
effisiensinya (η) = 60% (Coulson, Grafik 5.9 hal 207)

Shaft work (Wp) :

$$Wp = \frac{-Ws}{\eta} = \frac{66{,}0180}{60\%} = 110{,}030 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Daya pompa = Wp x m (Geankoplis. 1997)

dimana m adalah rate fluida masuk = 4,4366 lb/s

= 110,0299 ft.lbf/lbm x 4,4366 lb/s

= 488,16 ft.lbf/s

1 hp = 550 ft.lbf/s = 0,9 hp ≈ 1 hp

Spesifikasi Pompa

- Tipe : Centrifugal pump single stage
- Bahan : Carbon steel
- Daya pompa : 1 Hp
- Jumlah : 1 buah

17. Bak Air Klorinasi (F-221)

Fungsi : Menampung air yang akan dinetralkan sebagai air sanitasi

Dasar perencanaan :

- rate aliran = 1508,3208 kg/jam
  = 3325,244 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,2455 lb/ft^3

Perhitungan :

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}}$$

$$= \frac{3325{,}2440 \text{ lb/jam}}{62{,}2455 \text{ lb/ft}^3}$$

= 53,421 ft^3/jam = 1,5127 m^3/jam

= 36305,4267 L/hari

Waktu tinggal = 2 jam

Volume air = rate volumetrik × waktu tinggal

= 1,5127 m^3/jam × 2 jam

= 3,0255 m^3

Perhitungan kebutuhan Cl_2

Klorin (Cl_2) tidak hanya digunakan sebagai disinfektan 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.

Volume air sanitasi = 3,0255 m^3/jam = 3025,4683 L/jam

Cl yang dibutuhkan = 1 mg/L × 3025,4683 L/jam

= 3025,4683 mg/jam

= 0,00303 kg/jam

Kebutuhan Cl untuk 1 hari = 0,00303 x 24 jam = 0,0726 kg/hari

Volume liquid = 80% volume bak, sehingga :

$$\text{Volume bak} = \frac{3{,}0255 \text{ m}^3}{}$$

Volume bak $= \frac{\quad}{80\%}$

= 3,7818 m^3

Bak berbentuk persegi panjang dengan ratio :

Panjang : Lebar : Tinggi = 6 × 3 × 2

Volume bak = 4 m × 3 m × 2 m

= 24 m^3

Sehingga :

Volume bak = 24 x^3

3,7818 m^3 = 24 x^3

x = 0,5401 m

Jadi dimensi bak air bersih :

Panjang	=	4	×	0,540	m	=	2,1605	≈	4	m
Lebar	=	3	×	0,540	m	=	1,6204	≈	2	m
Tinggi	=	2	×	0,540	m	=	1,0803	≈	1,5	m

Spesifikasi Bak Klorinasi

- Bentuk : Persegi Panjang
- Panjang : 4 m
- Lebar : 2 m
- Tinggi : 1,5 m
- Bahan : Beton Bertulang
- Jumlah : 1 buah

18. Pompa Air Sanitasi (L-222)

Fungsi : Memompakan air dari bak klorinasi untuk digunakan sebagai air sanitasi

Type : Centrifugal Pump

Dasar perencanaan :

- rate aliran = 1508,3208 kg/jam
  = 3325,244 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,2455 lb/ft^3
- viskositas (μ) = 0,000601 lb/ft.detik
  = 2,161943 lb/ft.jam

Perhitungan :

Rate volumetrik (Q) $= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}}$

$= \frac{3325{,}244 \text{ lb/jam}}{62{,}2455 \text{ lb/ft}^3}$

= 53,4214 ft^3/jam

= 0,0148 ft^3/detik

= 0,0004202 m^3/detik

= 5,5463 gpm

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

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

(Pers. 15,Timmerhauss, hal.496)

ID optimal = 3,9 × $\left(0{,}0148\right)^{0,45}$ × $\left(62{,}2455\right)^{0,13}$

= 1,0033 in

Standarisasi ID = 1 1/4 in sch 40 (Geankoplis, App. A.5 hal.892)

Sehingga diperoleh :

OD = 1,66 in = 0,1383 ft

ID = 1,380 in = 0,115 ft

A = 0,0104 ft^2

Laju aliran fluida (V) = $\dfrac{Q}{A}$

= $\dfrac{0{,}0148 \text{ ft}^3/\text{detik}}{0{,}0104 \text{ ft}^2}$

= 1,4269 ft/detik

= 5136,7 ft/jam

Cek jenis aliran fluida :

N_{Re} = $\dfrac{D \times V \times \rho}{\mu}$

= $\dfrac{0{,}115 \times 1{,}4269 \times 62{,}2455}{0{,}000601}$

= 17007,46

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

Ditentukan bahan pipa adalah Carbon Steel

= $4{,}6 \times 10^{-5}$ m = 0,0002 ft (Geankoplis, fig. 2.10-3 hal. 88)

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

f = 0,0038 (Geankoplis, fig. 2.10-3 hal. 88)

Direncanakan :

a. Panjang pipa lurus = 25 m = 82,02 ft

b. Elbow, 90° = 2 buah

Le/D = 35 (Geankoplis, Tabel 2.10-1 hal. 93)

L elbow = 35 ID

= 35 x 2 x 0,1150

= 8,0499 ft

c. Gate valve = 2 buah (wide open)

Le/D = 9 (Geankoplis, Tabel 2.10-1 hal. 93)

L gate valve = 9 ID

= 9 x 2 x 0,1150

= 2,0700 ft

Panjang pipa total = Panjang pipa lurus + Elbow + Gate valve

Panjang pipa total = 82,02 + 8,0499 + 2,0700

Panjang pipa total = 92,1399 ft

1. Friksi pada pipa lurus

$$Ff = 4f\frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2g_c} = 4 \times 0{,}004 \; \frac{92{,}14}{0{,}1150} \times \frac{2{,}0359}{2 \times 32{,}174}$$

= 0,3853203 lbf.ft/lbm

2. Kontraksi

$$Kc = 0{,}55\left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \quad (A_2/A_1 = 0\text{, karena nilai } A_1 > A_2)$$

$$= 0{,}55\ (1-0)^2$$

$$= 0{,}55$$

$$hc = Kc\ \frac{v^2}{2g_c}$$

$$= 0{,}55\ \frac{1{,}4269}{2 \times 32{,}174}$$

$$= 0{,}0122 \text{ lbf.ft/lbm}$$

3. Ekspansi

$$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)$$

$$= 1 - (0)^2$$

$$= 1$$

$$hex = K_{ex}\ \frac{v^2}{2\alpha}$$

$$= 1 \times \frac{2{,}0359}{2 \times 1}$$

$$= 1{,}0180 \text{ lbf.ft/lbm}$$

4. Elbow 90^o, 2 buah

$Kf = 1$ (Geankoplis,Tabel 2.10-1 hal. 93)

$$hf = 2Kf\ \frac{v^2}{2} = 2 \times 1 \times \frac{2{,}0359}{2}$$

$$= 1{,}5269 \text{ lbf.ft/lbm}$$

5. Gate valve wide open, 2 buah

$Kf = 0{,}17$ (Geankoplis,Tabel 2.10-1 hal. 93)

$$hf = 2Kf\ \frac{v^2}{2} = 2 \text{ x } 0{,}17\ \frac{2{,}0359}{2}$$

$$= 0{,}3461 \text{ lbf.ft/lbm}$$

Sehingga :

$$\text{Total friksi } (\sum F) = Ff + hc + hex + hf$$

$$= 0{,}3853 + 0{,}0122 + 1{,}0180 + 1{,}8730$$

$$= 3{,}2885 \text{ lbf.ft/lbm}$$

Menentukan tenaga penggerak pompa :

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

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

Direncanakan :

$\Delta Z = 35$ ft

$\Delta P = 0$

$\Delta v^2 = 0$ ft/detik

$\alpha = 1$ (aliran turbulen)

$$-Ws = \frac{\Delta v^2 \cdot g}{2.\alpha.gc} + \frac{\Delta Z.g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F$$

$$= \frac{0^2 \times 32{,}174}{2 \times 1 \times 32{,}174} + \frac{35 \times 32{,}174}{32{,}174} + \frac{0}{62{,}2} + 0{,}3853$$

= 35,38532 lbf.ft/lbm

Menentukan Head Pump (H)

-Ws = H x g (Geankoplis. 1997)

$$H = \frac{-Ws}{g} = \frac{35{,}3853}{32{,}17400} = 1{,}0998 \text{ ft}$$

Dari grafik 5.6 hal 200 (Coulson and Richardson. 1993) dapat diambil kesimpulan bahwa :

- Pompa yang digunakan merupakan Pompa bertipe Centrifugal Singel *stage 3500 rpm*

  Menentukan tenaga penggerak pompa

  Effisiensi pompa yang dipakai dapat ditentukan berdasarkan effisiensinya (η) = 60% (Coulson, Grafik 5.9 hal 207)

  Shaft work (Wp) :

$$Wp = \frac{-Ws}{\eta} = \frac{32{,}1740}{60\%} = 53{,}623 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Daya pompa = Wp x m

dimana m adalah rate fluida masuk = 1,4269 lb/s

= 53,6233 ft.lbf/lbm x 1,4269 lb/s

= 76,513 ft.lbf/s

1 hp = 550 ft.lbf/s = 0,139 hp ≈ 1 hp

Spesifikasi Pompa

- Tipe : Centrifugal pump single stage
- Bahan : Carbon steel
- Daya pompa : 1 Hp
- Jumlah : 1 buah

19. Bak Air Sanitasi (F-220)

Fungsi : Tempat penampung air sanitasi

Dasar perencanaan :

- rate aliran = 1508,3208 kg/jam
  = 3325,244 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,2455 lb/ft^3

Perhitungan :

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}}$$

$$= \frac{3325{,}2440 \text{ lb/jam}}{62{,}2455 \text{ lb/ft}^3}$$

= 53,4214 ft^3/jam

= 1,5127 m^3/jam

Waktu tinggal = 12 jam

Volume air = rate volumetrik × waktu tinggal

= 1,513 m^3/jam × 12 jam

= 18,153 m^3

Direncanakan volume liquid 80% volume bak, sehingga :

$$\text{Volume bak} = \frac{18,1528 \ m^3}{0,8} = 22,6910 \ m^3$$

Bak berbentuk persegi panjang dengan ratio :

Panjang : Lebar : Tinggi = 6 : 3 : 2

$$\text{Volume bak} = 6 \ m \times 3 \ m \times 2 \ m = 36 \ m^3$$

Sehingga :

$$\text{Volume bak} = 36 \ x^3$$

$$22,691 \ m^3 = 36 \ x^3$$

$$x = 0,8574 \ m$$

Jadi dimensi bak air sanitasi :

Panjang = 6 × 0,8574 m = 5,1444 ≈ 6 m

Lebar = 3 × 0,8574 m = 2,5722 ≈ 3 m

Tinggi = 2 × 0,8574 m = 1,7148 ≈ 2,0 m

» **Spesifikasi Bak Air Sanitasi**

- Bentuk : Persegi Panjang
- Panjang : 6 m
- Lebar : 3 m
- Tinggi : 2,0 m
- Bahan : Beton Bertulang
- Jumlah : 1 buah

D.2 Unit Refrigerant R-50 (Methane)

Fungsi : Sebagai media pendingin pada alat cooler

Kebutuhan Refrigerant Methane untuk pendingin adalah sebagai berikut :

Tabel D.2.1 Kebutuhan refrigerant Methane

Kode Alat	Nama Alat	Kebutuhan Refrigerant
		kg/jam
E-115	Cooler I	26906,39706
E-121	Cooler II	3553,540091
Total		30459,93716

Direncanakan banyaknya Refrigerant yang disuplai adalah 10% excess, maka :

Kebutuhan Refrigerant Methane untuk pendingin = 1,10 × 30459,9372 kg/jam

= 33505,9309 kg/jam

Make Up untuk kebutuhan steam direncanakan 10% excess, maka :

Make Up Refrigerant = 1,10 × 33505,9309 kg/jam

= 36856,5240 kg/jam

Jadi jumlah refrigerant yang harus dihasilkan oleh Cooler adalah :

Massa Refrigerant = 36856,5240 kg/jam = 81253,8927 lb/jam

Kebutuhan Refrigerant = 30459,93716 kg/jam = 67151,9775 lb/jam

A. Tangki Storage Methane (F–235)

Fungsi : Untuk menyimpan methane sebelum digunakan sebagai pendingin.

Tipe : Tangki dengan tutup atas dan tutup bawah bullet spherical

Direncanakan :

- Bahan konstruksi carbon stell SA – 212 grade B
- Fluida mengisi 80% volume tangki
- Waktu tinggal : 3 jam
- Pengelasan DWBJ (E = 0.8), c = 1/16 in

Diketahui :

- Rate aliran = 30459,9372 kg/jam
  = 67151,9775 lb/jam
- Densitas (ρ)Methane = 0,1133 lb/ft^3

Perhitungan :

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}}$$

$$= \frac{67151{,}9775 \text{ lb/jam}}{0{,}1133 \text{ lb/ft}^3}$$

= 592465,0324 ft^3/jam

= 16776,8323 m^3/jam

Waktu tinggal = 3 jam

Volume air = rate volumetrik × waktu tinggal

= 16776,8323 m^3/jam × 3 jam

= 50330,4970 m^3

Direncanakan volume liquid = 80% volume tangki, sehingga :

$$\text{Volume tangki} = \frac{50330{,}4970 \text{ m}^3}{0{,}8}$$

= 62913,1212 m^3

Menentukan dimensi tangki

Volume tangki = $1/4\ \pi\ Di^2\ Ls$

Diasumsikan, Ls = 1,5 Di, sehingga :

62913,1212 ft^3 = $1/4 \times 3{,}14 \times (Di)^2 \times 1{,}5\ Di + 0{,}0847\ di^3$

62913,1212 ft^3 = 1,2622 Di^3

Di = 36,8020 ft = 441,62 in

Jadi,

Tinggi tangki (Ls) = 1,5 × 36,8020 ft = 55,2029 ft
= 662,435 in

Untuk tutup berbentuk standard dished

r = di - 6
= 662,4354 - 6 = 656,435 in

ha = $r - (r^2 - (di^{2/4}))$ ½

ha = 38,253 in

H = ha + Ls

H = 38,253 + 662,4354

H = 700,6883 in

Menentukan tekanan design (P_i) :

P_{design} = $P_{operasi}$ + $P_{hidrostatik}$ (pers. 3-17 hal. 46 Brownell & Young)

$$P_{hidrostatik} = \frac{\rho\ (H - 1)}{144}$$

$$= \frac{0{,}1133 \quad 700{,}6883 \ - \ 1}{144} = 0{,}5507 \text{ psia}$$

P_{design} = 14,7 + 0,5507 psia – 14,7

= 0,5507 psig

Menentukan tebal silinder (t_s) :

Bahan : bahan carbon stell SA – 240 grade B

- fallowable (f) = 17500 psi (Brownel 1959, hal. 342)
- faktor korosi (C) = 1/16 in
- tipe pengelasan = Double welded butt joint (E = 0,8)

(Brownel 1959, hal. 254)

$$ts = \frac{P_i \times D_i}{2\ (f \times E - 0{,}6\ Pi)} + C$$

$$= \frac{0{,}5507 \times 441{,}6236}{2\ (17500 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 0{,}5507)} + \frac{1}{16}$$

= (0,0087 × (16 / 16)) + (1 / 16)

= 1,139 / 16 ≈ 3/16 in

Standarisasi : do = di + 2 ts

= 441,6236 + 2 (3/16)

= 441,9986

Dengan pendekatan ke atas maka didapatkan harga do = 240

(Brownel 1959, tabel 5.7 hal. 89-91)

Maka, harga di baru :

di = do – 2 ts

= 240 – 2 (3/16)

= 239,6250 in = 19,969 ft

Menentukan tebal tutup

$$th = \frac{0{,}885\ .\ pi\ .\ di}{f\ .E\ -\ 0{,}1\ .\ pi} + c$$

= 0,0625 in

$$= \frac{1}{16} = \frac{3}{16} \text{ in}$$

tinggi tutup = 0,169 di

= 74,634 in

Menentukan panjang tangki

Panjang tangki = tinggi tutup + Ls

= 74,634387 + 662,435

= 737,070 in

= 61,422481 ft

Spesifikasi peralatan :

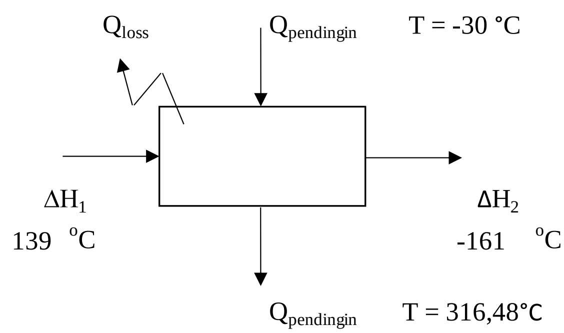
Fungsi : Untuk menyimpan methane sebelum digunakan sebagai pendingin.

Tipe : Tangki dengan tutup atas dan tutup bawah bullet spherical bawah plat datar.

ID	:	239,6250 in
OD	:	240 in
ts	:	3/16 in
Panjang	:	737,070 in
Bahan	:	carbon stell SA – 240 grade B
Jumlah	:	1 buah

B. Unit Penyediaan pendingin Methane (Cooler)

Fungsi : Untuk mendinginkan Methane dari suhu 139 °C ke -161 °C



Dimana :

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + Q_{loss} + Q_{pendingin}$$

Keterangan :

ΔH_1 = Panas bahan campuran masuk cooler

ΔH_2 = Panas bahan campuran keluar cooler

Q_{loss} = panas yang hilang

$Q_{pendingin}$ = pendingin yang terkandung pada Refrigerant

Rumus = $\Delta H = m \cdot Cp \cdot \Delta T = \int_{T_{ref}}^{T} Cp \cdot \Delta T$

Cp = $A + B(T) + C(T^2) + D(T^3)$ (Himmelblau Edisi 7, Hal 1049)

Dari rumus tersebut karena di integral sehingga T merupakan fungsi suhu maka rumus menjadi sebagai berikut :

$$\int_{T_{ref}}^{T} Cp \cdot \Delta T = m.A (T - T_{ref}) + \frac{B}{2}(T^2 - T_{ref}^2) + \frac{C}{3}(T^3 - T_{ref}^3) + \frac{D}{4}(T^4 - T_{ref}^4)$$

A. Menentukan panas bahan masuk cooler

Diketahui :

T keluar cooler peralatan = 139 ^oC = 412,15 ^oK

T referensi = 25 ^oC = 298,15 ^oK

Cp masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D	E

CH_4	34,942	-0,04	0,0002	-2E-07	3,923E-11

Sumber : Yaws L Carl table 2-1 Cp gas

$\int$ Cp . ΔT CH_4 = 4421,016 j/mol

Tabel D.2.2 Panas bahan masuk cooler

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Massa kmol/jam	Cp ΔT kkal/kmol	ΔH_1 kkal/jam
CH_4	30459,937	16	1898,9986	1.056,6228	2.006.525,230
Total					2.006.525,230

B. Menentukan panas bahan keluar cooler

Diketahui :

T keluar cooler = -161,48 ^oC = 111,67 ^oK

T referensi = 25 ^oC = 298,15 ^oK

Cp masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D	E
CH_4	34,942	-0,04	0,0002	-2E-07	3,923E-11

Sumber : Yaws L Carl table 2-1 Cp gas

$\int$ Cp . ΔT CH_4 = -6316,916 j/mol

Tabel D.2.3 Panas bahan keluar cooler

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Massa kmol/jam	Cp ΔT kkal/kmol	ΔH_2 kkal/jam
CH_4	30459,937	16	1898,9986	-1.509,7429	-2866999,625
Total					-2866999,625

C. Menghitung panas yang hilang (Q_{loss})

Q_{loss} = 5% panas masuk

Q_{loss} = 5% x ΔH_1

= 5% x 2.006.525,2 = 100326,26

D. Menentukan panas yang dibawa pendingin dengan menggunakan Refrigerat R-50 (R-methane)

Neraca panas total: 0 = Q - ΔH

Q = ΔH

ΔH_1 = ΔH_2 + Q_{loss} + $Q_{pendingin}$

2006525,2 = -2866999,625 + 100326,26 + $Q_{pendingin}$

$Q_{pendingin}$ = 4.773.198,593 kkal/jam

E. Menentukan massa Brine sebagai media pendingin

ΔT = Δt

T_2 - T_1 = t_2 - t_1

-161,48 - 139 = t_2 - -16

-300,48 = t_2 - -16

t_2 = 316,48

Q	=	m	×	cp	×	ΔT
4773199	=	m	×	1,37	×	316,48
4773199	=	m	×	434,52704		
10984,814	=	m Brine				

Neraca Panas Total Cooler

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	2006525,23	ΔH_2	-2.866.999,6
		Q_{loss}	100326,26
		$Q_{pendingin}$	4773198,5933
Total	2.006.525,23	Total	2.006.525,23

Perhitungan spesifikasi cooler

1. Neraca massa dan panas

Massa bahan masuk	=	30459,93716	kg/jam
	=	67151,97745	lb/jam
	=	3035576,417	Btu/Jam
Massa Brine pendingin masuk	=	10984,81373	kg/jam
	=	24217,12034	lb/jam
Q Brine pendingin	=	4.773.198,593	kkal/jam
	=	18929245,69	Btu/jam

2. Menghitung ΔT (LMTD)

Suhu Brine pendingin masuk (t_1)	=	-16 ^{0}C =	3,2	^{0}F
Suhu Brine pendingin keluar (t_2)	=	316 ^{0}C =	601,66	^{0}F
Suhu bahan masuk (T_1)	=	139 ^{0}C =	282,2	^{0}F
Suhu bahan keluar (T_2)	=	-161 ^{0}C =	-258,66	^{0}F

Δt_1 = $T_1 - t_2$ = 3,2 - -258,66 = 262 ^{0}F

Δt_2 = $T_2 - t_1$ = 602 - 282,2 = 319 ^{0}F

Sehingga :

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\text{in}\,\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{262 - 319}{\text{in}\,\frac{262}{319}} = 289{,}7102955\ ^0F$$

Untuk Ft diperoleh dari Kern hal. 828 dengan trial harga S dan T

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = \frac{282 - -258{,}7}{602 - 3} = 0{,}9$$

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} = \frac{602 - 3}{282 - 3} = 2{,}15$$

Nilai S = 2,13 , untuk itu dilakukan dengan pendekatan pada S = 1

Sehingga diperoleh Ft sebes 1,00 dengan tipe HE 1 – 2

$\Delta t = F_t \times \Delta t_{LMTD} = 1,00 \times 290 = 289,7103$ ^oF

3. Menghitung suhu caloric (Tc dan tc)

$Tc = 0,5\ T_1 + T_2 = 0,5 \quad 3,2 + 601,66 = 302$ ^0F

$tc = 0,5\ t_1 + t_2 = 0,5 \quad 282 + -258,66 = 11,8$ ^0F

4. Trial U_D

Dari tabel 8 "Kern" hal. 840, range U_D = 40 - 100 Btu/jam.ft^2.^{o}F

Hot fluid : Light Organics & Cold fluid : Brine

Dicoba UD = 98 Btu/jam.ft^2.^{o}F (Kern, tabel 8 hal 840)

$$A = \frac{Q}{U_D \text{ trial} \times \Delta t} = \frac{18929245,69}{98 \times 289,71} = 666,7197 \text{ ft}^2$$

a" = 0,2618 ft^2/ft (Kern, tabel 10 hal 843)

$$N_t = \frac{A}{a'' \times L} = \frac{666,7197}{0,2618 \times 20}$$

$$= 127,334 \text{ buah}$$

Nt standar = 136 buah (Kern tabel 9 hal 842)

$$U_D \text{ koreksi} = \frac{N_t}{N_t \text{ standar}} \times U_D \text{ trial}$$

$$U_D \text{ koreksi} = \frac{127,33}{136} \times 98 = 91,7552 \text{ BTU/jam.ft}^2.^oF$$

Kesimpulan sementara	
Tipe HE = 1-2	
Bagian *shell*	**Bagian tube**
ID_s = 10 "	d_o = 1 in, BWG = 18
n' = 1	P_T = 6 ", susunan segitiga
B = 2 in	
N+l = (12 x 20) / B	C' = $P_T - d_o$
	C' = 1 - 0,75
= (12 x 20) / 2	L = 20 ft
	C' = 5,00 in
= 120	l = 20 ft
	a' = 0,639 in
	a" = 0,2618 ft^2/ft
	d_i = 0,9 in = 0,0752 ft
	d_e = 1,04 in = 0,0867 ft
	n = 2 passes
	N_t = 127,3337899 buah

(Kern tabel 9-10, hal 842-843)

Evaluasi Perpindahan Panas

Bagian *shell* (Light Organics)	Bagian *tube* (*Brine)*
5. Menghitung N_{Re}	**5'. Menghitung N_{Re}**
$a_s = \frac{ID_s \times C' \times B}{n' \times P_T \times 144}$	$a_t = \frac{N_t \times a'}{n \times 144}$
$= \frac{10 \times 5{,}00 \times 2}{1 \times 1{,}25 \times 144}$	$= \frac{127 \times 1}{1 \times 144}$
$a_s = 0{,}5556\ ft^2$	$= 0{,}88\ ft^2$
$G_s = \frac{m}{a_s}$	$G_t = \frac{M}{a_t}$
$= \frac{67151{,}977\ lb/jam}{0{,}5556\ ft^2}$	$= \frac{24217{,}1\ lb/jam}{0{,}8842624\ ft^2}$
$G_s = 120873{,}56\ lb/jam.ft^2$	$G_t = 27386{,}8\ lb/jam.ft^2$
$T_c = 302\ ^oF = 423{,}15\ K$	$t_c = 11{,}8\ ^oF = 262{,}04\ K$

Menentukan viskositas light organics (Methane)

Diketahui :

T μ = 302 ^oF = 423,15 K

Komponen	A	B	C
CH_4	3,844	0,40112	-0,000143

Sumber : Yaws L Carl table 21-1

μ CH_4 = 147,96756 micropoise

= 0,0147968 centipoise

Menentukan viskositas Brine

Diketahui :

T μ = 302 ^oF = 262,04 K

μ masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D
C_2H_7N	-7,0668	905,44	176750	-2E-05
NaCl	-0,9169	1078,9	-8E-05	1E-08

Sumber : Yaws L Carl table 22-2

μ H_2O = 7,6657253 centripoise

μ NaCl = 0,5025928 centripoise

μ Brine = 8,1683181 centripoise

μ = 0,0148 CP	μ = 8,1683181 CP
$NRe_s = \frac{Gs\ x\ de}{\mu\ x\ 2{,}42}$	$NRe_t = \frac{Gt\ x\ di}{\mu\ x\ 2{,}42}$
$= \frac{120874 \times 1{,}04}{0{,}015 \times 2{,}42}$	$= \frac{27386{,}8 \times 0{,}902}{7{,}6657 \times 2{,}42}$
= 3510611,522	= 1331,6167
6. Mencari J_H	**6. Mencari J_H**
J_H = 350	J_H = 18
(Kern, gbr 28, hal 838)	(Kern, gbr 24, hal.834)
7. Mencari h_o	**7'. Mencari hi_o**
$T_c = 302\ ^oF = 423{,}15\ K$	t_c = 11,8 ^oF = lb/jam.ft2 K

Diketahui :

T untuk Tc Methane = 302 ^oF = 423,15 ^oK

T referensi = 25 ^oF = 269,26 ^oK

Cp masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D	E
CH_4	34,942	-0,04	0,0002	-2E-07	3,923E-11

Sumber : Yaws L Carl table 2-1 Cp gas

$\int$ Cp . ΔT CH_4 = 5914,9846 J / mol

= 1,4127704 Btu/lbF

- Menentukan k Methane

Diketahui :

T k = 302 ^oF = 423,15 K

k masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C
CH_4	-0,0094	0,0001	3E-08

Sumber : Yaws L Carl table 23-1

k CH_4 = 0,0559506 W/m K

= 0,0324513 Btu ft/hr ft2 F

- Menentukan ρ Brine

Diketahui :

T ρ = 11,8 ^oF = 262,04 K

ρ masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	Tc	n
C_2H_7N	0,2477	0,2565	456,15	0,2859
NaCl	0,2213	0,1059	3400	0,3753

Sumber : Yaws L Carl table 8-2

ρ C_2H_7N = 0,292325 gr/ml K

= 18,249256 lb/ft

ρ NaCl = 0,5138477 gr/ml K

= 32,078472 lb/ft

ρ Brine = 0,8061727 gr/ml K

= 50,327728 lb/ft

- Menentukan k Brine

Diketahui :

T k = 11,8 ^oF = 262,04 K

k masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C
H_2O	-0,2758	0,0046	-6E-06
NaCl	51,612	-0,2961	0,0005

Sumber : Yaws L Carl table 23-1

k H_2O = 0,5523847 W/m K

= 0,3203831 Btu ft/hr ft^2 F

k NaCl = 51,6119 W/m K

= 29,934902 Btu ft/hr ft^2 F

k Brine = 52,164285 W/m K

= 30,255285 Btu ft/hr ft^2 F

Diketahui :

T untuk tc Brine = 11,8 ^oF = 262,04 ^oK

T referensi = 25 ^oF = 269,26 ^oK

Cp masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D
C_2H_7N	15,784	0,8714	-0,0031	4E-06
NaCl	95,016	-0,0311	1E-06	6E-09

Sumber : Yaws L Carl table 3-1 Cp Liquid
dan table 4.2 cp Solid

$\int Cp \cdot \Delta T$ C_2H_7N = -113,992 J / mol
= -0,027227 Btu/lbF

$\int Cp \cdot \Delta T$ NaCl = -686,2056 J / mol
= -0,163897 Btu/lbF

$\int Cp \cdot \Delta T$ Brine = -800,1976 J / mol
= -0,191124 Btu/lbF

7. Mencari h_o

T_c = 302 ^oF = 423,15 K

c_p = 1,4128 btu/lb.^oF

k = 0,0325 btu/jam.ft^2(^oF/ft)

$$h_o = J_H \times \left(\frac{k}{de}\right) \times \left(\frac{cp}{k} \times \mu\right)^{1/3}$$

$$= 350 \times \left(\frac{30,2553}{0,0867}\right) \times \left(\frac{1,4128}{30,2553} \times 0,01\right)^{1/3}$$

= 10802,0625

7'. Mencari hi_o

$$a_t = \frac{N_t \times a'}{n \times 144}$$

$$= \frac{136 \times 0,64}{1 \times 144}$$

= 0,6 ft^2

$$G_t = \frac{M}{a_t}$$

$$= \frac{24217,1}{0,6035} \frac{lb/jam}{ft^2}$$

= 40127,8 lb/jam.ft^2

$$V = \frac{G_t}{3600} \times \rho$$

$$= \frac{40127,8}{3600} \times 50,328$$

= 560,98345

hio = 200

(Fig.25 Kern hal 835)

8'. Mencari hi_o

$$hio = hi \times \frac{ID}{OD}$$

$$= 200 \times \frac{1}{1,25}$$

= 160

9. Mencari tahanan panas pipa bersil (U_C)

$$U_C = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o}$$

$$= \frac{160 \times 10802,1}{160 + 10802,1}$$

U_C = 157,6647 btu/jam.ft^2.^{o}F

10. Mencari faktor kekotoran (R_d)

$$R_d = \frac{U_C - U_D \text{ koreksi}}{U_C \times U_D \text{ koreksi}}$$

$$= \frac{157,66 - 91,755}{157,66 \times 91,755}$$

R_d = 0,0046 jam.ft^2.^{o}F/btu

11. Design Overall coefficient , UD

UD = 0,0046 jam.ft^2.^{o}F/btu

$$\frac{1}{UD} = \frac{1}{157,66} + 0,0046$$

= 0,0108986 jam.ft^2.^{o}F/btu

Evaluasi penurunan tekanan (ΔP)

Bagian *shell* (*Light Organic* s)	**Bagian *tube* (*Brine*)**
1'. Mencari N_{Re} dan friksi	**1. Mencari N_{Re} dan friksi**
N_{Res} = 3510611,5223	N_{Ret} = 1331,6167
f = 0,100000 ft^2/in^2	f = 0,000267 ft^2/in^2
(Kern, gbr 29,hal 839)	(Kern, gbr 26,hal 836)
2'. Mencari ΔP_s	**2. Mencari ΔPt**
Diketahui :	Diketahui :
Ds = 0,83 ft	s = 1,1
	(Kern Table 6 Hal. 808)
N+1 = (12 x L) / B	φ = 1
= 120	$\Delta Pt = \frac{f \times G_t^2 \times L \times n}{5,22.10^{10} \times di \times s \times \varphi}$
φ = 1	ΔPt = 0,0001 psi
s = 0,48	**3. Mencari ΔPr**
(Kern Fig 6 Hal. 809)	ΔPr = 4n /s V^2/ 2 g)
$\Delta Ps = \frac{f \times G_s^2 \times D_s \times (N+1)}{5,22.10^{10} \times de \times s \times \varphi}$	= 0,1490909 Psi
ΔPs = 0,0006 psi	**4. Mencari ΔPT**
	ΔPT = ΔPt + ΔPr
	= 0,1492 Psi

Speksifikasi Peralatan

Nama alat	:	Cooler
Fungsi	:	Mendinginkan Methane pada T = -161,48 °C
Tipe	:	Shell and Tube
Bahan konstruksi	:	Carbon steel SA 106 grade B

jumlah	:	1	buah
Diameter luar tube (do)	:	1	in
Diameter dalam tube (di)	:	0,902	in
Panjang tube (l)	:	20	ft
Jumlah tube (Nt)	:	127,33	buah
Luas permukaan tube (a')	:	0,639	in^2
Pitch (P_T)	:	6	in
Diameter dalam shell (IDS)	:	10	in
Baffle Space (B)	:	2	in

C. Tangki Storage Brine (F–234)

Fungsi : Untuk menyimpan Brine sebelum digunakan sebagai pendinginan

Tipe : Tangki vertikal dengan tutup atas standard dished head dan tutup bawah plat datar.

Direncanakan :

- Bahan konstruksi Stainless steel SA – 304 grade M type 316
- Fluida mengisi 80% volume tangki
- Waktu tinggal : 3 jam
- Pengelasan DWBJ (E = 0.8), c = 1/16 in

Diketahui :

- Rate aliran = 10984,8137 kg/jam
  = 24217,1203 lb/jam
- Densitas (ρ) brine = 50,3277 lb/ft^3

Perhitungan :

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}}$$

$$= \frac{24217{,}1203 \ \text{lb/jam}}{50{,}3277 \ \text{lb/ft}^3}$$

$= 481{,}1884 \ ft^3/jam$

$= 13{,}6258 \ m^3/jam$

Waktu tinggal = 3 jam

Volume liquid = rate volumetrik × waktu tinggal

$= 13{,}6258 \ m^3/jam \times 3 \ jam$

$= 40{,}8774 \ m^3$

Direncanakan volume liquid = 80% volume tangki, sehingga :

$$\text{Volume tangki} = \frac{40{,}8774 \ m^3}{0{,}8}$$

$= 51{,}0968 \ m^3$

Menentukan dimensi tangki

Volume tangki $= 1/4 \ \pi \ Di^2 \ Ls$

Diasumsikan, Ls = 1,5 Di, sehingg 51,0968 ft^3

$= 1/4 \times 3{,}14 \times (Di)^2 \times 1{,}5 \ Di + 0{,}0847 \ di^3$

51,0968 ft^3 = 1,2622 Di^3

Di = 3,4336 ft = 41,204 in

Jadi,

Tinggi tangki (Ls) = 1,5 × 3,4336 ft = 5,1505 ft

= 61,806 in

untuk tutup berbentuk standard dished

r = di - 6

= 61,8056 - 6 = 55,806 in

ha = $r - (r^2 - (di^{2/4}))^{½}$

ha = 3,942 in

H = ha + Ls

H = 3,942 + 61,8056

H = 65,7476 in

Menentukan tekanan design (P_i) :

P_{design} = $P_{operasi}$ + $P_{hidrostatik}$ (pers. 3-17 hal. 46 Brownell & Young)

$$P_{hidrostatik} = \frac{\rho \; (H - 1)}{144}$$

$$= \frac{50,3277 \; (65,7476 - 1)}{144} = 22,629 \text{ psia}$$

P_{design} = 14,7 + 22,629 psia - 14,7 = 22,629 psig

Menentukan tebal silinder (t_s) :

Bahan : bahan carbon stell SA – 240 grade B

- fallowable (f) = 17500 psi (Brownel 1959, hal. 342)

- faktor korosi (C) = 1/16 in
- tipe pengelasan = Double welded butt joint (E = 0,8)

(Brownel 1959, hal. 254)

$$ts = \frac{P_i \times D_i}{2 \; (f \times E - 0,6 \; Pi)} + C$$

$$= \frac{22,629 \times 41,2037}{2 \; (17500 \times 0,8 - 0,6 \times 22,629)} + \frac{1}{16}$$

= (0,0333 × (16 / 16)) + (1 / 16)

= 1,5333 / 16 ≈ 3/16 in

Standarisasi : do = di + 2 ts

= 41,2037 + 2 (11/4)

= 46,7037

Dengan pendekatan ke atas maka didapatkan harga do = 48

(Brownel 1959, tabel 5.7 hal. 89-91)

Maka, harga di baru :

di = do - 2 ts

= 48 - 2 (3/16)

= 47,6250 in = 3,969 ft

Menentukan tebal tutup

$$th = \frac{0,885 \; . \; pi \; . \; di}{f \; . E \; - \; 0,1 \; . \; pi} + c$$

= 0,1215 in

$= \frac{1,9432}{16} = \frac{3}{16}$ in

tinggi tutup = 0,169 di

= 6,9634 in

Menentukan panjang tangki

Panjang tangki = tinggi tutup + Ls

= 6,9634285 + 61,806

= 68,769 in

= 5,7307506 ft

Spesifikasi peralatan :

Fungsi : Untuk menyimpan Methane sebelum digunakan sebagai pendingin.

Tipe : tangki vertikal dengan tutup atas standard dished head dan tutup bawah plat datar.

ID : 41,2037 in

OD : 48 in

ts : 3/16 in

Panjang : 68,769 in

Bahan : stainless steel SA – 304 grade M type 316

Jumlah : 1 buah

D. Pompa Brine (L-212)

Fungsi : Memompakan brine dari stroge brine ke cooler

Type : Rotary Pump

Dasar perencanaan :

- Rate aliran = 10984,814 kg/jam
  = 24217,369 lb/jam
- Menentukan densitas brine

  Diketahui :

  T ρ = -16 ^{o}C = 257,15 K

  ρ masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	Tc	n
C_2H_7N	0,2477	0,2565	456,15	0,2859
NaCl	0,2213	0,1059	3400	0,3753

  Sumber : Yaws L Carl table 8-2

  ρ C_2H_7N = 0,2935462 gr/ml K
  = 18,325497 lb/ft

  ρ NaCl = 0,5138477 gr/ml K
  = 32,078472 lb/ft

  ρ Brine = 0,807394 gr/ml K
  = 50,403969 lb/ft
- Menentukan viskositas brine

  Diketahui :

T μ = -16 °C = 257,15 K

μ masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D
C_2H_7N	-7,0668	905,44	176750	-2E-05
NaCl	-0,9169	1078,9	-8E-05	1E-08

Sumber : Yaws L Carl table 22-2

μ C_2H_7N = 7,6575459 centripoise

μ NaCl = 0,5131959 centripoise

μ Brine = 8,1707418 centripoise

= 19,765746 lb/ft jam

= 7,969181 lb/ft detik

Perhitungan :

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}}$$

$$= \frac{24217{,}37 \text{ lb/jam}}{50{,}4040 \text{ lb/ft}^3}$$

= 480,4655 ft^3/jam

= 0,1335 ft^3/detik

= 49,8826 gpm

Rencana pengunaan 2 pompa, sehingga:

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{0{,}1335}{1} \text{ ft}^3\text{/detik}$$

= 0,1334626 ft^3/detik

= 0,0037793 m3/detik

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

ID optimal = $3{,}0 \times Q^{0,36} \times \rho^{0,18}$ (Pers. 15, Timmerhauss, hal.496)

ID optimal = $3 \times (0{,}0038)^{0,36} \times (50{,}4040)^{0,18}$

= 0,8155 in

Standarisasi ID = 1/2 in sch 40 (Geankoplis, App. A.5 hal.892)

Sehingga diperoleh :

OD = 0,84 in = 0,07 ft

ID = 0,622 in = 0,0518 ft

A = 0,0021 ft^2

$$\text{Laju aliran fluida (V)} = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0{,}1335 \text{ ft}^3\text{/detik}}{0{,}0021 \text{ ft}^2}$$

= 63,2524 ft/detik

= 227708,77 ft/jam

Cek jenis aliran fluida :

$$N_{Re} = \frac{D \times V \times \rho}{\mu}$$

$$= \frac{0{,}0518 \times 63{,}25 \times 50{,}4040}{7{,}969181}$$

= 20,736

Karena N_{Re} < 2100, maka jenis aliran fluida adalah laminer
Ditentukan bahan pipa adalah Carbon Steel
Sehingga diperoleh :

$\varepsilon = 4{,}6 \times 10^{-5}$ m = 0,000151 ft (Geankoplis, fig. 2.10-3 hal. 88)

$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}000151}{0{,}0518}$ = 0,002912

f = 0,76 (Geankoplis, fig. 2.10-3 hal. 88)

Direncanakan :

- Panjang pipa lurus = 100 m = 328,08399 ft
- Elbow, 90° = 3 buah
  Le/D = 35 (Geankoplis, Tabel 2.10-1 hal. 93)
  L elbow = 35 ID
  = 35 x 3 x 0,0518
  = 5,4424 ft
- Gate valve = 3 buah (wide open)
  Le/D = 9 (Geankoplis, Tabel 2.10-1 hal. 93)
  L gate valve = 9 ID
  = 9 x 3 x 0,0518
  = 1,399 ft

Panjang pipa total = Panjang pipa lurus + Elbow + Gate valve
Panjang pipa total = 328,08399 + 5,4424 + 1,399
Panjang pipa total = 334,9259 ft

Menentukan friksion loss

1. Friksi pada pipa lurus

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

$$= 4 \times 0{,}760 \ \frac{334{,}9}{0{,}0518} \times \frac{4000{,}871}{2 \times 32{,}174}$$

= 1221341,4 lbf.ft/lbm

2. Kontraksi

$$Kc = 0{,}55 \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)$$ (A_2/A_1 = 0, karena nilai $A_1 > A_2$)

= 0,55 $(1\text{-}0)^2$
= 0,55

$$hc = Kc \ \frac{v^2}{2g_c}$$

$$= 0{,}55 \ \frac{63{,}2524}{2 \times 32{,}174} = 0{,}5406 \text{ lbf.ft/lbm}$$

3. Ekspansi

$$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)$$

$= 1 - (0)^2$

$= 1$

$hex = K_{ex} \dfrac{v^2}{2\alpha}$

$= 1 \times \dfrac{63,25}{2 \times 1}$

$= 31,626$ lbf.ft/lbm

4. Elbow 90°, 5 buah

Kf = 0,75 (Geankoplis,Tabel 2.10-1 hal. 93)

$hf = 5Kf \dfrac{v^2}{2}$

$= 3 \times 0,75 \dfrac{63,25}{2}$

$= 71,159$ lbf.ft/lbm

5. Gate valve wide open, 3 buah

Kf = 0,17 (Geankoplis,Tabel 2.10-1 hal. 93)

$hf = 3Kf \dfrac{v^2}{2}$

$= 3 \times 0,17 \dfrac{63,25}{2}$

$= 16,129$ lbf.ft/lbm

Sehingga :

Total friksi (∑F) = Ff + hc + hex + hf

= 1E+06 + 0,5406 + 31,626 + 16,13

= 1E+06 lbf.ft/lbm

Menentukan tenaga penggerak pompa :

Dari Geankoplis, pers. 2.7-28 hal. 64

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

Direncanakan :

ΔZ = 30 ft

ΔP = 0

Δv^2 = 0 ft/detik

α = 1 (aliran turbulen)

$$-Ws = \frac{\Delta v^2.g}{2.\alpha.gc} + \frac{\Delta Z.g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F$$

$$= \frac{0^2 \times 32,174}{2 \times 1 \times 32,174} + \frac{30 \times 32,174}{32,174} + \frac{0}{0,8} + 1221390$$

= 1221419,7 lbf.ft/lbm

Menentukan Head Pump (H)

-Ws = H x g (Geankoplis, 1997)

$$H = \frac{-Ws}{g} = \frac{1221419,7}{32,17400} = 37963 \text{ ft}$$

Menentukan tenaga penggerak pompa
Effisiensi pompa yang dipakai dapat ditentukan berdasarkan
effisiensinya (η) = 80% (Coulson, Grafik 5.9 hal 207)
Shaft work (Wp) :

$$Wp = \frac{-Ws}{\eta} = \frac{1221419{,}7}{80\%} = 1526774{,}7 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Daya pompa = Wp x m (Geankoplis. 1997)
dimana m adalah rate fluida masuk = 6,727 lb/s
= 1526774,7 ft.lbf/lbm x 6,727 lb/s
= 10270685 ft.lbf/s
1 hp = 550 ft.lbf/s = 18674,0 hp ≈ 18674 hp

Spesifikasi Pompa
- Tipe : Rotary pump single stage
- Bahan : Stanless steel
- Daya pompa : 18674 Hp
- Jumlah : 1 buah

D.3. Unit Penyediaan Tenaga Listrik

Kebutuhan tenaga listrik pada pra-rencana Pabrik Ethylene ini direncanakan dan disediakan oleh PLN dan generator set. Tenaga listrik yang dipergunakan untuk mendukung jalannya proses utama, utilitas maupun pekerja. Perincian kebutuhan listrik terbagi menjadi :
- Peralatan proses produksi
- Daerah pengolahan air
- Listrik untuk penerangan

A. Peralatan Proses Produksi
Pemakaian listrik untuk peralatan proses produksi, ditunjukkan pada tabel dibawah ini.
Tabel D.2.1. Pemakaian listrik pada peralatan proses produksi

No.	Kode Alat	Nama Alat	Jumlah	Daya (Hp)	Total (Hp)
1	L-112	Pompa etanol	3	1	3
2	G-114	Kompresor	1	1	1
Total			4	2	4

B. Daerah Pengolahan Air
Pemakaian listrik untuk daerah pengolahan air (water treatment), ditunjukkan pada tabel di bawah ini.
Tabel D.2.2. Pemakaian listrik pada daerah pengolahan air

No.	Kode Alat	Nama Alat	Jumlah	Daya (Hp)	Total (Hp)
1	L-212	Pompa air sungai	2	60	120
2	L-214	Pompa bak sedimentasi	2	60	120
3	L-216 A	Pompa bak tangki clarifier	2	60	120
4	H-217	Tangki Clarifier	1	6	6
5	L-216 B	Pompa air bersih	2	1	2
6	L-223	pompa air ke sanitasi	2	1	2
7	L-232	pompa air lunak	2	1	2
8	L-242	pompa ke tangki peralatan	2	1	2
9	L-246	pompa ke boiler	2	1	2

10	L-251	pompa brine	1	18674	18674
Jumlah			18	**191,0**	**19050,0**

Jadi, kebutuhan total untuk motor penggerak sebesar :

= 4 + 19050 Hp = 19054,0 Hp

= 19054,0 Hp × 0,7457 kWH/Hp = 14208,5678 kWH

C. Listrik Untuk Penerangan

Pemakaian listrik untuk penerangan dapat diperoleh dengan mengetahui luas bangunan dan areal lahan yang dipergunakan, dengan menggunakan rumus :

$$L = \frac{A \times F}{U \times D}$$ (Pers. 8-3 Kusnarjo, hal. 113)

Dimana :

L = lumen outlet

F = foot candle

U = koefisien utilitas = 0,8 (Perry 3th ed, hal 1757)

D = effisiensi penerangan rata-rata 0,75 (Perry 3th ed, hal 1757)

Tabel D.2.3. Pemakaian listrik untuk penerangan

No	**Lokasi**	**Luas**		F	**Lumen**
		m^2	**ft^2**		
1	Parkir Tamu	800	8.611	5	71757,6576
2	Pos keamanan	250	2.691	5	22424,2680
3	Parkir pegawai	800	8.611	5	71757,6576
4	Musholla	200	2.153	10	35878,8288
5	Taman	480	5.167	5	43054,5946
6	Aula	640	6.889	5	57406,1261
7	Poliklinik	480	5.167	10	86109,1891
8	perkantoran dan tata usaha	600	6.458	25	269091,2160
9	garasi	480	5.167	5	43054,5946
10	kantin	240	2.583	10	43054,5946
11	ruang kepala pabrik	200	2.153	10	35878,8288
12	toilet	90	969	2	3229,0946
13	Bengkel	480	5.167	10	86109,1891
14	Perpustakaan	240	2.583	15	64581,8918
15	ruang proses produksi	3.000	32.291	30	1614547,2960
16	area tangki bahan bakar	480	5.167	10	86109,1891
17	laboratorium	240	2.583	5	21527,2973
18	ruang bahan baku	560	6.028	10	100460,7206
19	gudang bahan baku	240	2.583	10	43054,5946
20	ruang genset	560	6.028	10	100460,7206
21	gudang produk	3.300	35.520	10	592000,6752
22	pemadam kebakaran	560	6.028	5	50230,3603
23	area waste treatment	1.200	12.916	5	107636,4864
24	area water treatment	1.120	12055,286	5	100460,7206
25	Perluasan pabrik	6.000	64.582	5	538182,4320
26	Litbang	480	5.167	5	43054,5946
27	Halaman dan Jalan	120	1291,6378	5	10763,6486
Total		23.840	256.605	237	**4341876,4672**

Penerangan seluruh area kecuali jalan dan taman, menggunakan Fluorescent Lamp type day light 40 watt, yang mempunyai lumen output sebesar 1960 lumen.

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

Total lumen = jumlah lumen – (lumen jalan + lumen taman)
= 4341876,467 – 10763,649 + 43054,5946
= 4288058,224 lumen

$$\text{Tenaga listrik yang dibutuhkan} = \frac{4288058,224 \text{ lumen}}{49 \text{ lumen/watt}}$$
= 87511,39233 watt

$$\text{Jumlah lampu yang dibutuhkan} = \frac{87511,39233 \text{ watt}}{40 \text{ watt}}$$
= 2187,785 ≈ 2188 buah

Untuk penerangan jalan dan taman, menggunakan Mercury Vapor Light 100 watt dengan lumen output sebesar 3000 lumen.

$$\text{Lumen output} = \frac{3000 \text{ lumen}}{100 \text{ watt}} = 30 \text{ lumen/watt}$$

Total lumen = lumen jalan + lumen taman
= 10763,6486 + 43054,5946
= 53818,2432 lumen

$$\text{Tenaga listrik yang dibutuhkan} = \frac{53818,24 \text{ lumen}}{30 \text{ lumen/watt}}$$
= 1793,9 watt

$$\text{Jumlah lampu yang dibutuhkan} = \frac{1793,9 \text{ watt}}{100 \text{ watt}}$$
= 17,939 ≈ 18 buah

Dari perhitungan diatas didapatkan :

- Lampu Fluorescent	=	87511,3923
- Lampu Mercury	=	1793,9414
- Peralatan bengkel	=	2000,0000
- Peralatan laboratorium	=	1500,0000
- Keperluan lain-lain	=	1250,0000 +
Total	=	94055,33377 Watt = 94,1 kWatt

Total kebutuhan listrik = Listrik untuk penerangan + Listrik untuk proses
= 94,055 + 14208,5678 kWH
= 14302,6231 kWH

Generator digunakan dalam keadaan darurat, jika *supply* listrik mati.
Power faktor untuk generator = 0,75
Sehingga,

$$\text{Power yang dibangkitkan oleh generator} = \frac{14302,6231 \text{ kW}}{0,75}$$

= 19070,1642 kW
= 19070 kW
= 19070 kV.A

D.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar

a. Kebutuhan bahan bakar boiler

Untuk kebutuhan bahan bakar boiler sebesar = 32037,074 kg/jam

Bahan bakar yang digunakan adalah Diesell Oil, dengan densitas :

ρ = 880,9867 kg/m^3

Jadi,

$$\text{Volume Diesell Oil} = \frac{32037{,}0735 \ \text{kg/jam}}{880{,}9867 \ \text{kg/m}^3}$$

= 36,365 m^3/jam = 872759,78 L/hari

b. Kebutuhan bahan bakar Generator

Tenaga Generator = 19070 kW
= 1561688130,073 Btu/hari

Bahan bakar yang digunakan adalah Diesell Oil,

- Heating Value (H_v) = 19000 Btu/lb
- Densitas (ρ) = 55 lb/ft^3 = 880,98671 kg/m^3
- Efisiensi (η) = 80% (Perry 7th ed, hal. 27-10)

$$\text{Kebutuhan bahan bakar} = \frac{1561688130{,}0732 \ \text{Btu/hari}}{19000 \ \text{Btu/lb} \times 80\% \times 55 \ \text{lb/ft}^3}$$

= 1868,048002 $ft^3/hari$
= 52897,5153 L/hari

Sehingga kebutuhan total bahan bakar per hari, sebesar :

= 872759,78 + 52897,5153 L/hari
= 925657,29 L/hari

1. Tangki Bahan Bakar

Fungsi : Untuk menyimpan bahan bakar yang akan digunakan

Dasar perencanaan :

- Volume bahan bakar = 925657,29 L/hari
  = 32689,102 $ft^3/hari$
- P = 14,7 psi dan T = 30 °C
- Waktu penyimpanan 10 hari
- Volume bahan bakar dianggap menempa = 80% volume tangki
- Direncanakan menggunakan 3 buah tangki

Perhitungan :

Volume bahan bakar = 32689,102 $ft^3/hari$ × 10 hari
= 326891,0170 ft^3

Karena menggunakan = 3 buah tangki, maka :

$$\text{V bahan bakar tiap tangk} = \frac{326891{,}02 \ \text{ft}^3}{3} = 108963{,}67 \ \text{ft}^3$$

Volume tangki $= \dfrac{108963{,}67}{80\%}$ ft^3

$= 136204{,}59$ ft^3

Menghitung diameter tangki

Volume tangki $= \pi/4 \times D^2 \times H$

Dianggap H = 1,5 D, maka :

$136204{,}59\ ft^3 = 0{,}7850\ D^2 \times 1{,}5\ D$

$D^3 = 147353{,}74\ ft^3$

$D = 52{,}8186\ ft = 633{,}8299\ in$

Menghitung tinggi tangki

$H = 1{,}5\ D$

$= 1{,}5 \times 633{,}8299\ in$

$= 950{,}7448\ in$

Menghitung tebal tangki

Bahan : HAS SA 240 Grade A Type 410

- fallowable (f) = 16250 psi (Brownel & Young, hal. 342)
- faktor korosi (C) = 1/16 in
- tipe pengelasan = Double welded butt joint (E = 0,8)

(Brownel & Young, hal. 254)

$$ts = \frac{P_i \times D}{2\ (f \times E - 0{,}6\ Pi)} + C$$

$$= \frac{14{,}7 \times 633{,}8299}{2\ (16250 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 14{,}7)} + \frac{1}{16}$$

$= (0{,}3586 \times (16/16)) + (1/16)$

$= 6{,}7376\ /16 \approx 6/16$ in

Standarisasi : do $= di + 2\ ts$

$= 633{,}8299 + 2\ (1/2)$

$= 634{,}5799$

Dengan pendekatan ke atas maka didapatkan harga d(240 in

(Brownell, tabel 5.7 hal. 89-91)

Maka, harga di baru :

di $= do - 2\ ts$

$= 240 - 2\ (1/2)$

$= 239{,}2500$ in $= 19{,}9373$ ft

Menentukan tebal tutup atas (standar dished)

$$tha = \frac{0{,}885 \times P_i \times D}{(f \times E - 0{,}1\ Pi)} + C$$

$$= \frac{0{,}885 \times 14{,}7 \times 239{,}25}{(16250 \times 0{,}8 - 0{,}1 \times 14{,}7)} + \frac{1}{16}$$

$= (0{,}2395 \times (16/16)) + (1/16) = 4{,}8312\ /16 \approx 1/4$ in

Menentukan tebal tutup bawah (conical), dengan $\alpha = 60°$

$$thb = \frac{P_i \times D}{2\ (f \times E - 0{,}6\ Pi)\ \cos 60°} + C$$

$$= \frac{14{,}7 \times 239{,}25}{2\ (16250 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 14{,}7)\ 0{,}5} + \frac{1}{16}$$

$= (0{,}2707 \times (16/16)) + (1/16)$

= 5,3315 / 16 ≈ 5/16 in

Spesifikasi Tangki Bahan Bakar

- Tipe	:	Persegi Panjang			
- Bahan konstruksi	:	HAS SA 240 Grade A Type 410			
- Dimensi	:	Di	=	239,25	in
		H	=	950,7448	in
		ts	=	6/16	in
		tha	=	1/4	in
		thb	=	5/16	in
- Jumlah	:	3			