BAB VII
UTILITAS

Dalam sebuah pabrik, utilitas merupakan unit penyedia bahan maupun tenaga pembantu, sehingga membantu kelancaran operasi pabrik tersebut. Utilitas yang terdapat dalam pabrik ini terdiri atas.

1. Unit Pengolahan Air
   Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan air pendingin, air proses, air sanitasi, dan air pengisi boiler
2. Unit Pembangkit *Steam*
   Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan *steam* pada proses evaporasi, pemanasan, dan supply pembangkit tenaga listrik.
3. Unit Pembangkit Tenaga Listrik
   Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan listrik bagi alat bangunan, jalan raya dan sebagain
4. Unit Bahan Bakar
   Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan bahan bakar bagi alat-alat, dari generator, boiler, dan sebagainya.
5. Unit Pengolahan Limbah
   Unit ini berfungsi sebagai pengolahan limbah pabrik cair, padat maupun gas proses.

VII.1 Unit Penyediaan Steam

Unit penyediaan steam berfungsi untuk menyediakan kebutuhan steam, yang digunakan sebagai media pemanas pada proses pabrik ini. Direncanakan boiler menghasilkan steam jenuh (saturated steam) pada tekanan 4,5 atm pada suhu 148 C.

(Ulrich, Appendix B ; Page 426)

Dengan λ = 506,7495 kkal/kg
= 911,46 Btu/lb

(McCabe ; App 7)

Jumlah *steam* yang dibutuhkan untuk memproduksi Etil klorida adalah :

No.	Nama Alat	Kode Alat	Steam	
			(kg/jam)	(lb/jam)
1	Heater 1 (E-112)	E-112	335,5208	739,689
2	Heater 2 (E-123)	E-123	30,7263	67,739
3	Heater 3 (E-313)	E-313	144,3584	318,253
4	Reboiler (Heater 4)	E-324	581,5306	1282,042
Total				2.407,72

Total kebutuhan *steam* = 2.407,723 lb/jam

Untuk faktor keamanan digunakan 20%

Untuk faktor keamanan dari kebocoran-kebocoran yang terjadi, maka direncanakan steam yang dihasilkan 20% lebih besar dari kebutuhan steam total :

Total *steam* = 1,2 x 2.407,7231 lb/jam
= 2.889,2678 lb/jam
= 1,849131366 ton/jam

Untuk menghitung kebutuhan bahan bakar :

$$m_f = \frac{m_s(h_v - h_f)}{e_b \times F} \times 100$$ **(Severn, W.H Page 142)**

Dimana:

m_f = massa bahan bakar yang dipakai; lb/jam
m_s = massa steam yang dihasilkan; lb/jam
h_v = enthalpy uap yang dihasilkan; Btu/lb
h_f = enthalpy liquida masuk; Btu/lb
e_b = efisiensi boiler 85-92% , ditetapkan e_b = 92% **(Severn, W.H ; 142)**

F = nilai kalor bahan bakar; Btu/lb
h_v = (h_f + h_{fg}) ***(McCabe ; App 7)***
h_f = Enthalpy of sat. liquid (148°C) = 268,0836 Btu/lb
h_{fg} = Evaporation (148°C) = 911,4597 Btu/lb
h_v = 268,0836 + 911,4597 = 1179,5433 Btu/lb
h_F = 180,16 Btu/lb (suhu air = 100 ^oC) ***(McCabe ; App 7)***
e_b = 92%
F = Nilai kalor bahan bakar
Digunakan Petroleum Fuels Oil 33^{o}API (0.22% Sulfur)
Relatif Density, ρ = 0,865 gr/cc **(Perry 7^{ed} table 27-6)**
= 54,0064 lb/cuft
= 7,2196 lb/gal
Dari **Perry 7^{ed}, Figure 27-3** di dapat :
Heating Value = 14.000 Btu/gal
Maka, heating value bahan baka = $\frac{14.000 \text{ Btu/gal}}{7,2196 \text{ lb/gal}}$
= 1.939,157 Btu/lb

$$m_f = \frac{m_s(h_v - h_f)}{e_b \times F} \times 100$$ **(Severn, W.H Page 142)**

$$= \frac{1,8491 \times (1179,54 - 180,16)}{92\% \times 1.939,1566} \times 100$$

= 103,59 lb/jam

Kapasitas Boiler

$$Q = \frac{m_s(h_v - h_f)}{1000}$$ **(Severn, W. H Page 171)**

$$Q = \frac{1,8491 \times (1179,5433 - 180,16)}{1000}$$

= 1,8480 KBtu/jam

Penentuan Boiler Horse Power

Untuk penentuan Boiler Horse Power, digunakan persamaan :

$$Hp = \frac{m_s(h_v - h_f)}{(970.3 \times 34.5)}$$ **(Severn, Pers 172 ; Page 140)**

Dimana :

Angka-angka 970.3 dan 34.5 adalah suatu penyesuaian pada penguapan 34.5 lb air/jam dari air pada 212^{o}F menjadi uap kering pada 212oF pada tekanan 1 atm, untuk kondisi demikian diperlukan entalpi penguapan 970.3 Btu/lb.

$$Hp = \frac{m_s(h_v - h_f)}{(970.3 \times 34.5)}$$

$$= \frac{2.889,2678 \times (1179,54 - 180,16)}{970,3 \times 34,5}$$

= 86,25708 Hp

= 86,0 Hp

Penentuan Heating Surface Boiler **(Severn, W.H ; Page 140)**

Untuk 1 Hp boiler dibutuhkan 10 ft^2 heating surface

Total Heating Surface = 10 x 86

= 860,0000 ft^2

Kebutuhan air untuk pembuatan steam

Air yang dibutuhkan diambil 20% berlebih dari jumlah steam yang dibutuhkan untuk faktor keamanan.

Produksi steam = 2.889,2678 lb/jam

Kebutuhan air = 1,2 x 2.889,2678 lb/jam

= 3.467,1213 lb/jam

= 83.210,91 lb/hari

ρ air = 62,43 lb/cuft

$$\text{Volume air} = \frac{83.210,9 \text{ lb/hari}}{62,43 \text{ lb/cuft}}$$

= 1.332,8674 cuft/hari

= 37,7425 m^3/hari

= 1,5726 m^3/jam

Air kondensat dari hasil pemanasan di recycle kembali ke boiler. Dianggap kehilangan air kondensat sebesar 20%. Maka air yang ditambahkan sebagai make up water adalah :

= 20% x 1,5726

= 0,3145 m^3/jam

= 7,548508 m^3/hari

Air yang menguap 20% dari kebutuhan air di boiler :

Air yang menguap = 0,2 x 37,7425 m^3/hari

= 7,5485 m^3/hari

Blowdown pada boiler adalah 15% dari kebutuhan air boiler :

Blowdown = 0,15 x 37,7425 m^3/hari

= 5,6614 m^3/hari

Kebutuhan total air untuk steam = Kebutuhan air di boiler + Make up water

= 37,7425 m^3/hari + 7,5485 m^3/hari
= 45,2910 m^3/hari

Spesifikasi :

Nama Alat	:	Boiler
Tekanan Steam	:	4,5 atm
Suhu	:	148 ℃
Type	:	Fire tube boiler (tekanan steam < 10 atm)
Heating Surface	:	860,0000 ft^2
Kapasitas Boiler	:	1,8491 KBtu/jam
Rate Steam	:	2.889,2678 lb/jam
Effisiensi Boiler	:	92%
Power	:	86 Hp
Bahan Bakar	:	Diesel Oil 33^o API
Rate Bahan Bakar	:	103,59 lb/jam
Kebutuhan air	:	37,7425 m^3/hari
Make up water (20%)	:	7,5485 m^3/hari
Jumlah	:	2 Buah (1 buah untuk cadangan)

VII.2 Unit Penyediaan Air

Air di dalam pabrik memegang peran penting dan harus memenuhi persyaratan tertentu yang di sesuaikan dengan masing-masing keperluan di dalam pabrik. Penyedia air untuk pabrik ini direncanakan dari air sungai. Air sungai sebelum ke dalam bak penampung dilakukan penyaringan terlebih dahulu dengan maksud masuk menghilangkan kotoran yang bersifat makro dengan jalan memasang sekat kayu agar kotoran tersebut terhalang dan tidak ikut masuk ke dalam tangki penampung (reservoir) dari tangki penampung kemudian dilakukan pengolahan water treatment). Untuk menghemat pemakaian air, maka diadakan sirkulasi.

Air pada pabrik ini dipakai untuk :

1. Air Sanitasi
2. Air Umpan *Boiler*
3. Air Pendingin
4. Air Proses

VII.2.1 Air Sanitasi

Air sanitasi untuk keperluan minum, masak, cuci, mandi dan sebagainya. Pada umumnya air sanitasi harus memenuhi syarat kualitas. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017.

Standar baku mutu untuk keperluan higiene sanitasi :

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (Kadar Maksimum)
1	Kekeruhan	NTU	25
2	Warna	TCU	50
3	Zat padat terlarut	mg/l	1000
4	Suhu	°C	suhu udara ± 3
5	Rasa		tidak berasa
6	Bau		tidak berbau
7	Total Coliform	CFU/100 ml	50
8	E. Coli	CFU/100 ml	0
9	pH	mg/l	6.5 - 8.5
10	Besi	mg/l	1
11	Fluorida	mg/l	1,5
12	Kesadahan ($CaCO_3$)	mg/l	500
13	Mangan	mg/l	0,5
14	Nitrat	mg/l	10
15	Nitrit	mg/l	1
16	Sianida	mg/l	0,1
17	Deterjen	mg/l	0,05
18	Pestisida Total	mg/l	0,1
19	Air Raksa	mg/l	0,001
20	Arsen	mg/l	0,05
21	Kadmium	mg/l	0,005
22	Kromium	mg/l	0,05
23	Selenium	mg/l	0,01
24	Seng	mg/l	15
25	Sulfat	mg/l	400
26	Timbal	mg/l	0,05
27	Benzene	mg/l	0,01
28	Zat Organik ($KMnO_4$)	mg/l	10

Kebutuhan air sanitasi pabrik adalah untuk :

1. Karyawan, asumsi kebutuhan air untuk karyawan (30 liter/hari per orang)

= 30 liter/hari x 132 orang

= 3,96 m^3/hari

2. Keperluan Laboratorium

= 20 m^3/hari

3. Untuk menyiram kebun dan kebersihan pabrik

= 10 m^3/hari

4. Cadangan atau lain-lain diperkirakan 20% dari kebutuhan air untuk sanitasi
= 6,79 m^3/hari

Total kebutuhan air sanitasi = 40,8 m^3/hari

VII.2.2 Air Umpan *Boiler*

Alat ini dipergunakan untuk menghasilkan *steam* di dalam *boiler.* Air umpan boiler harus memenuhi persyaratan yang sangat ketat, karena kelangsungan operasi boiler harus sangat bergantung pada kondisi air umpannya. Beberapa persyaratan yang dipenuhi antara lain :

1. Bebas dari zat penyebab korosi, seperti asam, gas-gas terlarut.
2. Bebas dari zat penyebab kerak yang disebabkan oleh kesadahan yang tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.
3. Bebas dari zat penyebab timbulnya buih (busa) seperti zat-zat organik, anorganik minyak.
4. Kandungan logam dan impuritis seminimal mungkin.

Kebutuhan air untuk boiler = 1,5726 m^3/jam
= 37,7425 m^3/hari

VII.2.3 Air Pendingin

Untuk kelancaran dan efisiensi kerja dari air pendingin, maka perlu diperlukan persyaratan untuk air pendingin dan air umpan boiler :

(Lamb : 302)

Karakteristik	**Kadar Maximum (ppm)**	
	Air Boiler	**Air Pendingin**
Silica	0,7	50
Aluminium	0,01	-
Iron	0,05	-
Manganese	0,01	-
Calcium	-	200
Sulfate	-	680
Chloride	-	600
Dissolved Solid	200	1000
Suspended Solid	0,5	5000
Hardness	0,07	850
Alkalinity	40	500

Untuk menghemat air, maka air pendingin yang telah digunakan harus di dinginkan kembali dalam cooling tower, sehingga perlu sirkulasi air pendingin, maka di sediakan pengganti kebutuhan. Kebutuhan air pendingin :

No.	Nama Alat	Kode Alat	Cooling Tower	
			(kg/jam)	(lb/jam)
1	Cooler 1	E-222	2479,1647	5.465,5665
2	Kondensor (E-213)	E-213	8.831,5327	19.469,9971
3	Kondensor (E-323)	E-323	5.334,2831	11.759,961
Total				36.695,524

Kebutuhan air pendingin total = 36.696 lb/jam

Cooling Tower

Fungsi : Mendinginkan air pendingin yang sudah terpakai.

Untuk keperluan ini digunakan *cooling tower* dengan spesifikasi sebagai berikut :

Kebutuhan Cooling Water = 36.696 lb/jam
= 16.645 kg/jam
= 399.473 kg/hari

Densitas Air = 1000 kg/m^3

$$\text{Volume Air} = \frac{399.473 \text{ kg/hari}}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

= 399,4733 m^3/hari

Dianggap kehilangan air pada waktu sirkulasi 15% dari total air pendingin, sehingga sirkulasi air pendingin adalah 90%.

Air yang disirkulasi = 90% x 399,4733 m^3/hari
= 359,5260 m^3/hari

Air yang harus ditambahkan sebagai make up water :
= 15% x 399,4733
= 59,9210 m^3/hari

Jadi, total kebutuhan air (disirkulasi) sebesar :

$$\text{Q Cooling Water} = \frac{399{,}4733 \times 264{,}17}{24 \times 60}$$

= 73,2839 gpm

Perancangan Alat Cooling Tower

Fungsi = Mendinginkan air yang akan digunakan sebagai air pendingin.

Jenis = Counter Flow Induced Draft Cooling Tower

Rate Volumetrik = 73,2839 gpm

Digunakan udara sebagai pendingin dengan relative humidity 70%.

Suhu air masuk cooling tower (T_1) = 45 °C = 113 °F

Suhu air keluar cooling tower (T_2) = 30 °C = 86 °F

Diambil kondisi 70% relative humidity 30°C

T dry bulb = T_{db} = 30 °C = 86 °F

T wet bulb = T_{wb} = 26 °C = 78,8 °F

Temperature Approach = $T_{db} - T_{wb}$
= 86 - 78,8 = 7,2 °F

Temperature Range = $T_1 - T_2$
= 113 - 86 = 27 °F

Konsentrasi air cooling water pada suhu 30°C = 2 gpm/ft^2

(Perry 7^{ed}, Figure 12-14)

$$\text{Luas area pendinginan} = \frac{73{,}2839 \text{ gpm}}{2 \text{ gpm/ft}^2}$$

= 36,6420 ft^2

Menghitung Make Up Water

Aliran air sirkulasi masuk cooling tower (Wc) (20% dari laju volumetrik CW)

= 79,8947 m^3/hari

= 3,3289 m^3/jam

Evaporation Loss (We)

= 0,00085 x Wc (T_1 - T_2)

= 0,00085 x 3,3289 x 27

= 0,0764 m^3/jam

Water Drift Loss (Wd)

Air yang keluar karena fan berputar, untuk ini standartnya 0.1-0.2% jumlah air yang bersikulasi. **(Perry 7ed, Page 12-17)**

= 0,20% x Wc

= 0,20% x 3,3289

= 0,0067 m^3/jam

Water Blow Down (Wb)

Air yang dibuang untuk menurunkan konsentrasi padatan dalam air sirkulasi :

S = rasio klorida dalam air sirkulasi terhadap air make u 5

$$Wb = \frac{We}{(S-1)}$$ **(Perry 7ed, Page 12-17)**

$$= \frac{0,0764}{5 - 1}$$

= 0,0191 m^3/jam

Jadi air yang dibutuhkan untuk penambahan (Make up water) adalah :

Wm = We + Wd + Wb **(Perry 7ed, Eq. 12-9)**

= 0,0764 + 0,0067 + 0,0191

= 0,1022 m^3/jam

$$L = \frac{Gpm \times W}{C \times 12 \times CW \times CH}$$ **(Perry 3ed 1984 ; Page 3 - 795)**

Dengan :

L = panjang cooling tower, ft

W = wind correction factor

C = konsentrasi air / ft^2 cooling tower

CW = wet bulb correction factor

Diperoleh :

W = 1 **Figure 56, Page 3-794 (Perry 3ed, 1984)**

CW = 0,98 **Figure 56, Page 3-794 (Perry 3ed, 1984)**

C = 2 **Figure 56, Page 3-794 (Perry 6ed, 1984)**

CH = 1,25 **Figure 56, Page 3-794 (Perry 6ed, 1984)**

Maka dapat diperoleh :

$$L = \frac{73{,}2839 \times 1}{2 \times 12 \times 0{,}98 \times 1{,}25}$$

= 2,4927 ft

= 2 ft = 0,6096 m

Menghitung dimensi cooling tower

Kapasitas, Q = 73,2839 gpm

Konsentrasi air, Cooling Water T = 30^{o}C = 2 gpm/ft^2

(Perry, 1997 ; Figure 12-14)

$$\text{Luas menara, } A = \frac{73{,}2839 \text{ gpm}}{2 \text{ gpm/ft}^2}$$

= 36,6420 ft^2

Tinggi menara :

Berdasarkan **Perry 8^{ed} ; Page 12-19 :**

Untuk range pendingin 25 - 35^{o}F dengan temperature approach 7.2^{o}F di per(,maka tinggi menara 35-40 ft.

tinggi Karena temperature range = 27 ^{o}F

$$\frac{27 - 25}{35 - 25} = \frac{y - 35}{40 - 35}$$

y = 36 ft

Tinggi menara (h) = 36 ft = 11 m

Diameter Menara :

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

36,6420 = 0,785 x D^2

D^2 = 46,6777

D = 6,8321 ft = 2,0838 m

Daya motor penggerak Fan Cooling Tower :

Dengan performance dari cooling tower 90%, diperoleh :

Power Fan = 0,03 Hp/ft^2 **(Perry 7^{ed}, Figure 12.15)**

Tenaga yang dibutuhkan = Luas cooling tower x 0,031

= 36,6420 x 0,031

= 1,136 Hp

Effisiensi Fan = 0,8

$$\text{Fan Power} = \frac{1{,}136}{0{,}8}$$

= 1,420 Hp

= 1 Hp

Spesifikasi :

Fungsi	:	Mendinginkan air yang akan digunakan sebagai air pendingin.
Type	:	Counter Flow Induced Draft Cooling Tower
Power	:	1 Hp
Kapasitas	:	3,33 m^3/jam

Dimensi

Tinggi	:	36	ft	=	10,9728	m
Panjang	:	2	ft	=	0,6096	m
Diameter	:	6,8321	ft	=	2,082426	m
Luas	:	36,64	ft^2			
Bahan Konstruksi	:	Baja stainless SA 240 Grade M tipe 316				
Jumlah	:	1	Buah			

VII.2.4 Air Proses

Kebutuhan Air Proses :

No.	Nama Alat	Kode Alat	Cooling Tower	
			(kg/jam)	(lb/jam)
1	*Scrubber*	D-320	322,8947	711,8536
Total				711,8536

Kebutuhan air proses	=	711,9	lb/jam
	=	11,4079	ft^3/jam
	=	0,3230	m^3/jam
	=	7,7528	m^3/hari

VII.3 Unit Pengolahan Air (Water Treatment)

Air untuk keperluan industri harus terbebas dari kontaminan yang merupakan faktor penyebab terbentuknya endapan, korosi pada logam, dan lainnya. Untuk mengatasi masalah ini maka dari sumber air tetap memerlukan pengolahan sebelum digunakan.

Proses Pengolahan Air Sungai :

Air sungai di pompa ke bak penampung yang terlebih dahulu dilakukan penyaringan dengan cara memasang serat kayu agar kotoran bersifat makro akan terhalang dan tidak ikut masuk ke bak koagulasi dan flokulasi. Selanjutnya air sungai di pompa ke clarifier. Pada bak pengendapan ini kotoran-kotoran akan mengendap dan membentuk flok-flok yang sebelumnya pada bak koagulasi dan flokulasi diberikan alum dan PAC. Air lalu ditampung pada baik air jernih yang selanjutnya dilewatkan sand filter untuk menyaring kotoran yang masih terikat selanjutnya dilewatkan sand filter untuk menyaring kotoran yang masih terikat di distribusikan sesuai kebutuhan. Dari perincian diatas, dapat disimpulkan kebutuhan air dalam pabrik :

Air Sanitasi	=	40,752	m^3/hari	=	1,6980	m^3/jam
Air Umpan Boiler	=	37,743	m^3/hari	=	1,5726	m^3/jam
Air Pendingin	=	399,47335	m^3/hari	=	16,6447	m^3/jam
Air Proses	=	7,753	m^3/hari	=	0,3230	m^3/jam
Total	=	485,7207	m^3/hari	=	20,2384	m^3/jam

Total air yang harus di supply dari water treatment = 485,7207 m^3/hari

Kehilangan akibat jalur pipa dalam perjalanan, untuk faktor keamanan maka direncanakan kebutuhan air sungai total :

= 1,122 x Kebutuhan normal
= 1,122 x 485,7207 m^3/hari
= 545,094 m^3/hari
= 22,7122 m^3/jam

VII.3.1 Spesifikasi Peralatan Pengolahan Air

1. Bak Penampung Air Sungai

Fungsi : Menampung air sungai sebelum di proses menjadi air bersih.
Type : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.
Rate Volumetrik = 545,094 m^3/hari = 22,7122 m^3/jam
Ditentukan = Waktu tinggal = 1 hari = 24 jam

Volume air dalam bak penampung :

Direncanakan penyimpanan dengan 1 buah bak, sehingga volume masing -masing bak

$$\text{Volume air dalam bak penampung} = \frac{\text{Rate volumetrik x waktu tinggal}}{\text{jumlah bak}}$$

$$= \frac{22{,}7122 \times 24 \text{ jam}}{1}$$

$$= 545{,}0940 \ m^3$$

Volume bak penampung = 1,1 x 545,0940 = 599,6033684 m^3

Asumsi :

Tinggi (H) = 1 L
Panjang (P) = 2 L

Volume bak penampung air = P x L x H
599,6034 = 2 L x L x L
299,8017 = L^3
L = 6,6929 m
H = 6,6929 m
P = 13,3857 m

Check volume

Volume bak = 13,3857 x 6,6929 x 6,6929
= 599,6034 m^3 **(memenuhi)**

Volume bak > Volume liquida **(Memenuhi)**

Asumsi padatan yang mengendap dan keluar 10% dari bak penampung air sungai

Q_2 = 10% x Q yang masuk
= 10% x 22,7122 m^3/jam
Q_2 = 2,2712 m^3/jam

Q_1 = Debit air yang akan masuk ke tangki koagulasi
Q_1 = Q yang masuk - Q_2
= 22,7122 - 2,2712 m^3/jam
= 20,4410 m^3/jam
= 490,585 m^3/hari

Spesifikasi Bak Penampung Air Sungai

Fungsi	:	Menampung air sungai sebelum di proses menjadi air bersih.
Kapasitas	:	599,6034 m^3
Bentuk	:	Bak berbentuk persegi panjang terbuka

Dimensi Bak Penampung

Panjang (P)	:	13,3857 m
Lebar (L)	:	6,6929 m
Tinggi (H)	:	6,6929 m
Bahan Konstruksi	:	Beton
Jumlah	:	1 Buah

2. Tangki Koagulasi

Fungsi : Tempat terjadinya koagulasi dengan penambahan $Al_2(SO_4)_3$ untuk destabilisasi kotoran dalam air yang tak di kehendaki.

Type : Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk (paddle).

Rate volumetrik (Q_1) = 20,4410 m^3/jam

= 20.441 L/jam

Ditentukan : **(AWWA : T.5.2 : 94)**

Waktu tinggal = 8 menit g/L = 0,1333 jam

Dosis $Al_2(SO_4)_3$ = 20 mg/L kg/L

Kelarutan $Al_2(SO_4)_3$ = 250 - 300 , Dipilih = 250 g/L

ρ $Al_2(SO_4)_3$ = 1,1293

Kebutuhan $Al_2(SO_4)_3$ = 20 mg/L x 20.441 L/jam

= 408.820,48 mg/jam

= 408,8205 gram/jam

= 0,4088 kg/jam

Volume $Al_2(SO_4)_3$ = $\frac{0{,}4088 \text{ kg/jam}}{1{,}1293 \text{ kg/L}}$

= 0,3620 L/jam

= 0,0004 m^3/jam

Kebutuhan air untuk melarutkan $Al_2(SO_4)_3$ = $\frac{408{,}8205 \text{ gram/jam}}{250 \text{ g/L}}$

= 1,6353 L/jam

= 0,0016 m^3/jam

Rate volumetrik ke tangki flokulasi (Q_2) = Q_1 + Larutan Koagulan

= 20,4410 m^3/jam + 0,0016 m^3/jam

= 20,4427 m^3/jam

Volume air dalam tangki penampung :

Volume liquida dalam tangki = Rate volumetrik x waktu tinggal
= 20,4427 m^3/jam x 0,1333 jam
= 2,7257 m^3

Volume tangki koagulasi = 1,1 x 2,7257 m^3
= 2,9983 m^3

Volume tangki > Volume liquida **(Memenuhi)**

Menentukan Dimensi Tangki Koagulasi

Asumsi : H = 2,5 D

Volume tangki = $\frac{\pi}{4}$ x D^2 x H
2,9983 = 0,785 x D^2 x 2.5 D
2,9983 = 1,9625 D^3
D = 1,1517 m
H = 2,8793 m

Menentukan Tinggi Liquida (H_f) di dalam Tangki :

Tinggi Liquida = $\frac{\pi}{4}$ x D^2 x H_f
2,7257 = 0,785 x 1,3265 x H_f
2,7257 = 1,0413 x H_f
H_f = 2,6176 m

Check Volume :

Volume Tangki = $\frac{\pi}{4}$ x D^2 x H
= 0,785 x 1,3265 x 2,8793
= 2,998 m^3 > 2,726 m^3 **(Memenuhi)**

Sistem Pengaduk

Dalam tangki koagulasi ini dilengkapi dengan pengaduk berkecepatan 100 rpm (1.6667 rps). Dirancang pengaduk tipe flat blade turbin dengan 6 blade. Perbandingan antara diameter impeller dengan diameter tangki (Da/DT) = 1/3

(McCabe 5ed ; Page 243)

Diameter Impeller (Da) = $\frac{1}{3}$ x Diameter tangki
= $\frac{1}{3}$ x 1,1517
= 0,3839 m

Kecepatan Pengadukan (N) = 100 rpm = 1,6667 rps ρ air = 1000 kg/m^3

μ air = 0,8 Cp = 0,0008 kg/m.s

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

$$= \frac{1000 \times 0{,}1474 \times 1{,}6667}{0{,}0008}$$

= 307.059,3667

Dari **Geankoplis, Figure 3.4-4 Page 145**

Diketahui nilai Np pada N_{Re} = 307.059,367 adalah :

Np = 3

Daya yang diperlukan untuk motor pengaduk :

$P = Np \times \rho \times N^3 \times Da^5$ **(Geankoplis 3ed., pers. 3.4-2 ; page 145)**

= 3 x 1000 x 4,6296 x 0,0083

= 115,83 Watt

= 0,1552 Hp

Jika effisiensi motor 80%, maka :

$$P = \frac{0{,}1552}{80\%}$$

= 0,1940 Hp

Dipilih motor = 2,000 Hp

Spesifikasi Tangki Koagulasi :

Fungsi : Tempat terjadinya koagulasi dengan penambahan $Al_2(SO_4)_3$ untuk destabilisasi kotoran dalam air yang tak di kehendaki.

Type : Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk (paddle).

Waktu tinggal : 8 menit

Kapasitas : 2,9983 m^3

Dimensi Tangki

Diameter : 1,1517 m = 3,7762 ft

Tinggi : 2,8793 m = 9,4405 ft

Tinggi Liquida : 2,6176 m

Sistem Pengaduk

Jenis : Flat Blade Turbin

Jumlah blade : 6 Buah

Kecepatan Putaran : 100 rpm

Diameter Impeller : 0,3839 m

Power Motor : 2,000 Hp

Effisiensi Motor : 80%

Bahan : Carbon Steel

Jumlah : 1 Buah

3. Tangki Flokulasi

Fungsi : Tempat terjadinya penggumpalan partikel dan kontaminan air sungai menjadi flok dengan penambahan Poly Alumunium Chlorida (PAC).

Type : Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk (paddle).

Rate Volumetrik (Q_2) = 20,44 m^3/jam = 20.443 L/jam

Ditentukan : Waktu tinggal (t) = 30 menit = 0,5000 jam
Dosis PAC = 3 mg/L
Kelarutan PAC = 466 g/L
ρ PAC = 1 kg/L

Kebutuhan PAC = 3 mg/L x 20.443 L/jam
= 61.328 mg/jam
= 61,3280 gram/jam
= 0,0613 kg/jam

Volume PAC = $\frac{0,0613 \text{ kg/jam}}{1,029 \text{ kg/L}}$
= 0,0596 L/jam
= 0,0001 m^3/jam

Kebutuhan air untuk melarutkan PAC = $\frac{61,3280 \text{ gram/jam}}{466 \text{ g/L}}$
= 0,1316 L/jam
= 0,0001 m^3/jam

Rate volumetrik ke clarifier (Q_3) = Q_1 + Larutan Flokulan
= 20,4427 m^3/jam + 0,0001
= 20,4428 m^3/jam

Volume air dalam bak penampung :

Volume liquida dalam tangki = Rate volumetrik x waktu tinggal
= 20,4428 m^3/jam x 0,5000 jam
= 10,2214 m^3

Volume tangki flokulasi = 1,1 x 10,2214 m^3
= 11,2435 m^3

Volume tangki > Volume liquida **(Memenuhi)**

Menentukan Dimensi Tangki Flokulasi

Asumsi : H = 1,5 D

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

11,2435 = 0,785 x D^2 x 1.5 D
11,2435 = 1,1775 D^3
D = 2,1215 m
H = 3,1823 m

Menentukan Tinggi Liquida (H_f) di dalam Tangki :

Tinggi Liquida = $\frac{\pi}{4}$ x D^2 x H_f

10,2214 = 0,785 x 4,5009 x H_f

10,2214 = 3,5332 x H_f

H_f = 2,8930 m

Check Volume :

Volume Tangki = $\frac{\pi}{4}$ x D^2 x H

(Memenuhi)

= 0,785 x 4,501 x 3,1823 m^3

= 11,24 m^3 > 10,22 m^3

<u>Sistem Pengaduk</u>

Dalam tangki koagulasi ini dilengkapi dengan pengaduk berkecepatan 100 rpm (1.6667 rps). Dirancang pengaduk tipe flat blade turbin dengan 6 blade. Perbandingan antara diameter impeller dengan diameter tangki (Da/DT) = 1/3

(McCabe 5ed; Page 243)

Diameter Impeller (Da) = $\frac{1}{3}$ x Diameter tangki

= $\frac{1}{3}$ x 2,1215

= 0,7072 m

Kecepatan Pengadukan (N) = 50 rpm = 0,8333 rps

ρ air = 1000 kg/m^3

μ air = 0,8 Cp = 0,0008 kg/m.s

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

$$= \frac{1000 \times 0{,}5001 \times 0{,}8333}{0{,}0008}$$

= 520.931,832

Dari **Geankoplis, Figure 3.4-4 Page 145**

Diketahui nilai Np pada N_{Re} = 520.931,832

Np = 3

Daya yang diperlukan untuk motor pengaduk :

P = Np x ρ x N^3 x Da^5 **(Geankoplis 3ed., pers. 3.4-2 ; page 145)**

= 3 x 1000 x 0,5787 x 0,1769

= 307 Watt

= 0 Hp

Jika effisiensi motor 80%, maka :

$$P = \frac{0,411}{80\%}$$

$= 0,514$ Hp

Dipilih motor = 1 Hp

Spesifikasi Tangki Flokulasi:

Fungsi : Tempat terjadinya penggumpalan partikel dan kontaminan air sungai menjadi flok dengan penambahan Poly Alumunium

Type : Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk (paddle

Waktu tinggal : 30 menit

Kapasitas : 11,2435 m^3

Dimensi Tangki

Diameter (D) : 2,1215 m = 6,9558 ft

Tinggi (H) : 3,1823 m = 10,4337 ft

Tinggi Liquida : 2,8930 m

Sistem Pengaduk

Jenis : Flat Blade Turbin

Jumlah blade : 6 Buah

Kecepatan Putaran : 50 rpm

Diameter Impeller : 0,71 m

Power Motor : 1 Hp

Effisiensi Motor : 80%

Bahan : Carbon Steel

Jumlah : 1 Buah

4. Clarifier

Fungsi : Tempat pemisahan antara flok atau padatan dengan air bersih dengan cara sedimentasi atau pengendapan.

Type : Berbentuk silinder tegak dengan bagian bawah berbentuk conis.

Proses : Continue

Rate volumetrik (Q_3) = 20,4428 m^3/jam

Waktu tinggal = 1,5 jam

Acuan design pada partikel flokulan, maka didapatkan :

Laju alir limpahan (overflow rate) = 20 - 48 m^3/m^2.jam
= 20 m^3/m^2.ha
= 0,833 m^3/m^2.jam

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$= \frac{20,4428 \ m^3/jam}{0,833 \ m^3/m^2.jam}$$

$= 24,53135 \ m^2$

D = 5,5902 m ; r = 2,7951 m

Diameter pipa umpan masuk d' = 0,15 D
= 0,8385 m

Kedalaman (H) clarifier = D/H = 6-10

$= \frac{5,5902 \text{ m}}{6}$

= 0,9317 m = 1 m

Asumsi , s = 2 m , dimana s/s' = 3-4

Dipilih s = 4 s'

s' $= \frac{2}{4} =$ 0,5 m

Volume = A x H
= 24,53135 m^2 x 0,9317 m
= 22,85578 m^3

Waktu tinggal $= \frac{\text{Volume}}{\text{Rate Volumetrik}}$

Waktu tinggal $= \frac{22,8558 \text{ m}^3}{20,4428 \text{ m}^3/\text{jam}}$
= 1,1180 jam
= 1,118 jam , memenuhi standart yaitu 1.5 - 2.5 jam

Dimensi Tangki

Volume air = 20,4428 x 1,12
= 22,85578 m^3

Direncanakan volume air = volume clarifier agar terjadi overflow

Volume tangki = 22,85578 m^3

Asumsi :

Tinggi cone, Hc $= \frac{1}{2}$ Hs

Vsilinder = π x r² x hs

Vcone = 1/3 x π x r² x hc hs

Volume Silinder, Vs = π x r² x hs + 1/3 x π x r² x hc

22,8558 m^3 = 24,53135 hs + 4,810

22,8558 m^3 = 29,34 hs

Hs = 0,7790 m

Hc = 0,3895 m

Check Volume :

Volume Tangki = Vs + Vcone (tutup bawah)

Volume Tangki = $\pi \times r^2 \times hs$ + $1/3 \times \pi \times r^2 \times hc$

= 19,1089 + 3,18

= 22,2938 m^3 **(memenuhi)**

Volume Tangki < Volume Bahan, agar terjadi overflow

Spesifikasi Clarifier :

Fungsi	:	Tempat pemisahan antara flok atau padatan dengan air bersih dengan cara sedimentasi atau pengendapan.
Bentuk	:	Bentuk silinder tegak dengan bagian bawah berbentuk conis.
Kapasitas	:	22,2938 m^3
Waktu Tinggal	:	1,118 jam
Dimensi		
Diameter silinder	:	5,5902 m
Tinggi silinder	:	0,7790 m
Tinggi conis	:	0,3895 m
Diameter pipa umpan	:	0,8385 m
Bahan konstruksi	:	Carbon Steel
Jumlah	:	1 Buah

5. Bak Penampung Flok

Fungsi : Menampung flok dari clarifier.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Asumsi padatan yang mengendap (flok) 10% Q_3

Rate Volumetrik, (Q_4) = 10% x 20,44279 = 2,044 m^3/jam

Ditentukan : Waktu tinggal = 24 jam

<u>**Volume air dalam bak penampung :**</u>

Volume air = Rate volumetrik x waktu tinggal

= 2,0443 m^3/jam x 24 jam

= 49,0627 m^3

Volume bak penampung direncanakan 80% terisi air

Volume bak $= \frac{49,0627}{80\%}$

= 61,3284 m^3

Asumsi :

Tinggi (H) = 1 L

Panjang (P) = 1,5 L

Volume bak penampung air = P x L x H

61,3284 = 1,5 L x L x L

40,8856 = L^3

L = 3,4450 m

H = 3,4450 m
P = 5,1675 m

Check volume

Volume bak = 5,1675 x 3,4450 x 3,4450
= 61,3284 m^3 **(memenuhi)**

Volume Bak > Volume liquida **(Memenuhi)**

Spesifikasi Bak Penampung Flok

Fungsi	:	Menampung flok dari clarifier.
Kapasitas	:	61,3284 m^3
Bentuk	:	Bak berbentuk persegi panjang terbuka
Dimensi		
Panjang (P)	:	5,1675 m
Lebar (L)	:	3,4450 m
Tinggi (H)	:	3,4450 m
Bahan Konstruksi	:	Beton
Jumlah	:	1 Buah

6. Bak Penampung Air Bersih dari Clarifier

Fungsi : Menampung air bersih dari clarifier.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Asumsi air bersih 90% Q_3

Rate Volumetrik, (Q_5) = 90% x 20,443
= 18,40 m^3/jam

Ditentukan : Waktu tinggal = 1 jam

Volume air dalam bak penampung :

Volume air = Rate volumetrik x waktu tinggal
= 18,3985 m^3/jam x 1 jam
= 18,3985 m^3

Volume bak penampung direncanakan 80% terisi air

$$\text{Volume bak} = \frac{18{,}3985 \ m^3}{80\%}$$

= 22,9981 m^3

Asumsi :

Tinggi (H) = 1 L

Panjang (P) = 2 L

Volume bak penampung air = P x L x H

22,9981 = 2 L x L x L

11,4991 = L^3

L = 2,2571 m
H = 2,2571 m
P = 4,5142 m

Check volume

Volume bak = 4,5142 x 2,2571 x 2,2571
= 23,00 m^3 **(memenuhi)**

Volume Bak > Volume liquida **(Memenuhi)**

Spesifikasi Bak Penampung Air Bersih :

Fungsi	:	Menampung air bersih dari clarifier.
Kapasitas	:	22,9981 m^3
Bentuk	:	Bak berbentuk persegi panjang terbuka
Dimensi		
Panjang (P)	:	4,5142 m
Lebar (L)	:	2,2571 m
Tinggi (H)	:	2,2571 m
Bahan Konstruksi	:	Beton
Jumlah	:	1 Buah

7. Sand Filter

Fungsi : Menyaring kotoran atau padatan yang tersuspensi dalam air dengan menggunakan penyaring.

Bentuk : Silinder dengan tutup atas dan bawah dished

Waktu tinggal = 15 menit = 0,250 jam

Rate Volumetrik, (Q_6) = 18,3985 m^3/jam

Asumsi : Jumlah flok 1% dari debit yang masuk

Jumlah flok = 1% x 18,3985
= 0,1840 m^3/jam

Volume air bersih = 18,3985 m^3/jam - 0,1840 m^3/jam
= 18,2145 m^3/jam

Volume air yang ditampung = 18,2145 m^3/jam x 0,250 jam
= 4,5536 m^3
= 20,0492 gpm

Rate filtrasi = 12 gpm/ft^2 **(Perry 6^{ed}, page 19-85)**

$$\text{Luas penambang bed} = \frac{Q}{\text{Rate filtrasi}}$$

$$= \frac{20{,}0492 \text{ gpm}}{12 \text{ gpm/ft}^2}$$

= 1,671 ft^2

Diameter = 1,4589 m

Tinggi lapisan dalam kolom, ditentukan :

Lapisan Gravel	=	0,3	m
Lapisan Pasir	=	0,7	m
Lapisan Antrasit	=	0,5	m
Tinggi Air	=	2	m

Tinggi Lapisan = 3,5 m

Kenaikan akibat back wash = 25% dari tinggi pasir dan lapisan antrasit
= 0,3000 m

Tinggi bagian atas untuk pipa = tinggi bagian bawah untuk pipa = 0,3 m

Tinggi total lapisan = tinggi total lapisan dalam kolom + kenaikan akibat back wash + tinggi bagian atas untuk pipa + tinggi bagian bawah untuk pipa
= 3,5 + 0,3000 + 0,3 + 0,3
= 4,4000 m

Spesifikasi Sand Filter :

Fungsi	:	Menyaring padatan yang tersuspensi dalam air degan menggunakan penyaring
Bentuk	:	Silinder dengan tutup atas dan bawah dished
Kapasitas	:	4,554 m^3
Jumlah	:	2 Buah
Dimensi		
Luas bed	:	1,671 ft^2
Diameter	:	1,4589 m
Tinggi lapisan	:	3,500 m
Tinggi silinder	:	4,400 m
Tinggi backwash	:	0,300 m
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA - 283 grade P

8. Bak Penampung Air Bersih dari Sand Filter

Fungsi : Menampung air bersih dari sand filter.
Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Asumsi air bersih 99% Q_6
Rate Volumetrik, (Q_7) = 99% x 18,40 m^3/jam
= 18,21 m^3/jam
Ditentukan : Waktu tinggal = 1 jam

Volume air dalam bak penampung :

Volume air = Rate volumetrik x waktu tinggal
= 18,2145 x 1 jam
= 18,2145 m^3

Volume bak penampung direncanakan 80% terisi air

$$\text{Volume bak} = \frac{18{,}2145}{80\%}$$

= 22,7682 m^3

Asumsi :
Tinggi (H) = 1 L

Panjang (P) = 2 L

Volume bak penampung air = P x L x H

22,7682 = 2 L x L x L

11,3841 = L^3

L = 2,2496 m

H = 2,2496 m

P = 4,499 m

Check volume

Volume bak = 4,499 x 2,2496 x 2,2496

= 22,77 m^3 **(memenuhi)**

Volume Bak > Volume Liquida **(Memenuhi)**

Spesifikasi Bak Penampung Air Bersih :

Fungsi : Menampung air bersih dari sand filter.

Kapasitas : 22,7682 m^3

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Dimensi

Panjang (P) : 4,499 m

Lebar (L) : 2,2496 m

Tinggi (H) : 2,2496 m

Bahan Konstruksi : Beton

Jumlah : 1 Buah

9. Bak Penampung Air Bersih untuk Sanitasi

Fungsi : Menampung air bersih dari bak penampung air bersih untuk keperluan sanitasi dan tempat menambahkan desinfektan (chlorin)

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Rate Volumetrik = 40,752 m^3/hari = 40.752,00 L/hari

= 1,6980 m^3/jam

Waktu tinggal = 1 hari

= 24 jam

Volume air dalam bak penampung :

Volume air = Rate volumetrik x waktu tinggal

= 1,6980 x 24 jam

= 40,752 m^3

Volume bak penampung direncanakan 80% terisi air

Volume bak $= \dfrac{40,752}{80\%}$

= 50,940 m^3

Asumsi :

Tinggi (H) = 1 L

Panjang (P) = 2 L

Volume bak penampung air = P x L x H
50,9400 = 2 L x L x L
25,4700 = L^3
L = 2,9422 m
H = 2,9422 m
P = 5,8845 m

Check volume

Volume bak = 5,8845 x 2,9422 x 2,9422
= 50,940 m^3 **(memenuhi)**

Volume Bak > Volume Liquida **(Memenuhi)** **(Wesley : Page 96)**

Untuk membunuh kuman digunakan desinfektan jenis *chlorine* dengan kebutuhan *chlorine* sebesar = 200 mg/L

Jumlah *chlorine* yang harus ditambahkan = 200 mg/L, maka per tahun perlu ditambahkan *chlorine* sebanyak :

= 200 mg/L x 40.752 L/hari x ## hari/tahun
= 2.689.632.000 mg/tahun
= 2.690 kg/tahun

Spesifikasi Bak Penampung Air Bersih untuk Sanitasi :

Fungsi	:	Menampung air bersih dari bak penampung air bersih untuk keperluan sanitasi dan tempat menambahkan desinfektan (chlorin).
Bentuk	:	Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.
Waktu tinggal	:	1 hari = 24 jam
Kapasitas	:	50,940 m^3

Dimensi

Panjang (P)	:	5,8845	m
Lebar (L)	:	2,9422	m
Tinggi (H)	:	2,9422	m
Bahan Konstruksi	:	Beton	
Jumlah	:	1 Unit	

10. Kation Exchanger

Fungsi : Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam Ca^{2+}. Kandungan $CaCO_3$ dari pengolahan air sekitar 5 grain/gallon (Krik Othmer, Vol.11 : 887). Kandungan ini sedianya dihilangkan dengan resin dowex bentuk granular, agar sesuai sesuai dengan syarat air boiler.

Kandungan $CaCO_3$ = 5 grain/gal = 0,3240 gram/gal
= (1 grain = 0.0648 gram)

Jumlah air yang diproses = 37,7425 m3/hari
= 9.971,58 gallon/hari

Jumlah $CaCO_3$ dalam air = 0,3240 gram/gal x 9.971,58

= 3.230,792 grai ek/L resin

Dipilih bahan pelunak :

Dowex dengan *exchanger capacity* = 1,8 **[Perry 6ed ; T.16-4]**

(Dowex - Marathon C resin specification)

H-Dowex diharapkan mampu menukar semua ion Ca^{2+} .

$$\text{ek (ekuivalen)} = \frac{\text{Gram}}{\text{Berat ekuivalen}}$$ **(Underwood : 55)**

$$\text{Berat ekuivalen} = \frac{\text{BM}}{\text{jumlah elektron}}$$ **(Underwood : 51)**

Untuk $CaCO_3$, 1 mol Ca melepas 2 elektron : Ca^{2+} , sehingga elektron = 2

BM $CaCO_3$ = 100 gr/mol

$$\text{Berat ekuivalen} = \frac{\text{BM}}{\text{Elektron}} = \frac{100}{2} = 50$$

$$\text{ek (ekuivalen)} = \frac{3.230,7916}{50} = 64,6158 \text{ ek}$$

$$\text{Resin yang diperlukan} = \frac{64,6158 \text{ ek}}{1,8 \text{ ek/L resin}}$$

= 35,8977 L resin/hari

Karena regenerasi dilakukan setiap 3 bulan sekali, maka :

3 bulan = 90 hari

Kebutuhan resin setiap 3 bulan = 35,898 resin/ha x 90 hari

= 3.230,7916 L resin

= 3,2308 m^3

Cara Kerja

Air dilewatkan pada kation exchanger yang berisi resin positif sehingga ion positif tertukar dengan resin positif.

Asumsi :

H = 2 D

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

3,2308 = 0,785 x D^2 x 2D

3,2308 = 1,57 D^3

D = 1,2719 m

H = 2,5439 m

Regenerasi Dowex

Regenerasi Dowex dilakukan dengan larutan HCl 33% (*Condensate Polishing* Plant PJB II - Paiton, *Standart Procedure Operation*)

R - H + MX → R - M + HX

Dimana :

R = Resin Dowex

R - H = Resin Dowex mengikat kation.

MX = Mineral yang terkandung dalam air.

Contoh mineral (MX) : $CaSO_4$, $CaCO_3$, $MgCO_3$, dll.

R - M = Resin dalam kondisi mengikat kation.

HX = Asam mineral yang terbentuk setelah air melewati resin kation.
Contoh asam mineral (HX) : HCl, H_2SO_4, H_2CO_3, dll.

Reaksi kation exchange : $R - H^+ + CaCO_3 \rightarrow R - Ca^{++} + H_2CO_3$

Reaksi regenerasi kation : $R - Ca^{++} + 2HCl \rightarrow R - H^+ + CaCl_2$

Regenerasi dilakukan 4 kali dalam setahun

Volume resin yang diregenerasi = 3.230,7916 L Resin (3 bulan)

Densitas Resin = 1,2 kg/L

Massa Resin = Volume x Densitas
= 3.230,7916 x 1,2
= 3876,9499 kg

Volume resin yang di regenerasi = 3.231 L Resin

Ekivalen Total Ca^{2+} = Volume Resin x Kapasitas Resin
= 3.230,7916 x 1,8
= 5815,4248 ek

Mol Total Ca^{2+} $= \dfrac{\text{Ekivalen Total } Ca^{2+}}{\text{Ekivalen } Ca^{2+}}$

$= \dfrac{5815,4248 \text{ ek}}{2 \text{ ek/mol}}$

= 2907,7124 mol (Dalam mol)

1 mol Ca^{2+} ditukar atau exchange dengan 2 mol HCl

Maka kebutuhan HCl = 2 x 2907,7124
= 5815,4248 mol

Kebutuhan HCl = Mol HCl x BM HCl
= 5815,4248 x 37
= 212263,0062 gram
= 212,2630 kg

Maka kebutuhan HCl 33% $= \dfrac{\text{Massa HCl}}{\text{Massa HCl} + \text{Massa } H_2O}$

33% $= \dfrac{212,2630 \text{ kg}}{\text{Massa Total}}$

Massa Total = 643,2212

dengan ρ HCl = 1,268 kg/L **(Perry 7ed ; T.2-57)**

Jadi ρ campuran = % HCl x ρ HCl + Ɔ x ρ H_2O
= 33% x 1,268 + 67% x 1
= 1,0884 gr/ml
= 1,0884 kg/L

Volume Larutan = $\frac{\text{Massa Total}}{\text{Densitas Campuran}}$

= $\frac{643{,}2212}{1{,}0884}$ L

= 590,9570

Volume tangki HCl = 1,2 x 590,9570

= 709,1484 L

= 0,7091 m^3

Asumsi :

H = 2 D

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

0,7091 = 0,785 x D^2 x 2D

0,7091 = 1,57 D^3

D = 0,7673 m

H = 1,5345 m

Spesifikasi Kation Exchanger :

Fungsi	:	Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam-garam Ca^{2+} Kandungan $CaCO_3$ dari pengolahan air sekitar 5 grain/gallon (Kirk Othmer,Vol.11:887). Kandungan ini sedianya dihilangkan dengan resin dowex bentuk granular, agar sesuai dengan syarat air boiler.
Bentuk	:	Silinder tegak
Kapasitas resin	:	3,2308 m^3/3bulan
Jumlah	:	1 Buah
Waktu regenerasi resin	:	3 Bulan
Dimensi resin		
Tinggi	:	2,5439 m
Diameter	:	1,2719 m
Dimensi tangki HCl		
Tinggi	:	1,5345 m
Diameter	:	0,7673 m
Bahan konstruksi	:	Stainless Steel type 316

11. Anion Exchanger

Fungsi : Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam-garam CO_3^{2-}. Kandungan $CaCO_3$ dari pengolahan air sekitar 5 grain/gallon (Kirk Othmer,Vol.11:887). Kandungan ini sedianya dihilangkan dengan resin dowex bentuk butiran,agar sesuai dengan syarat air boiler.

Kandungan $CaCO_3$ = 5 grain/gal = 0,3240 gram/gal

= (1 grain = 0.0648 gram)

Jumlah air yang diproses = 37,7425 m^3/hari

= 9.971,579 gallon/hari

Jumlah $CaCO_3$ dalam air = 0,3240 gram/gal x 9.972 gallon/hari
= 3.230,7916 gram/hari **[Perry 6^ed ; T.16-4]**

Dipilih bahan pelunak :
Dowex dengan *exchanger capacity* = 2 ek/L resin

(Dowex - Marathon C resin specification)
OH - Dowex diharapkan mampu menukar semua ion CO_3^{2-} .

$$\text{ek (ekuivalen)} = \frac{\text{Gram}}{\text{Berat ekuivalen}}$$ **(Underwood : 55)**

$$\text{Berat ekuivalen} = \frac{\text{BM}}{\text{jumlah elektron}}$$ **(Underwood : 51)**

Untuk $CaCO_3$, 1 mol CO_3 melepas 2 elektron : CO_3^{2-} , sehingga elektron 2
BM $CaCO_3$ = 100 gr/mol

$$\text{Berat ekuivalen} = \frac{\text{BM}}{\text{Elektron}} = \frac{100}{2} = 50 \text{ ek}$$

$$\text{ek (ekuivalen)} = \frac{3.230,7916}{50} = 64,6158 \text{ ek}$$

$$\text{Resin yang diperlukan} = \frac{64,6158 \text{ ek}}{2 \text{ ek/L resin}}$$

= 32,3079 L resin/hari

Karena regenerasi dilakukan setiap 3 bulan sekali, maka :
3 bulan = 90 hari

Kebutuhan resin setiap 3 bulan = 32,308 L resin/hari x 90 hari
= 2.907,7124 L resin
= 2,9077 m^3

Cara Kerja

Air dilewatkan pada anion exchanger yang berisi resin negatif sehingga ion nega
tif tertukar dengan resin negatif.

Asumsi :
H = 2 D

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

$$2,9077 = 0,785 \times D^2 \times 2D$$
$$2,9077 = 1,57 \; D^3$$
$$D = 1,2281 \text{ m}$$
$$H = 2,4561 \text{ m}$$ **(SPO Paiton)**

Regenerasi Dowex

Regenerasi Dowex dilakukan dengan larutan NaOH 40%

R - OH + HX → R - X + H_2O

Dimana :
R = Resin Dowex

R - OH = Resin Dowex mengikat anion.
R - X = Resin dalam kondisi mengikat anion.

Reaksi anion exchange : $R\text{-}OH^{-} + H_2CO_3 \rightarrow R\text{-}CO_3^{2-} + H_2O$

Reaksi regenerasi anion : $R\text{-}CO_3^{2-} + 2NaOH \rightarrow$ L Resin (3 bulan)

Regenerasi dilakukan 4 kali dalam setahun

Volume resin yang diregenerasi = 2.907,7124
Densitas Resin = 1,06 kg/l x 1,06
Massa Resin = Volume x Densitas
= 2.907,7124 L Resin
= 3082,1752 x Kapasitas Resin
Volume resin yang di regenerasi = 2.907,7124 kg
Ekivalen Total CO3 $^{2-}$ = Volume Resin ek
= 2.907,7124 x 2
= 5815,4248

Mol Total CO3 $^{2-}$ = $\dfrac{\text{Ekivalen Total } Ca^{2+}}{\text{Ekivalen } Ca^{2+}}$ ek / ek/mol
= $\dfrac{5815{,}4248}{2}$ mol
= 2907,7124

1 mol Ca^{2+} ditukar atau exchange dengan 2 mol NaOH
Maka kebutuhan NaOH = 2 x 2907,7124
(Dalam mol) = 5815,4248 mol
Kebutuhan NaOH = Mol NaOH x BM NaOH
(Dalam kg) = 5815,4248 x 40
= 232616,9931 gram
= 232,6170 kg

Maka kebutuhan NaOH 40% = $\dfrac{\text{Massa HCl}}{\text{Massa HCl} + \text{Massa } H_2O}$

40% = $\dfrac{232{,}6170}{\text{Massa Total}}$

Massa Total = 581,5425 kg

dengan ρ NaOH = 1,327 gr/ml

Jadi ρ campuran = % NaOH x ρ NaOH + % H_2O x ρ H_2O
= 40% x 1,327 + 60% x 1
= 1,1308 gr/ml
= 1,1308 kg/L

Volume Larutan = $\dfrac{\text{Massa Total}}{\text{Densitas Campuran}}$
= $\dfrac{581{,}5425}{1{,}1308}$
= 514,2753 L

Volume tangki NaOH = 1,2 x 514,2753
= 617,1303 L
= 0,6171 m^3

Asumsi :
H = 2 D

Volume Tangki = $\frac{\pi}{4}$ x D^2 x H

0,6171 = 0,785 x D^2 x 2D
0,6171 = 1,57 D^3
D = 0,7325 m
H = 1,4651 m

Spesifikasi Anion Exchanger :

Fungsi	:	Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam-garam CO_3 Kandungan $CaCO_3$ dari pengolahan air sekitar 5 grain/gallon (Kirk Othmer,Vol.11:887). Kandungan ini sedianya dihilangkan dengan resin dowex bentuk butiran,agar sesuai dengan syarat air boiler.
Bentuk	:	Silinder tegak
Kapasitas resin	:	2,9077 m^3/3bulan
Jumlah	:	1 Buah
Waktu regenerasi resin	:	3 Bulan
Dimensi resin		
Tinggi	:	2,4561 m
Diameter	:	1,2281 m
Dimensi tangki NaOH		
Tinggi	:	1,4651 m
Diameter	:	0,7325 m
Bahan konstruksi	:	Stainless Steel type 316

12. Fungsi : Menampung air lunak dari kation-anion exchanger yang akan digunakan dijadikan sebagai air umpan boiler.
Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Rate Volumetrik = 37,743 m^3/hari = 37.742,539 L/hari
= 1,5726 m^3/jam
Waktu tinggal = 12 jam

<u>Volume air dalam bak penampung :</u>

Volume air = Rate volumetrik x waktu tinggal
= 1,5726 x 12
= 18,8713 m^3

Volume bak penampung direncanakan 80% terisi air

$$\text{Volume bak} = \frac{18{,}8713}{80\%}$$

= 23,5891 m^3

Asumsi :

Tinggi (H) = 1 L

Panjang (P) = 2 L

Volume bak penampung air = P x L x H

23,5891 = 2 L x L x L

11,7945 = L^3

L = 2,2763 m

H = 2,2763 m

P = 4,5526 m

Check volume

Volume bak = 4,5526 x 2,2763 x 2,2763

= 23,5891 m^3 **(memenuhi)**

Volume Bak > Volume Liquida **(Memenuhi)**

Spesifikasi Bak Penampung Air Demineralisasi :

Fungsi	:	Menampung air lunak dari kation-anion exchanger yang akan digunakan dijadikan sebagai air umpan boiler.
Bentuk	:	Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.
Waktu tinggal	:	12 jam
Kapasitas	:	23,589 m^3
Dimensi		
Panjang (P)	:	4,5526 m
Lebar (L)	:	2,2763 m
Tinggi (H)	:	2,2763 m
Bahan Konstruksi	:	Beton
Jumlah	:	1 Buah

13. Bak Penampung Air Proses

Fungsi : Menampung air bersih dari sand filter untuk digunakan sebagai air proses.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari Beton.

Rate Volumetrik = 7,8 m^3/hari = 7.753 L/hari

= 0,3 m^3/jam

Waktu tinggal = 12 jam

<u>Volume air dalam bak penampung :</u>

Volume air = Rate volumetrik x waktu tinggal

= 7,7528 x 12

= 93,0335 m^3

Volume bak penampung direncanakan 85% terisi air

$$\text{Volume bak} = \frac{93{,}0335}{85\%}$$

$$= 109{,}4512 \quad m^3$$

Asumsi :

Tinggi (H) = 1 L

Panjang (P) = 2 L

Volume bak penampung air = P x L x H

109,4512 = 2 L x L x L

54,7256 = L^3

L = 3,7966 m

H = 3,7966 m

P = 7,5932 m

Check volume

Volume bak = 7,5932 x 3,7966 x 3,7966

= 109,5 m^3 **(memenuhi)**

Volume Bak > Volume Liquida **(Memenuhi)**

Spesifikasi Bak Penampung Air Proses :

Fungsi	:	Menampung air lunak dari kation-anion exchanger yang akan digunakan sebagai air proses.
Bentuk	:	Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari Beton.
Waktu tinggal	:	12 jam
Kapasitas	:	109,5 m^3
Dimensi		
Panjang (P)	:	7,5932 m
Lebar (L)	:	3,7966 m
Tinggi (H)	:	3,7966 m
Bahan Konstruksi	:	Beton
Jumlah	:	1 Buah

14. Bak Penampung Air Pendingin

Fungsi : Menampung air pendingin dari cooling tower untuk pendingin.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari Beton.

Rate Volumetrik = 399,4733 m^3/hari

= 16,6447 m^3/jam

Waktu tinggal = 12 jam

<u>Volume air dalam bak penampung :</u>

Volume air = Rate volumetrik x waktu tinggal

= 399,4733 x 12

= 4.793,6802 m^3

Volume bak penampung direncanakan 80% terisi air

$$\text{Volume bak} = \frac{4.793{,}6802}{80\%}$$

= 5.992,100 m^3

Asumsi :

Tinggi (H) = 1 L

Panjang (P) = 2 L

Volume bak penampung air = P x L x H

5.992,1002 = 2 L x L x L

2.996,0501 = L^3

L = 14,4162 m

H = 14,4162 m

P = 28,8323 m

Check volume

Volume bak = 28,8323 x 14,4162 x 14,4162

= 5.992,100 m^3 **(memenuhi)**

Volume Bak > Volume Liquida **(Memenuhi)**

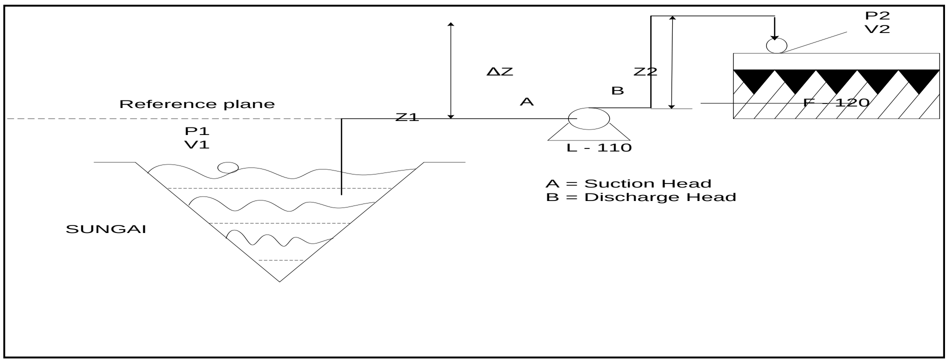
Spesifikasi Bak Penampung Air Pendingin :

Fungsi	:	Menampung air pendingin dari cooling tower untuk pendingin.
Bentuk		Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari Beton.
Waktu tinggal	:	1 jam
Kapasitas	:	5.992,100 m^3
Dimensi		
Panjang (P)	:	28,8323 m
Lebar (L)	:	14,4162 m
Tinggi (H)	:	14,4162 m
Bahan Konstruksi	:	Beton
Jumlah	:	1 Buah

VII.3.2 Perhitungan Pompa

1. Pompa Air Sungai (L-111)

Fungsi	:	Mangalirkan air dari sungai ke bak penampung air sungai.
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar Pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Perhitungan

Kondisi operasi : *(Perry 7 ed ; T.2-28)*

Temperatur	=	30	^oC			
Densitas Air	=	995,647	Kg/m^3	=	22,7122	m^3/jam
	=	62,1582	lb/cuft	=	802,0763	Cuft/jam
Rate Volumetrik, Q	=	545,0940	$m^3/hari$	=	0,2228	Cuft/sec

$$\text{Sg Bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} = \frac{62,1582}{62,43} = 0,9956$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

$$\mu \text{ bahan} = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} = \frac{0,9956}{1} \times 0,95$$

$= 0,9459$ Cp

$= 0,000636$ lb/ft.detik

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, Nre > 2100 digunakan persamaan (15)

Peters:

Diameter optimum $= 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13}$ ***[Peters, 4 ed , pers.15 : 496]***

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft) in

Diameter pipa optimum, Di $= 3,9 \times 0,2228^{0,45} \times 62,1582^{0,13}$

$= 3,3945$

Dipilih pipa 12 in, sch 30 ***(Kern, Table 11)***

OD = 12,750 in

ID = 12,0900 in = 1,0075 ft = 0,307086 m

A $= (\frac{1}{4} \times \pi \times ID^2)$

$= 0,25 \times 3,14 \times 1,0075^2$

$= 0,7968\ ft^2$

$$\text{Kecepatan Aliran, v} = \frac{q_f}{A} = \frac{0,2228 \text{ Cuft/detik}}{0,7968\ ft^2}$$

$= 0,2796$ ft/detik

$$NRe = \frac{D\,v\,\rho}{\mu} = \frac{1,0075 \times 0,2796 \times 62,1582}{0,000636}$$

= 27549,7899 > 2100 **(Asumsi turbulen benar)**

(Geankoplis 3 ed ; Page 88)

Dipilih pipa commercial steel, ε = 0,000046 m

ε/D = 0,000149795

f = 0,0035 ***(Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3)***

gc = 32,1740 ft.lbm/detik^2.lbf

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan ***Peters & Timmerhaus, 4 ea Tabel 1 halaman 484***

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90^o	32
Gate valve open	7

ID pipa = 1,0075 ft

Jarak sungai ke bak penampung	=	200	m	=	656,168	ft
Tinggi bak penampung air sungai	=	6,6929	m	=	21,9582	ft
Panjang pipa masuk bak	=	2	m	=	6,56168	ft
Taksiran panjang pipa lurus				=	718,9223	ft
3 Elbow 90^o	=	3 x 32 x 1,0075		=	96,7200	ft
1 Gate Valve	=	1 x 7 x 1,0075		=	7,0525	ft
Panjang Total Pipa				=	822,6948	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena pipa lurus

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D}$$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-6)*** ***[Peters 4 ed ; Page 484]***

$$= \frac{2 \times 0{,}0035 \times 0{,}2796^2 \times 822{,}6948}{32{,}1740 \times 1{,}0075}$$

$$= \frac{0{,}4502}{32{,}4153}$$

$$= 0{,}0139 \quad ft.lb_f / lb_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari sungai ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-16)***

k = 0,5 ; A tangki >>> A pipa ***[Peters 4 ed ; Page 484]***

α = 1 ; untuk aliran turbulen ***[Peters 4 ed ; Page 484]***

$$= \frac{0{,}5 \times 0{,}2796^2}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

$$= 0{,}0006 \quad ft.lb_f / lb_m$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke bak penampung

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-15)***

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc}$$; (A_1 <<< A_2, maka V_1 dianggap = 0)

$= \dfrac{0{,}2796^{2} - 0}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$

$= \dfrac{0{,}0782}{64{,}3480}$

$= 0{,}0012 \quad ft.lb_f / lb_m$

4. Friksi karena 3 elbow 90^o *(Geankoplis 3 ^{ed}, Pers. 2.10-17)*

$F_4 = \dfrac{2 \times K_f \times V2^{2}}{2} = \dfrac{2 \times 1 \times 0{,}0782}{2}$

$= 0{,}0586 \quad ft.lb_f / lb_m$

5. Friksi karena Globe Valve

$F_4 = \dfrac{K_f \times V2^{2}}{2} = \dfrac{0{,}17 \times 0{,}0782}{2}$

$= 0{,}0066 \quad ft.lb_f / lb_m$

$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6$

$= 0{,}0139 + 0{,}0006 + 0{,}0012 + 0{,}0586 + 0{,}0066$

$= 0{,}0810 \quad ft.lb_f / lb_m$

P_1 = P hidrostatis + 1 atm

Tinggi bahan = 0,0000 ft

ρ bahan = 62,1582 lb/cuft

P Hidrostatis = ρ . (g/gc) . H + 1 atm

= 62,158 x 1 x 0 + 14,7 x 144

= 2116,800 lb/ft^2

P_2 = 1 atm = 14,7 psi = 14,7 x 144

= 2116,800 lbf / ft^2

$\Delta P = P_2 - P_1$

= 0,0000 lbf / ft^2

$\dfrac{\Delta P}{\rho} = \dfrac{0{,}000 \text{ lbf / ft}^2}{62{,}158 \text{ lbm /cuft}} = 0{,}00000 \dfrac{\text{ft . lbf}}{\text{lbm}}$

Asumsi : Z_1 = 0 ft

Z_2 = 21,9582 ft

g/gc = 1 lbf/lbm

g, percepatan gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2

gc, konstanta gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2 x lbm/lbf

$\Delta Z \dfrac{g}{gc} = (Z_2 - Z_1) \times \dfrac{g}{gc}$

$= (21{,}9582 - 0) \times 1 \dfrac{ft/dt^2}{ft.lbm/dt^2.lbf}$

$= 21{,}9582 \dfrac{ft.lbf}{lbm}$

$\dfrac{v_2^{2} - v_1^{2}}{2 \times \alpha \times gc} = \dfrac{0{,}2796^{2}}{2 \times 1 \times 32{,}174}$

$= 0{,}0012 \quad ft.lb_f / lb_m$

Persamaan Bernoulli

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

$$= 0{,}0000 + 21{,}9582 + 0{,}0012 + 0{,}0810$$

$$= 22{,}0404 \ \frac{ft.lbf}{lbm}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 0,9956

Rate volumetrik = 99,9989 gpm

$$Hp = \frac{-\ Wf \times flowrate(gpm) \times sg}{3960}$$ ***(Perry 6*** [ea] ***; Pers 6-11, Page 6-5)***

$$= \frac{22{,}0404 \times 99{,}9989 \times 0{,}9956}{3960}$$

$$= 0{,}5541 \ Hp$$

Rate volumetrik = 99,9989 gpm

Effisiensi Pompa = 90% ***(Peters 4*** [ed] ***; Figure 14 - 37 Page 520)***

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

$$= \frac{0{,}5541}{90\%}$$

$$= 0{,}6157 \ Hp$$

Effisiensi motor = 89% ***(Peters 4*** [ed] ***; Figure 14 - 38 Page 521)***

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

$$= \frac{0{,}6157}{89\%}$$

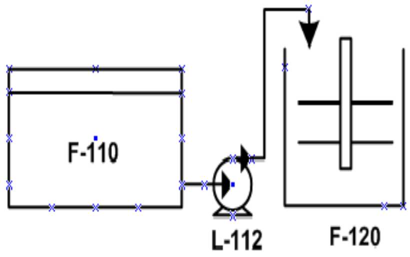
$$= 0{,}6918 \ Hp$$

Spesifikasi Pompa Air Sungai :

Fungsi	:	Mengalirkan air dari sungai ke bak penampung air sungai.
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	802,0763 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	0,2796 ft/detik
Total Dynamic Head	:	22,0404 ft.lbf/lbm
Power Motor	:	0,6918 Hp
BHp	:	0,6157 Hp
Effisiensi Motor	:	89%
Effisiensi Pompa	:	90%
Jumlah	:	1 Buah

2. Pompa Tangki Koagulasi (L-112)

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak penampung air sungai ke tangki koagul
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar Pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Perhitungan

Kondisi operasi : ***(Perry 7^ed ; T.2-28)***

Temperatur	=	30	^oC			
Densitas Air	=	995,647	Kg/m^3	=	22,7122	m^3/jam
	=	62,1582	lb/cuft	=	802,0763	Cuft/jam
Rate Volumetrik, Q	=	545,0940	m^3/hari	=	0,2228	Cuft/sec

$$\text{Sg Bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} = \frac{62{,}1582}{62{,}43} = 0{,}9956$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

$$\mu \text{ bahan} = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} = \frac{0{,}9956}{1} \times 0{,}95$$

$$= 0{,}9459 \text{ Cp}$$

$$= 0{,}00064 \text{ lb/ft.detik}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, Nre > 2100 digunakan persamaan (15)

Peters:

Diameter optimum = $3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13}$ ***[Peters, 4^th , pers.15 : 496]***

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

Diameter pipa optimum, Di = $3{,}9 \times 0{,}2228^{0,45} \times 62{,}1582^{0,13}$

= 3,3945 in

Dipilih pipa 12 in, sch 30 ***(Kern, Table 11)***

OD = 12,750 in

ID = 12,0900 in = 1,0075 ft = 0,307086 m

$A = (\frac{1}{4} \times \pi \times ID^2)$

$= 0{,}25 \times 3{,}14 \times 1{,}0075^2$

$= 0{,}7968 \text{ ft}^2$

$$\text{Kecepatan Aliran, v} = \frac{q_f}{A}$$

$$= \frac{0{,}2228 \text{ Cuft/detik}}{0{,}7968 \text{ ft}^2}$$

= 0,2796 ft/detik

$$NRe = \frac{D\, v\, \rho}{\mu}$$

$$= \frac{1{,}0075 \times 0{,}2796 \times 62{,}1582}{0{,}000636}$$

= 27549,7899 > 2100 **(Asumsi turbulen** m

(Geankoplis 3 [ed] ***; Page 88)***

Dipilih pipa commercial steel, ε = 0

ε/D = 0,000149795

f = 0,0035 ***(Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3)***

gc = 32,1740 ft.lbm/detik^2.lbf

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan ***Peters & Timmerhaus, 4*** [ed] ***Tabel 1 halaman 484***

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90^o	32
Gate valve open	7

ID pipa = 1,0075 ft

Jarak bak ke tangki koagulasi	=	5	m	=	16,4042	ft
Tinggi tangki koagulasi	=	2,8793	m	=	9,4467	ft
Panjang pipa masuk tangki	=	2	m	=	6,56168	ft
Taksiran panjang pipa lurus				=	34,0332	ft
3 Elbow 90^o	=	3 x 32 x 1,0075		=	96,7200	ft
1 Gate Valve	=	1 x 7 x 1,0075		=	7,0525	ft
Panjang Total Pipa				=	171,8388	ft

1. Friksi karena pipa lurus

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D}$$ ***(Geankoplis 3*** [ed] ***, Pers. 2.10-6)*** ***[Peters 4*** [ed] ***; Page 484]***

$$= \frac{2 \times 0{,}0035 \times 0{,}2796^2 \times 171{,}8388}{32{,}1740 \times 1{,}0075}$$

$$= \frac{0{,}0940}{32{,}4153}$$

= 0,0029 ft.lb$_f$ / lb$_m$

2. Friksi karena kontraksi dari bak penampung air sungai ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$ ***(Geankoplis 3*** [ed] ***, Pers. 2.10-16)***

$$\frac{A2}{A1} = \frac{0{,}7968}{2{,}798441} = 0{,}284737 < 0{,}715$$ ***[Peters 4*** [ed] ***; Page 484]***

maka, k = 0,4 (1,25 - 0,284737)

= 0,3861

α = 1 ; untuk aliran turbulen ***[Peters 4*** [ed] ***; Page 484]***

$$= \frac{0{,}3861 \times 0{,}2796^2}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

$= 0{,}0005 \quad ft.lb_f / lb_m$

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

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-15)***

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc}$$; (A_1 <<< A_2, maka V_1 dianggap = 0)

$$= \frac{0{,}2796^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

$$= \frac{0{,}0782}{64{,}3480}$$

$= 0{,}0012 \quad ft.lb_f / lb_m$

4. Friksi karena 3 elbow 90° ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-17)***

$$F_4 = \frac{3 \times K_f \times V2^2}{2 \times gc} = \frac{3 \times 1 \times 0{,}0782}{64{,}348}$$

$= 0{,}0027 \quad ft.lb_f / lb_m$

5. Friksi karena Gate Valve

$$F5 = \frac{K_f \times V2^2}{2} = \frac{0{,}17 \times 0{,}0782}{2}$$

$= 0{,}0066 \quad ft.lb_f / lb_m$

$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$

$= 0{,}0029 + 0{,}0005 + 0{,}0012 + 0{,}0027 + 0{,}0066$

$= 0{,}0140 \quad ft.lb_f / lb_m$

P_1 = P hidrostatis + 1 atm

Tinggi bahan = 17,5665 ft

ρ bahan = 62,1582 lb/cuft

P Hidrostatis = ρ . (g/gc) . H + 1 atm

= 62,158 x 1 x 17,567 + 14,7 x 144

= 3208,706 lb/ft^2

P_2 = 1 atm = 14,7 psi = 14,7 x 144

= 2116,800 lbf / ft^2

$\Delta P = P_2 - P_1$

= 1091,9056 lbf / ft^2

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{1091{,}906 \ lbf / ft^2}{62{,}158 \ lbm /cuft} = 17{,}56655 \ \frac{ft . lbf}{lbm}$$

Asumsi : Z_1 = 0 ft

Z_2 = 16,0083 ft

g/gc = 1 lbf/lbm

g, percepatan gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2
gc, konstanta gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2 x lbm/lbf

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc}$$

$$= (16,0083 - 0) \times 1 \frac{ft/dt^2}{ft.lbm/dt^2.lbf}$$

$$= 16,0083 \frac{ft.lbf}{lbm}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{0,2796^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= 0,0012 \quad ft.lb_f / lb_m$$

Persamaan Bernoulli

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

$$= 17,5665 + 16,0083 + 0,0012 + 0,0140$$

$$= 33,5901 \frac{ft.lbf}{lbm}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 0,9956
Rate volumetrik = 99,9989 gpm

$$Hp = \frac{- Wf \times flowrate(gpm) \times sg}{3960}$$ ***(Perry 6 ed ; Pers 6-11, Page 6-5)***

$$= \frac{33,5901 \times 99,9989 \times 0,9956}{3960}$$

$$= 0,8445 \quad Hp$$

Rate volumetrik = 99,9989 gpm
Effisiensi Pompa = 86% ***(Peters 4 ed ; Figure 14 - 37 Page 520)***

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

$$= \frac{0,8445}{86\%}$$

$$= 0,9820 \quad Hp$$

Effisiensi motor = 89% ***(Peters 4 ed ; Figure 14 - 38 Page 521)***

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

$$= \frac{0,9820}{89\%}$$

$$= 1,1034 \quad Hp$$

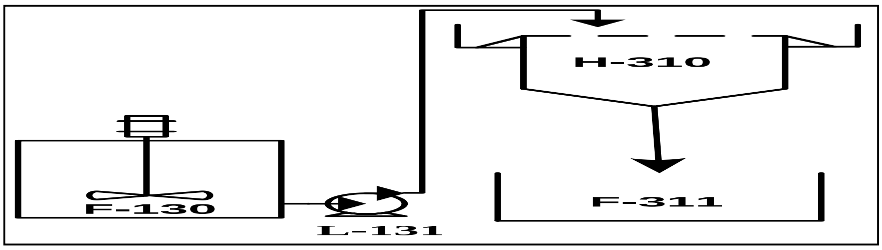
Spesifikasi Pompa Koagulasi :

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak penampung air sungai ke tangki koagulasi.
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	802,0763 cuft/jam

Kecepatan Aliran	:	0,2796	ft/detik
Total Dynamic Head	:	33,5901	ft.lbf/lbm
Power Motor	:	1,1034	Hp
BHp	:	0,9820	Hp
Effisiensi Motor	:	89%	
Effisiensi Pompa	:	86%	
Jumlah	:	1	Buah

3. Pompa ke Clarifier (L-131)

Fungsi	:	Mengalirkan air dari tangki flokulasi ke clarifier
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar Pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Perhitungan

Kondisi operasi :

Temperatur = 30 ^oC

Densitas Air = 995,647 Kg/m^3 ***(Perry 7^{ed} ; T.2-28*** = 20,4428 m^3/jam

= 62,1582 lb/cuft = 721,9310 Cuft/jam

Rate Volumetrik, Q = 490,6270 m^3/hari = 0,2005 Cuft/sec

$$\text{Sg Bahan} = \frac{\rho\ \text{bahan}}{\rho\ \text{reference}} = \frac{62,1582}{62,43} = 0,9956$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg : 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

$$\mu\ \text{bahan} = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu\ \text{reference} = \frac{0,9956}{1} \times 0,95$$

= 0,9459 Cp

= 0,00064 lb/ft.detik

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, Nre > 2100 digunakan persamaan (15) Peters:

Diameter optimum = $3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13}$ ***[Peters, 4^{ed} , pers.15 : 496]***

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)
ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

Diameter pipa optimum, Di = 3,9 x $0{,}2005^{0,45}$ x $62{,}1582^{0,13}$
= 3,2375 in

Dipilih pipa 14 in, sch 30 ***(Kern, Table 11)***

OD = 14,00 in
ID = 13,2500 in = 1,1042 ft = 0,33655 m

A = $(^1/_4 \times \pi \times ID^2)$
= 0,25 x 3,14 x $1{,}1042^2$
= 0,9571 ft^2

Kecepatan Aliran, v $= \dfrac{q_f}{A}$

$= \dfrac{0{,}2005 \text{ Cuft/detik}}{0{,}9571 \text{ ft}^2}$

= 0,2095 ft/detik

NRe $= \dfrac{D\, v\, \rho}{\mu}$

$= \dfrac{1{,}1042 \times 0{,}2095 \times 62{,}1582}{0{,}000636}$

= 22626,05097 > 2100 **(Asumsi turbulen benar)**

(Geankoplis 3 ed ; Page 88)

Dipilih pipa commercial steel, ε = 0,000046 m

ε/D = 0,000136681
f = 0,0035 ***(Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3)***
gc = 32,1740 ft.lbm/detik^2.lbf

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan ***Peters & Timmerhaus, 4 ed Tabel 1 halaman 484***

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90^o	32
Gate valve open	7

ID pipa = 1,1042 ft

Jarak tangki flokulasi ke clarifier	= 5	m	=	16,4042	ft
Tinggi clarifier	= 1,1684	m	=	3,8335	ft
Panjang pipa masuk clarifier	= 2	m	=	6,56168	ft
Taksiran panjang pipa lurus			=	28,1393	ft
2 Elbow 90^o	= 2 x 32 x 1,1042		=	70,6667	ft
1 Gate Valve	= 1 x 7 x 1,1042		=	7,7292	ft
Panjang Total Pipa			=	134,6745	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena pipa lurus

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D}$$ *(Geankoplis 3 ed, Pers. 2.10-6)* *[Peters 4 ed ; Page 484]*

$$= \frac{2 \times 0,0035 \times 0,2095^2 \times 134,6745}{32,1740 \times 1,1042}$$

$$= \frac{0,0414}{35,5255}$$

$$= 0,0012 \quad ft.lb_f / lb_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki flokulasi ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$ *(Geankoplis 3 ed, Pers. 2.10-16)*

$$\frac{A2}{A1} = \frac{0,9571}{6,132837} = 0,156055 < 0,715$$ *[Peters 4 ed ; Page 484]*

maka, $k = 0,4 \ (1,25 - 0,156055)$

$= 0,4376$

$\alpha = 1$; untuk aliran turbulen *[Peters 4 ed ; Page 484]*

$$= \frac{0,4376 \times 0,2095^2}{2 \times 1 \times 32,1740}$$

$$= 0,0003 \quad ft.lb_f / lb_m$$

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

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$ *(Geankoplis 3 ed, Pers. 2.10-15)*

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc}$$; (A_1 <<< A_2, maka V_1 dianggap = 0)

$$= \frac{0,2095^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,1740}$$

$$= \frac{0,0439}{64,3480}$$

$$= 0,0007 \quad ft.lb_f / lb_m$$

4. Friksi karena 3 elbow 90°

(Geankoplis 3 ed, Pers. 2.10-17)

$$F_4 = \frac{3 \times K_f \times V2^2}{2 \times gc} = \frac{3 \times 1 \times 0,0439}{64,348}$$

$$= 0,0015 \quad ft.lb_f / lb_m$$

5. Friksi karena Gate Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V2^2}{2} = \frac{0,17 \times 0,0439}{2}$$

$$= 0,0037 \quad ft.lb_f / lb_m$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$$

$$= 0,0012 + 0,0003 + 0,0007 + 0,0015 + 0,0037$$

$$= 0,0074 \quad ft.lb_f / lb_m$$

P_1 = P hidrostatis + 1 atm
Tinggi bahan = 8,3524 ft
ρ bahan = 62,1582 lb/cuft
P Hidrostatis = ρ . (g/gc) . H + 1 atm
= 62,158 x 1 x 8,352 + 14,7 x 144
= 2635,973 lb/ft^2

P_2 = 1 atm = 14,7 psi = 14,7 x 144
= 2116,800 lbf / ft^2

$\Delta P = P_2 - P_1$

= 519,1733 lbf / ft^2

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{519{,}173 \text{ lbf / ft}^2}{62{,}158 \text{ lbm /cuft}} = 8{,}35244 \ \frac{\text{ft . lbf}}{\text{lbm}}$$

Asumsi : Z_1 = 0 ft
Z_2 = 10,3951 ft
g/gc = 1 lbf/lbm
g, percepatan gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2
gc, konstanta gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2 x lbm/lbf

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc}$$

$$= (10{,}3951 - 0) \times 1 \ \frac{ft/dt^2}{ft.lbm/dt^2.lbf}$$

$$= 10{,}3951 \ \frac{ft.lbf}{lbm}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{0{,}2095^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}174}$$

= 0,0007 $ft.lb_f / lb_m$

Persamaan Bernoulli

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

= 8,3524 + 10,395 + 0,0007 + 0,0074

$$= 18{,}7557 \ \frac{ft.lbf}{lbm}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 0,9956
Rate volumetrik = 90,0068 gpm

$$Hp = \frac{- Wf \times flowrate(gpm) \times sg}{3960}$$ *(Perry 6 ea ; Pers 6-11, Page 6-5)*

$$= \frac{18{,}7557 \times 90{,}0068 \times 0{,}9956}{3960}$$

= 0,4244 Hp
Rate volumetrik = 90,0068 gpm
Effisiensi Pompa = 86% *(Peters 4 ed ; Figure 14 - 37 Page 520)*

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

$$= \frac{0,4244}{86\%}$$

$$= 0,4935 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 88% ***(Peters 4 ed ; Figure 14 - 38 Page 521)***

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

$$= \frac{0,4935}{88\%}$$

$$= 0,5608 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Pompa ke Clarifier :

Fungsi	:	Mengalirkan air dari tangki flokulasi ke clarifier	
Type	:	Centrifugal Pump	
Bahan	:	Commercial Steel	
Rate Volumetrik	:	721,9310	cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	0,2095	ft/detik
Total Dynamic Head	:	18,7557	ft.lbf/lbm
Power Motor	:	0,5608	Hp
BHp	:	0,4935	Hp
Effisiensi Motor	:	88%	
Effisiensi Pompa	:	86%	
Jumlah	:	1	Buah

4. Pompa ke Sand Filter (L-231)

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak penampung air bersih ke sand filter
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan

Kondisi operasi :

Temperatur = 30 ^oC

Densitas Air = 995,647 Kg/m^3 ***(Perry 7 ed ; T.2-28)***

= 62,1582 lb/cuft

Rate Volumetrik, Q = 441,5643 m^3/hari = 0,1805 Cuft/sec

= 18,3985 m^3/jam

= 649,7379 Cuft/jam

$$\text{Sg Bahan} = \frac{\rho\ bahan}{\rho\ reference}$$

$$= \frac{62,1582}{62,430}$$

$$= 0,9956$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

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

$$= \frac{0{,}9956}{1} \times 0{,}95$$

$= 0{,}9459$ Cp

$= 0{,}00064$ lb/ft.detik

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, Nre > 2100 digunakan persamaan (15)

Peters:

Diameter optimum = $3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13}$ ***[Peters, 4ed, pers.15 : 496]***

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

Diameter pipa optimum, Di = $3{,}9 \times 0{,}1805^{0{,}45} \times 62{,}1582^{0{,}13}$

= 3,0876 in

Dipilih pipa 12 in, sch 30 ***(Kern,Table 11)***

OD = 12,75 in

ID = 12,0900 in = 1,0075 ft = 0,307086 m

A = $(^1/_4 \times \pi \times ID^2)$

$= 0{,}25 \times 3{,}14 \times 1{,}0075^2$

$= 0{,}7968$ ft^2

$$\text{Kecepatan Aliran, } v = \frac{q_f}{A}$$

$$= \frac{0{,}1805 \text{ Cuft/detik}}{0{,}7968 \text{ ft}^2}$$

= 0,2265 ft/detik

$$NRe = \frac{D\, v\, \rho}{\mu}$$

$$= \frac{1{,}0075 \times 0{,}2265 \times 62{,}1582}{0{,}000636}$$ ***(Geankoplis 3 ed ; Page 88)***

= 22317,25871 > 2100 **(Asumsi turbulen benar)**

Dipilih pipa commercial steel, ε = 0,000046 m

ε/D = 0,000149795

f = 0,0035 ***(Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3)***

gc = 32,1740 ft.lbm/detik^2.lbf

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan ***Peters & Timmerhaus, 4 ed Tabel 1 halaman 484***

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90°	32
Gate valve open	7

ID pipa = 1,0075 ft

Jarak bak air bersih ke sand filter	=	5	m	=	16,4042	ft
Tinggi sand filter	=	4,4000	m	=	14,4357	ft
Panjang pipa masuk sand filter	=	2	m	=	6,56168	ft
Taksiran panjang pipa lurus				=	39,2717	ft
3 Elbow 90^o	= 3 x 32 x 1,0075			=	96,7200	ft
1 Gate Valve	= 1 x 7 x 1,0075			=	7,0525	ft
Panjang Total Pipa				=	182,3158	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena pipa lurus

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D}$$ *(Geankoplis 3 ed, Pers. 2.10-6)* *[Peters 4 ed ; Page 484]*

$$= \frac{2 \times 0{,}0035 \times 0{,}2265^2 \times 182{,}3158}{32{,}1740 \times 1{,}0075}$$

$$= \frac{0{,}0655}{32{,}4153}$$

$$= 0{,}0020 \quad ft.lb_f / lb_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari bak penampung air bersih ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$ *(Geankoplis 3 ed, Pers. 2.10-16)*

$$\frac{A2}{A1} = \frac{0{,}7968}{0{,}417691} = 1{,}907675 < 0{,}715$$ *[Peters 4 ed ; Page 484]*

maka, $k = 0{,}4 \; (1{,}25 - 1{,}907675)$

$= -0{,}2631$

$\alpha = 1$; untuk aliran turbulen *[Peters 4 ed ; Page 484]*

$$= \frac{-0{,}2631 \times 0{,}2265^2}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

$$= -0{,}0002 \quad ft.lb_f / lb_m$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke sand filter

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$ *(Geankoplis 3 ed, Pers. 2.10-15)*

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc}$$; (A_1 <<< A_2, maka V_1 dianggap = 0)

$$= \frac{0{,}2265^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

$$= \frac{0{,}0513}{64{,}3480}$$

$$= 0{,}0008 \quad ft.lb_f / lb_m$$

4. Friksi karena 3 elbow 90^o *(Geankoplis 3 ed, Pers. 2.10-17)*

$$F_4 = \frac{3 \times K_f \times V2^2}{2 \times gc} = \frac{3 \times 1 \times 0{,}0513}{64{,}348}$$

$$= 0{,}0018 \quad ft.lb_f / lb_m$$

5. Friksi karena Gate Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V2^{\text{-}}}{2} = \frac{0{,}17 \times 0{,}0513}{2}$$

$= 0{,}0044$ $ft.lb_f / lb_m$

$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$

$= 0{,}0020 + -0{,}0002 + 0{,}0008 + 0{,}0018 + 0{,}0044$

$= 0{,}0088$ $ft.lb_f / lb_m$

P_1 = P hidrostatis + 1 atm

Tinggi bahan = 5,9242 ft

ρ bahan = 62,16 lb/cuft = 1 gr/ml

P hidrostatis = ρ . H . g/gc + 1 atm

= 62,158 x 5,924 x 1 + 14,7 x 144

= 2485,037 lbf /ft^2

P_2 = 1 atm = 14,7 psi = 14,7 x 144

= 2116,800 lbf / ft^2

$\Delta P = P_2 - P_1$

= 368,2375 lbf / ft^2

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{368{,}237 \ lbf / ft^2}{62{,}158 \ lbm / cuft} = 5{,}92419 \ \frac{ft . lbf}{lbm}$$

Asumsi : Z_1 = 0 ft

Z_2 = 20,9974 ft

g/gc = 1 lbf/lbm

g, percepatan gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2

gc, konstanta gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2 x lbm/lbf

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc}$$

$$= (20{,}9974 - 0) \times 1 \ \frac{ft/dt^2}{ft.lbm/dt^2.lbf}$$

$$= 20{,}9974 \ \frac{ft.lbf}{lbm}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{0{,}2265^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}174}$$

$= 0{,}0008$ $ft.lb_f / lb_m$

Persamaan Bernoulli

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

$= 5{,}9242 + 20{,}9974 + 0{,}0008 + 0{,}0088$

$$= 26{,}9311 \ \frac{ft.lbf}{lbm}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 0,9956

Rate volumetrik = 81,0061 gpm

$$Hp = \frac{- Wf \times flowrate(gpm) \times sg}{3960}$$ ***(Perry 6 [ea] ; Pers 6-11, Page 6-5)***

$$= \frac{26{,}9311 \times 81{,}0061 \times 0{,}9956}{3960}$$

$$= 0{,}5485 \text{ Hp}$$

Rate volumetrik = 81,0061 gpm

Effisiensi Pompa = 85% ***(Peters 4 [ed] ; Figure 14 - 37 Page 520)***

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

$$= \frac{0{,}5485}{85\%}$$

$$= 0{,}6453 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 87% ***(Peters 4 [ed] ; Figure 14 - 38 Page 521)***

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

$$= \frac{0{,}6453}{87\%}$$

$$= 0{,}7417 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Pompa ke Sand Filter :

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak penampung air bersih ke sand filter	
Type	:	Centrifugal Pump	
Bahan	:	Commercial Steel	
Rate Volumetrik	:	649,7379	cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	0,2265	ft/detik
Total Dynamic Head	:	26,9311	ft.lbf/lbm
Power Motor	:	0,7417	Hp
BHp	:	0,6453	Hp
Effisiensi Motor	:	87%	
Effisiensi Pompa	:	85%	
Jumlah	:	1	Buah

5. Pompa Bak Penampung Air Sanitasi (L-251)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air jernih ke bak penampung air sanitasi

Type : Centrifugal Pump

Dasar pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan

Kondisi operasi : ***(Perry 7 [ed] ; T.2-28)***

Temperatur = 30 ^oC

Densitas Air = 995,647 Kg/m^3

= 62,1582 lb/cuft

Rate Volumetrik, Q = 40,7520 m^3/hari = 1,6980 m^3/jam

= 59,9644 Cuft/jam

= 0,0167 Cuft/sec

Sg Bahan = $\frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}}$

= $\frac{62,1582}{62,43}$

= 0,9956

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

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

= $\frac{0,9956}{1}$ x 0,95

= 0,9459 Cp

= 0,00064 lb/ft.detik

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, Nre > 2100 digunakan persamaan (15)

Peters:

Diameter optimum = $3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13}$ ***[Peters, 4th, pers.15 : 496]***

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

Diameter pipa optimum, Di = $3,9 \times 0,0167^{0,45} \times 62,1582^{0,13}$

= 1,0567 in

Dipilih pipa 1 1/4 in, sch 80 ***(Kern, Table 11)***

OD = 1,66 in

ID = 1,2780 in = 0,1065 ft = 0,032461 m

A = $(^1/_4 \times \pi \times ID^2)$

= $0,25 \times 3,14 \times 0,1065^2$

= 0,0089 ft^2

Kecepatan Aliran, v = $\frac{q_f}{A}$

= $\frac{0,0167 \text{ Cuft/detik}}{0,0089 \text{ ft}^2}$

= 1,8708 ft/detik

NRe = $\frac{D\, v\, \rho}{\mu}$

= $\frac{0,1065 \times 1,8708 \times 62,1582}{0,000636}$

= 19484,59069 > 2100 **(Asumsi turbulen benar)**

(Geankoplis 3 ed ; Page 88)

Dipilih pipa commercial steel, ε = 0,000046 m

ε/D = 0,001417076

f = 0,01 ***(Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3)***

gc = 32,1740 ft.lbm/detik^2.lbf

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$-W_f = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2\,\alpha\, g_c} + \Sigma F$$

Perhitungan friksi berdasarkan ***Peters & Timmerhaus, 4 ea Tabel 1 halaman 484***

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90°	32
Gate valve open	7

ID pipa = 0,1065 ft

Jarak bak air bersih ke bak air sanitasi	=	5	m	=	16,4042	ft
Tinggi bak air sanitasi	=	2,9422	m	=	9,6530	ft
Panjang pipa masuk bak air sanitasi	=	2	m	=	6,56168	ft
Taksiran panjang pipa lurus				=	34,2498	ft
3 Elbow 90° = 3 x 32 x 0,1065				=	10,2240	ft
1 Gate Valve = 1 x 7 x 0,1065				=	0,7455	ft
Panjang Total Pipa				=	79,4691	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena pipa lurus

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{g_c \times D}$$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-6)*** ***[Peters 4 ed ; Page 484]***

$$= \frac{2 \times 0{,}01 \times 1{,}8708^2 \times 79{,}4691}{32{,}1740 \times 0{,}1065}$$

$$= \frac{5{,}5625}{3{,}4265}$$

$$= 1{,}6234 \quad ft.lb_f / lb_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari bak penampung air bersih ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times g_c}$$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-16)***

$$\frac{A2}{A1} = \frac{0{,}0089}{17{,}31341} = 0{,}000514 < 0{,}715$$ ***[Peters 4 ed ; Page 484]***

maka, $k = 0{,}4 \; (1{,}25 - 0{,}000514)$

$= 0{,}4998$

$\alpha = 1$; untuk aliran turbulen ***[Peters 4 ed ; Page 484]***

$$= \frac{0{,}4998 \times 1{,}8708^2}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

$$= 0{,}0272 \quad ft.lb_f / lb_m$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke bak air sanitasi

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times g_c}$$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-15)***

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times g_c}$$; (A_1 <<< A_2, maka V_1 dianggap = 0)

$$= \frac{1{,}8708^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

$$= \frac{3{,}4998}{64{,}3480}$$

$$= 0{,}0544 \quad ft.lb_f / lb_m$$

4. Friksi karena 3 elbow 90° *(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-17)*

$$F_4 = \frac{3 \ x \ K_f \ x \ V2^{\text{-}}}{2 \ x \ gc} = \frac{3 \ x \ 1 \ x \ 3{,}4998}{64{,}348}$$

$$= 0{,}1224 \quad ft.lb_f / lb_m$$

5. Friksi karena Gate Valve

$$F_4 = \frac{K_f \ x \ V2^{\text{-}}}{2} = \frac{0{,}17 \ x \ 3{,}4998}{2}$$

$$= 0{,}2975 \quad ft.lb_f / lb_m$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$$

$$= 1{,}6234 + 0{,}0272 + 0{,}0544 + 0{,}1224 + 0{,}2975$$

$$= 2{,}1248 \quad ft.lb_f / lb_m$$

P_1 = P hidrostatis + 1 atm

Tinggi bahan = 5,9044 ft

ρ bahan = 62,1582 lb/cuft

P Hidrostatis = ρ . (g/gc) . H + 1 atm

$= 62{,}158 \ x \ 1 \ x \ 5{,}904 + 14{,}7 \ x \ 144$

$= 2483{,}806 \ lb/ft^2$

P_2 = 1 atm = 14,7 psi = 14,7 x 144

$= 2116{,}800 \ lbf / ft^2$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$= 367{,}0059 \quad lbf / ft^2$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{367{,}006 \ lbf / ft^2}{62{,}158 \ lbm / cuft} = 5{,}90438 \ \frac{ft . lbf}{lbm}$$

Asumsi : Z_1 = 0 ft

Z_2 = 16,2147 ft

g/gc = 1 lbf/lbm

g, percepatan gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2

gc, konstanta gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2 x lbm/lbf

$$\Delta Z \ \frac{g}{gc} = (Z_2 - Z_1) \ x \ \frac{g}{gc}$$

$$= (\ 16{,}2147 - 0 \ ) \ x \ 1 \ \frac{ft/dt^2}{ft.lbm/dt^2.lbf}$$

$$= 16{,}2147 \ \frac{ft.lbf}{lbm}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \ x \ \alpha \ x \ gc} = \frac{1{,}8708^2 - 0}{2 \ x \ 1 \ x \ 32{,}174}$$

$$= 0{,}0544 \quad ft.lb_f / lb_m$$

Persamaan Bernoulli

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

$$= 5{,}9044 + 16{,}2147 + 0{,}0544 + 2{,}1248$$

$$= 24{,}2982 \ \frac{ft.lbf}{lbm}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 0,9956

Rate volumetrik = 7,4761 gpm

$$Hp = \frac{-Wf \times flowrate(gpm) \times sg}{3960}$$ ***(Perry 6 ea ; Pers 6-11, Page 6-5)***

$$= \frac{24{,}2982 \times 7{,}4761 \times 0{,}9956}{3960}$$

$$= 0{,}0457 \ Hp$$

Rate volumetrik = 7,4761 gpm

Effisiensi Pompa = 7% ***(Peters 4 ed ; Figure 14 - 37 Page 520)***

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

$$= \frac{0{,}0457}{7\%}$$

$$= 0{,}6525 \ Hp$$

Effisiensi motor = 80% ***(Peters 4 ed ; Figure 14 - 38 Page 521)***

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

$$= \frac{0{,}6525}{80\%}$$

$$= 0{,}8156 \ Hp$$

Spesifikasi Pompa bak penampung air sanitasi :

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak penampung air jernih ke bak penampung air sanitasi	
Type	:	Centrifugal Pump	
Bahan	:	Commercial Steel	
Rate Volumetrik	:	59,9644	cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	1,8708	ft/detik
Total Dynamic Head	:	24,2982	ft.lbf/lbm
Power Motor	:	0,8156	Hp
BHp	:	0,6525	Hp
Effisiensi Motor	:	80%	
Effisiensi Pompa	:	7%	
Jumlah	:	1	Buah

6. Pompa Kation Exchanger (L-252)

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak penampung air jernih ke tangki kation excl
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan

Kondisi operasi : *(Perry 7^ed ; T.2-28)*

Temperatur = 30 °C

Densitas Air = 995,647 Kg/m^3

= 62,1582 lb/cuft

Rate Volumetrik, Q = 37,7425 m^3/hari = 0,0154267 Cuft/sec

= 1,5726 m^3/jam

= 55,5361 Cuft/jam

$$\text{Sg Bahan} = \frac{\rho\ \text{bahan}}{\rho\ \text{reference}} = \frac{62,1582}{62,43} = 0,9956$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

$$\mu\ \text{bahan} = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu\ \text{reference} = \frac{0,9956}{1} \times 0,95$$

= 0,9459 Cp

= 0,000636 lb/ft.detik

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, Nre > 2100 digunakan persamaan (15)

Peters:

Diameter optimum = $3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13}$ ***[Peters, 4^ea , pers.15 : 496]***

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

Diameter pipa optimum, Di = $3,9 \times 0,01543^{0,45} \times 62,1582^{0,13}$

= 1,0208 in

Dipilih pipa 1 1/2 in, sch 80 ***(Kern, Table 11)***

OD = 1,900 in

ID = 1,5000 in = 0,1250 ft = 0,0381 m

A = $(^1/_4 \times \pi \times ID^2)$

= $0,25 \times 3,14 \times 0,1250^2$

= 0,0123 ft^2

$$\text{Kecepatan Aliran, v} = \frac{q_f}{A} = \frac{0,0154267\ \text{Cuft/detik}}{0,0123\ ft^2}$$

= 1,2577 ft/detik

$$NRe = \frac{D\ v\ \rho}{\mu}$$

$$= \frac{0{,}1250 \times 1{,}25772 \times 62{,}1582}{0{,}000636}$$

= 15374,92733 > 2100 **(Asumsi turbulen benar)**

(Geankoplis 3 ed ; Page 88)

Dipilih pipa commercial steel, ε = 0 m

ε/D = 0,001207349

f = 0,0035 ***(Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3)***

gc = 32,1740 $ft.lbm/detik^2.lbf$

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan ***Peters & Timmerhaus, 4 ed Tabel 1 halaman 484***

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90^o	32
Gate valve open	7

ID pipa = 0,1250 ft

Jarak bak ke kation exchanger	=	5	m	=	16,4042	ft
Tinggi kation exchanger	=	2,5439	m	=	8,3461	ft
Panjang pipa masuk exchanger	=	2	m	=	6,56168	ft
Taksiran panjang pipa lurus				=	32,8776	ft
3 Elbow 90^o	= 3 x 32 x 0,1250			=	12,0000	ft
1 Gate Valve	= 1 x 7 x 0,1250			=	0,8750	ft
Panjang Total Pipa				=	78,6302	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena pipa lurus

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

(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-6)
[Peters 4 ed ; Page 484]

$$= \frac{2 \times 0{,}0035 \times 1{,}2577^2 \times 78{,}6302}{32{,}1740 \times 0{,}1250}$$

$$= \frac{8{,}7067,E\text{-}01}{4{,}0218}$$

$= 0{,}2165\ ft.lb_f / lb_m$

2. Friksi karena kontraksi dari bak penampung air bersih ke pipa

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

(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-16)

$$\frac{A2}{A1} = \frac{0{,}0123}{0{,}317504} = 0{,}038631 < 0{,}715$$

[Peters 4 ed ; Page 484]

maka, k = 0,4 (1,25 - 0,038631)

= 0,4845

α = 1 ; untuk aliran turbulen ***[Peters 4 ed ; Page 484]***

$$= \frac{0{,}4845 \times 1{,}2577^2}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

$= 0{,}011912\ ft.lb_f / lb_m$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke kation exchanger

$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc}$ *(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-15)*

$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc}$; (A_1 <<< A_2, maka V_1 dianggap = 0)

$= \frac{1,2577^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,1740}$

$= \frac{1,5819}{64,3480}$

= 0,02458 $ft.lb_f / lb_m$

4. Friksi karena 3 elbow 90° *(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-17)*

$F_4 = \frac{3 \times K_f \times V2^2}{2 \times gc} = \frac{3 \times 1 \times 1,581854}{64,348}$

= 0,0553 $ft.lb_f / lb_m$

5. Friksi karena Gate Valve

$F_4 = \frac{K_f \times V2^2}{2} = \frac{0,17 \times 1,5819}{2}$

= 0,1345 $ft.lb_f / lb_m$

ΣF = $F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$
= 0,21649 + 0,011912 + 0,024583 + 0,055311 + 0,134458
= 0,4428 $ft.lb_f / lb_m$

P_1 = P hidrostatis + 1 atm
Tinggi bahan = 5,9044 ft
ρ bahan = 62,1582 lb/cuft
P Hidrostatis = ρ . (g/gc) . H + 1 atm
= 62,158 x 1 x 5,904 + 14,7 x 144
= 2483,806 lb/ft^2

P_2 = 1 atm = 14,7 psi = 14,7 x 144
= 2116,800 lbf / ft^2

$\Delta P = P_2 - P_1$

= 367,0059 lbf / ft^2

$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{367,006 \; lbf/ft^2}{62,158 \; lbm/cuft} = 5,90438 \; \frac{ft . lbf}{lbm}$

Asumsi : Z_1 = 0 ft
Z_2 = 14,9078 ft
g/gc = 1 lbf/lbm

g, percepatan gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2
gc, konstanta gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2 x lbm/lbf

$\Delta Z \frac{g}{gc} = (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc}$

$= (14{,}9078 - 0) \times 1 \dfrac{ft/dt^2}{ft.lbm/dt^2.lbf}$

$= 14{,}9078 \dfrac{ft.lbf}{lbm}$

$\dfrac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} = \dfrac{1{,}25772^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}174}$

$= 0{,}02458 \quad ft.lb_f / lb_m$

Persamaan Bernoulli

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

$= 5{,}9044 + 14{,}9078 + 0 + 0{,}44275$

$= 21{,}2795 \dfrac{ft.lbf}{lbm}$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 0,9956

Rate volumetrik = 6,9240 gpm

$Hp = \dfrac{- Wf \times flowrate(gpm) \times sg}{3960}$ ***(Perry 6 ea ; Pers 6-11, Page 6-5)***

$= \dfrac{21{,}2795 \times 6{,}9240 \times 0{,}9956}{3960}$

$= 1{,}0370$ Hp

Rate volumetrik = 6,9240 gpm

Effisiensi Pompa = 85% ***(Peters 4 ed ; Figure 14 - 37 Page 520)***

$Bhp = \dfrac{hp}{\eta \text{ pompa}}$

$= \dfrac{1{,}037045}{85\%}$

$= 1{,}2201$ Hp

Effisiensi motor = 87% ***(Peters 4 ed ; Figure 14 - 38 Page 521)***

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

$= \dfrac{1{,}220053}{87\%}$

$= 1{,}4024$ Hp

Spesifikasi Pompa Kation Exchanger :

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak penampung air jernih ke kation exchan	
Type	:	Centrifugal Pump	
Bahan	:	Commercial Steel	
Rate Volumetrik	:	55,5361	cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	1,2577	ft/detik
Total Dynamic Head	:	21,2795	ft.lbf/lbm
Power Motor	:	1,4024	Hp
BHp	:	1,2201	Hp
Effisiensi Motor	:	87%	
Effisiensi Pompa	:	85%	
Jumlah	:	1	Buah

7. Pompa Anion Exchanger (L-281)

Fungsi : Mengalirkan air dari kation exchanger ke anion exchanger.
Type : Centrifugal Pump
Dasar pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan

Kondisi operasi : *(Perry 7^{ed} ; T.2-28)*

Temperatur = 30 °C
Densitas Air = 995,647 Kg/m^3
= 62,1582 lb/cuft

Rate Volumetrik, Q = 37,7425 m^3/hari = 1,5726 m^3/jam
= 55,5361 Cuft/jam
= 0,015426695 Cuft/sec

$$Sg\ Bahan = \frac{\rho\ bahan}{\rho\ reference} = \frac{62,1582}{62,43} = 0,9956$$

μ berdasarkan sg bahan :
Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1
Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

$$\mu\ bahan = \frac{sg\ bahan}{sg\ reference} \times \mu\ reference = \frac{0,9956}{1} \times 0,95$$

= 0,9459 Cp
= 0,00064 lb/ft.detik

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, Nre > 2100 digunakan persamaan (15)
Peters:

Diameter optimum = $3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13}$ *[Peters, 4^{ed} , pers.15 : 496]*

Dengan :
q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)
ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

Diameter pipa optimum, Di = $3,9 \times 0,0154^{0,45} \times 62,1582^{0,13}$
= 1,0208 in

Dipilih pipa 1 1/2 in, sch 80 *(Kern,Table 11)*

OD = 1,90 in
ID = 1,5000 in = 0,1250 ft = 0,0381 m

A = $(^1/_4 \times \pi \times ID^2)$
= $0,25 \times 3,14 \times 0,1250^2$
= 0,0123 ft^2

Kecepatan Aliran, v $= \dfrac{q_f}{A}$

$= \dfrac{0{,}015427 \text{ Cuft/detik}}{0{,}0123 \text{ ft}^2}$

= 1,2577 ft/detik

NRe $= \dfrac{D\ v\ \rho}{\mu}$

$= \dfrac{0{,}1250 \times 1{,}2577 \times 62{,}1582}{0{,}000636}$

= 15374,92733 > 2100 **(Asumsi turbulen benar)**

(Geankoplis 3 ed ; Page 88)

Dipilih pipa commercial steel, ε = 0,000046 m

ε/D = 0,001207349

f = 0,0035 ***(Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3)***

gc = 32,1740 ft.lbm/detik^2.lbf

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan ***Peters & Timmerhaus, 4 ea Tabel 1 halaman 484***

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90^o	32
Gate valve open	7

ID pipa = 0,1250 ft

Jarak kation ke anion exchanger			=	5		m	=	16,4042	ft
Tinggi anion exchanger			=	2,4561		m	=	8,0581	ft
Panjang pipa masuk exchanger			=	2		m	=	6,56168	ft
Taksiran panjang pipa lurus							=	32,5752	ft
3 Elbow 90^o	=	3	x	32	x	0,1250	=	12,0000	ft
1 Gate Valve	=	1	x	7	x	0,1250	=	0,8750	ft
Panjang Total Pipa							=	78,0253	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena pipa lurus

$F_1 = \dfrac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D}$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-6)***
[Peters 4 ed ; Page 484]

$= \dfrac{2 \times 0{,}0035 \times 1{,}25772^2 \times 78{,}0253}{32{,}1740 \times 0{,}1250}$

$= \dfrac{0{,}8640}{4{,}0218}$

= 0,2148 ft.lb$_f$ / lb$_m$

2. Friksi karena kontraksi dari kation exchanger ke pipa

$F_2 = \dfrac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc}$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-16)***

$\dfrac{A2}{A1} = \dfrac{0{,}0123}{1{,}262142} = 0{,}009718 < 0{,}715$ ***[Peters 4 ed ; Page 484]*** maka, k = 0,4 (1,25 - 0,009718)

= 0,4961

α = 1 ; untuk aliran turbulen ***[Peters 4 ed ; Page 484]***

$$= \frac{0{,}4961 \times 1{,}2577^2}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

= 0,0122 $ft.lb_f / lb_m$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke anion exchanger

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-15)***

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc}$$; (A_1 <<< A_2, maka V_1 dianggap = 0)

$$= \frac{1{,}2577^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

$$= \frac{1{,}5819}{64{,}3480}$$

= 0,0246 $ft.lb_f / lb_m$

4. Friksi karena 3 elbow 90^o ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-17)***

$$F_4 = \frac{3 \times K_f \times V2^{\text{-}}}{2xgc} = \frac{3 \times 1 \times 1{,}5819}{64{,}348}$$

= 0,0553 $ft.lb_f / lb_m$

5. Friksi karena Gate Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V2^{\text{-}}}{2} = \frac{0{,}17 \times 1{,}5819}{2}$$

= 0,1345 $ft.lb_f / lb_m$

ΣF = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5

= 0,2148 + 0,0122 + 0,0246 + 0,0553 + 0,1345

= 0,44137 $ft.lb_f / lb_m$

P_1 = P hidrostatis + 1 atm

Tinggi bahan = 8,3461 ft

ρ bahan = 62,1582 lb/cuft

P Hidrostatis = ρ . (g/gc) . H + 1 atm

= 62,158 x 1 x 8,346 + 14,7 x 144

= 2635,580 lb/ft^2

P_2 = 1 atm = 14,7 psi = 14,7 x 144

= 2116,800 lbf / ft^2

ΔP = P_2 - P_1

= 518,7804 lbf / ft^2

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{518{,}780 \ lbf / ft^2}{62{,}158 \ lbm / cuft} = 8{,}34612 \ \frac{ft \ . \ lbf}{lbm}$$

Asumsi : Z_1 = 0 ft
Z_2 = 14,6198 ft
g/gc = 1 lbf/lbm
g, percepatan gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2
gc, konstanta gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2 x lbm/lbf

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc}$$

$$= (14{,}6198 - 0) \times 1 \frac{ft/dt^2}{ft.lbm/dt^2.lbf}$$

$$= 14{,}6198 \frac{ft.lbf}{lbm}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{1{,}257718^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}174}$$

$$= 0{,}0246 \; ft.lb_f / lb_m$$

Persamaan Bernoulli

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

$$= 8{,}3461 + 14{,}6198 + 0{,}0246 + 0{,}4414$$

$$= 23{,}4319 \frac{ft.lbf}{lbm}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 0,9956
Rate volumetrik = 6,9240 gpm

$$Hp = \frac{- Wf \times flowrate(gpm) \times sg}{3960}$$ *(Perry 6 ^{ea} ; Pers 6-11, Page 6-5)*

$$= \frac{23{,}4319 \times 6{,}9240 \times 0{,}9956}{3960}$$

$$= 1{,}0408 \; Hp$$

Rate volumetrik = 6,9240 gpm
Effisiensi Pompa = 75% *(Peters 4 ^{ed} ; Figure 14 - 37 Page 520)*

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

$$= \frac{1{,}0408}{75\%}$$

$$= 1{,}3877 \; Hp$$

Effisiensi motor = 84% *(Peters 4 ^{ed} ; Figure 14 - 38 Page 521)*

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

$$= \frac{1{,}387722}{84\%}$$

$$= 1{,}6521 \; Hp$$

Spesifikasi Pompa Anion Exchanger :

Fungsi : Mengalirkan air dari kation exchanger ke anion exchanger

Type	:	Centrifugal Pump	
Bahan	:	Commercial Steel	
Rate Volumetrik	:	55,5361	cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	1,257718	ft/detik
Total Dynamic Head	:	23,4319	ft.lbf/lbm
Power Motor	:	1,6521	Hp
BHp	:	1,3877	Hp
Effisiensi Motor	:	84%	
Effisiensi Pompa	:	75%	
Jumlah	:	1	Buah

8. Pompa Air Umpan Boiler (L-301)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air demineralisasi ke Boile
Type : Centrifugal Pump
Dasar pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan

Kondisi operasi : ***(Perry 7*** ^{ed} ***; T.2-28)***

Temperatur = 30 ^oC
Densitas Air = 995,647 Kg/m^3
= 62,1582 lb/cuft

Rate Volumetrik, Q = 37,7425 m^3/hari = 1,5726 m^3/jam
= 55,5361 Cuft/jam
= 0,01543 Cuft/sec

$$\text{Sg Bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} = \frac{62{,}1582}{62{,}43} = 0{,}9956$$

μ berdasarkan sg bahan :
Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1
Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

$$\mu \text{ bahan} = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} = \frac{0{,}9956}{1} \times 0{,}95 = 0{,}9459 \text{ Cp} = 0{,}00064 \text{ lb/ft.detik}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, Nre > 2100 digunakan persamaan (15)
Peters:

Diameter optimum = $3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13}$ ***[Peters, 4*** ^{ea} ***, pers.15 : 496]***

Dengan :
q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)
ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

Diameter pipa optimum, Di = 3,9 x $0,0154^{0,45}$ x $62,1582^{0,13}$
= 1,0208 in

Dipilih pipa 1 1/2 in, sch 80 ***(Kern, Table 11)***

OD = 1,9 in
ID = 1,5000 in = 0,1250 ft = 0,0381 m

A = ($^1/_4$ x π x ID^2)
= 0,25 x 3,14 x $0,1250^2$
= 0,0123 ft^2

Kecepatan Aliran, v = $\frac{q_f}{A}$
= $\frac{0,015427 \text{ Cuft/detik}}{0,0123 \text{ ft}^2}$
= 1,25772 ft/detik

NRe = $\frac{D\, v\, \rho}{\mu}$

= $\frac{0,1250 \times 1,257718 \times 62,1582}{0,000636}$

= 15374,92733 > 2100 **(Asumsi turbulen benar)**
(Geankoplis 3 ed ; Page 88)

Dipilih pipa commercial steel, ε = 0,000046 m
ε/D = 0,001207349
f = 0,0045 ***(Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3)***
gc = 32,1740 ft.lbm/detik^2.lbf

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan ***Peters & Timmerhaus, 4 ea Tabel 1 halaman 484***

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90^o	32
Gate valve open	7

ID pipa = 0,1250 ft

Jarak bak demine water ke boiler	= 5	m	=	16,4042	ft
Tinggi boiler	= 11,8104	m	=	38,7480	ft
Panjang pipa masuk boiler	= 2	m	=	6,56168	ft
Taksiran panjang pipa lurus			=	64,7996	ft
3 Elbow 90^o	= 3 x 32 x 0,1250		=	12,0000	ft
1 Gate Valve	= 1 x 7 x 0,1250		=	0,8750	ft
Panjang Total Pipa			=	77,6746	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena pipa lurus

F_1 = $\frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D}$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-6)***
[Peters 4 ed ; Page 484]

= $\frac{2 \times 0,0045 \times 1,257718^2 \times 77,6746}{32,1740 \times 0,1250}$

$= \dfrac{1,105829087}{4,0218}$

$= 0,27496 \quad ft.lb_f / lb_m$

2. Friksi karena kontraksi dari bak penampung demine water ke pipa

$F_2 = \dfrac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc}$ *(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-16)*

$\dfrac{A2}{A1} = \dfrac{0,0123}{10,36297} = 0,001184 < 0,715$ *[Peters 4 ed ; Page 484]*

maka, $k = 0,4 \; (1,25 - 0,001184)$

$= 0,4995$

$\alpha = 1$; untuk aliran turbulen *[Peters 4 ed ; Page 484]*

$= \dfrac{0,4995 \times 1,2577^2}{2 \times 1 \times 32,1740}$

$= 0,0123 \quad ft.lb_f / lb_m$

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

$F_3 = \dfrac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc}$ *(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-15)*

$= \dfrac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc}$; (A_1 <<< A_2, maka V_1 dianggap = 0)

$= \dfrac{1,2577^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,1740}$

$= \dfrac{1,5819}{64,3480}$

$= 0,0246 \quad ft.lb_f / lb_m$

4. Friksi karena 3 elbow 90^o *(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-17)*

$F_4 = \dfrac{3 \times K_f \times V2^{-}}{2 \times gc} = \dfrac{3 \times 1 \times 1,5819}{64,348}$

$= 0,0553 \quad ft.lb_f / lb_m$

5. Friksi karena Gate Valve

$F_4 = \dfrac{K_f \times V2^{-}}{2} = \dfrac{6 \times 1,5819}{2}$

$= 4,7456 \quad ft.lb_f / lb_m$

$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$

$= 0,2750 + 0,0123 + 0,0246 + 0,0553 + 4,7456$

$= 5,1127 \quad ft.lb_f / lb_m$

P_1 = P hidrostatis + 1 atm

Tinggi bahan = 8,0581 ft

ρ bahan = 62,1582 lb/cuft

P Hidrostatis = ρ . (g/gc) . H + 1 atm

= 62,158 x 1 x 8,058 + 14,7 x 144

= 2617,677 lb/ft^2

P_2 = 1 atm = 14,7 psi = 14,7 x 144

= 2116,800 lbf / ft^2

$\Delta P = P_2 - P_1$

$= 500{,}8769 \ \text{lbf / ft}^2$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{500{,}877 \ \text{lbf / ft}^2}{62{,}158 \ \text{lbm /cuft}} = 8{,}05809 \ \frac{\text{ft . lbf}}{\text{lbm}}$$

Asumsi : Z_1 = 0 ft
Z_2 = 45,3097 ft
g/gc = 1 lbf/lbm
g, percepatan gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2
gc, konstanta gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2 x lbm/lbf

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc}$$

$$= (45{,}3097 - 0) \times 1 \ \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2\text{.lbf}}$$

$$= 45{,}3097 \ \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{1{,}257718^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}174}$$

$= 0{,}0246 \ \text{ft.lb}_f / \text{lb}_m$

Persamaan Bernoulli

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

$= 8{,}0581 + 45{,}3097 + 0{,}0246 + 5{,}1127$

$$= 58{,}5051 \ \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 0,9956
Rate volumetrik = 6,9240 gpm

$$Hp = \frac{- Wf \times flowrate(gpm) \times sg}{3960}$$ ***(Perry 6 ea ; Pers 6-11, Page 6-5)***

$$= \frac{58{,}5051 \times 6{,}9240 \times 0{,}9956}{3960}$$

= 1,1018 Hp

Rate volumetrik = 6,9240 gpm
Effisiensi Pompa = 75% ***(Peters 4 ed ; Figure 14 - 37 Page 520)***

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

$$= \frac{1{,}10185}{75\%}$$

= 1,4691 Hp

Effisiensi motor = 84% ***(Peters 4 ed ; Figure 14 - 38 Page 521)***

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

$$= \frac{1,469133}{84\%}$$

= 1,7490 Hp

Spesifikasi Pompa Air Umpan Boiler :

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak penampung air demineralisasi ke Boile
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	55,5361 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	1,2577 ft/detik
Total Dynamic Head	:	58,5051 ft.lbf/lbm
Power Motor	:	1,7490 Hp
BHp	:	1,4691 Hp
Effisiensi Motor	:	84%
Effisiensi Pompa	:	75%
Jumlah	:	1 Buah

9. Pompa Bak Penampung Air Pendingin (L-253)

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak air bersih ke bak air pendingin
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan

Kondisi operasi : ***(Perry 7 ed ; T.2-28)***

Temperatur = 30 ^oC

Densitas Air = 995,647 Kg/m^3

= 62,1582 lb/cuft

Rate Volumetrik, Q = 399,4733 m^3/hari = 16,6447 m^3/jam

= 587,8034 Cuft/jam

= 0,1633 Cuft/sec

$$\text{Sg Bahan} = \frac{\rho\ \text{bahan}}{\rho\ \text{reference}}$$

$$= \frac{62,1582}{62,43}$$

= 0,9956

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

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

$$= \frac{0,9956}{1} \times 0,95$$

= 0,9459 Cp

= 0,00064 lb/ft.detik

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, Nre > 2100 digunakan persamaan (15) Peters:

Diameter optimum = $3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13}$ ***[Peters, 4 ea , pers.15 : 496]***

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

Diameter pipa optimum, Di = $3,9 \times 0,1633^{0,45} \times 62,1582^{0,13}$

= 2,9515 in

Dipilih pipa 12 in, sch 30 ***(Kern, Table 11)***

OD = 12,7500 in

ID = 12,0900 in = 1,0075 ft = 0,307086 m

A = $(^1/_4 \times \pi \times ID^2)$

= $0,25 \times 3,14 \times 1,0075^2$

= 0,7968 ft^2

Kecepatan Aliran, v = $\dfrac{q_f}{A}$

= $\dfrac{0,1633 \text{ Cuft/detik}}{0,7968 \text{ ft}^2}$

= 0,2049 ft/detik

NRe = $\dfrac{D\,v\,\rho}{\mu}$

= $\dfrac{1,0075 \times 0,2049 \times 62,1582}{0,000636}$

= 20189,92574 > 2100 **(Asumsi turbulen benar)**

(Geankoplis 3 ed ; Page 88)

Dipilih pipa commercial steel, ε = 0,000046 m

ε/D = 0,000149795

f = 0,0035 ***(Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3)***

gc = 32,1740 ft.lbm/detik^2.lbf

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan ***Peters & Timmerhaus, 4 ed Tabel 1 halaman 484***

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90^o	32
Gate valve open	7

ID pipa = 1,0075 ft

Jarak bak air bersih ke bak air pendingin	=	5	m	=	16,4042	ft
Tinggi bak air pendingin	=	14,4162	m	=	47,2971	ft
Panjang pipa masuk bak air pendingin	=	2	m	=	2	ft
Taksiran panjang pipa lurus				=	68,9864	ft

3 Elbow 90^o	=	3	x	32	x	1,0075	=	96,7200	ft
1 Gate Valve	=	1	x	7	x	1,0075	=	7,0525	ft
Panjang Total Pipa							=	241,7453	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena pipa lurus

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D}$$ *(Geankoplis 3 ed, Pers. 2.10-6)* *[Peters 4 ed ; Page 484]*

$$= \frac{2 \times 0{,}0035 \times 0{,}2049^2 \times 241{,}7453}{32{,}1740 \times 1{,}0075}$$

$$= \frac{0{,}0711}{32{,}4153}$$

$$= 0{,}0022 \quad ft.lb_f / lb_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari bak penampung air bersih ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$ *(Geankoplis 3 ed, Pers. 2.10-16)*

$$\frac{A2}{A1} = \frac{0{,}7968}{415{,}6515} = 0{,}001917 < 0{,}715$$ *[Peters 4 ed ; Page 484]*

maka, $k = 0{,}4 \; (1{,}25 - 0{,}001917)$

$= 0{,}4992$

$\alpha = 1$; untuk aliran turbulen *[Peters 4 ed ; Page 484]*

$$= \frac{0{,}4992 \times 0{,}2049^2}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

$$= 0{,}0003 \quad ft.lb_f / lb_m$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke bak air pendingin

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$ *(Geankoplis 3 ed, Pers. 2.10-15)*

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc}$$; (A_1 <<< A_2, maka V_1 dianggap = 0)

$$= \frac{0{,}2049^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

$$= \frac{0{,}0420}{64{,}3480}$$

$$= 0{,}0007 \quad ft.lb_f / lb_m$$

4. Friksi karena 3 elbow 90° *(Geankoplis 3 ed, Pers. 2.10-17)*

$$F_4 = \frac{3 \times K_f \times V2^2}{2xgc} = \frac{3 \times 1 \times 0{,}0420}{64{,}348}$$

$$= 0{,}0015 \quad ft.lb_f / lb_m$$

5. Friksi karena Gate Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V2^2}{2} = \frac{0{,}17 \times 0{,}0420}{2}$$

$$= 0{,}0036 \quad ft.lb_f / lb_m$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$$

$$= 0{,}0022 + 0{,}0003 + 0{,}0007 + 0{,}0015 + 0{,}0036$$

$$= 0{,}0082 \quad ft.lb_f / lb_m$$

P_1 = P hidrostatis + 1 atm

Tinggi bahan = 7,3805 ft

ρ bahan = 62,1582 lb/cuft

P Hidrostatis = ρ . (g/gc) . H + 1 atm

= 62,158 x 1 x 7,380 + 14,7 x 144

= 2575,557 lb/ft^2

P_2 = 1 atm = 14,7 psi = 14,7 x 144

= 2116,800 lbf / ft^2

$\Delta P = P_2 - P_1$

= 458,7574 lbf / ft^2

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{458{,}757 \quad lbf / ft^2}{62{,}158 \quad lbm / cuft} = 7{,}38048 \ \frac{ft \cdot lbf}{lbm}$$

Asumsi : Z_1 = 0 ft

Z_2 = 49,297 ft

g/gc = 1 lbf/lbm

g, percepatan gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2

gc, konstanta gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2 x lbm/lbf

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc}$$

$$= (49{,}2971 - 0) \times 1 \ \frac{ft/dt^2}{ft.lbm/dt^2.lbf}$$

$$= 49{,}2971 \ \frac{ft.lbf}{lbm}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{0{,}2049^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}174}$$

= 0,0007 $ft.lb_f / lb_m$

Persamaan Bernoulli

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

= 7,380 + 49,2971 + ## + 0,0082

$$= 56{,}6865 \ \frac{ft.lbf}{lbm}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 0,9956

Rate volumetrik = 73,2844 gpm

$$Hp = \frac{- Wf \times flowrate(gpm) \times sg}{3960}$$ ***(Perry 6 ea ; Pers 6-11, Page 6-5)***

$$= \frac{56{,}6865 \times 73{,}2844 \times 0{,}9956}{3960}$$

= 1,0445 Hp

Rate volumetrik = 73,2844 gpm

Effisiensi Pompa = 84% ***(Peters 4 ed ; Figure 14 - 37 Page 520)***

$$Bhp = \frac{hp}{\eta\ pompa} = \frac{1,0445}{84\%} = 1,2434\ Hp$$

Effisiensi motor = 89% *(Peters 4 ed ; Figure 14 - 38 Page 521)*

$$Power\ motor = \frac{Bhp}{\eta\ motor} = \frac{1,2434}{89\%} = 1,3971\ Hp$$

Spesifikasi Pompa Bak Penampung Air Pendingin :

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak air bersih ke bak air pendingin	
Type	:	Centrifugal Pump	
Bahan	:	Commercial Steel	
Rate Volumetrik	:	587,8034	cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	0,2049	ft/detik
Total Dynamic Head	:	56,6865	ft.lbf/lbm
Power Motor	:	1,3971	Hp
BHp	:	1,2434	Hp
Effisiensi Motor	:	89%	
Effisiensi Pompa	:	84%	
Jumlah	:	1	Buah

10. Pompa Cooling Tower (L-311)

Fungsi : Mengalirkan air dari cooling tower ke bak air pendingin
Type : Centrifugal Pump
Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan

Kondisi operasi : *(Perry 7 ed ; T.2-28)*

Temperatur = 30 ^oC
Densitas Air = 995,647 Kg/m^3
= 62,1582 lb/cuft

Rate Volumetrik, Q = 79,89 m^3/hari = 0,0327 Cuft/sec
= 3,3289 m^3/jam = 117,5607 Cuft/jam

$$Sg\ Bahan = \frac{\rho\ bahan}{\rho\ reference} = \frac{62,1582}{62,43} = 0,9956$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

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

$$= \frac{0{,}9956}{1} \times 0{,}95$$

= 0,9459 Cp

= 0,00064 lb/ft.detik

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, Nre > 2100 digunakan persamaan (15)

Peters:

Diameter optimum = $3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13}$ ***[Peters, 4 ed , pers.15 : 496]***

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

Diameter pipa optimum, Di = $3{,}9 \times 0{,}0327^{0{,}45} \times 62{,}1582^{0{,}13}$

= 1,4305 in

Dipilih pipa 6 in, sch 80 ***(Kern, Table 11)***

OD = 6,6250 in

ID = 5,7610 in = 0,4801 ft = 0,146329 m

A = $(^1/_4 \times \pi \times ID^2)$

= $0{,}25 \times 3{,}14 \times 0{,}4801^2$

= 0,1809 ft^2

$$\text{Kecepatan Aliran, v} = \frac{q_f}{A}$$

$$= \frac{0{,}0327 \text{ Cuft/detik}}{0{,}1809 \text{ ft}^2}$$

= 0,1805 ft/detik

$$NRe = \frac{D\, v\, \rho}{\mu}$$

$$= \frac{0{,}4801 \times 0{,}1805 \times 62{,}1582}{0{,}000636}$$ ***(Geankoplis 3 ed ; Page 88)***

= 8474,091378 > 2100 **(Asumsi turbulen benar)**

Dipilih pipa commercial steel, ε = 0,000046 m

ε/D = 0,000314359

f = 0,004 ***(Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3)***

gc = 32,1740 ft.lbm/detik^2.lbf

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan ***Peters & Timmerhaus, 4 ea Tabel 1 halaman 484***

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90°	32
Gate valve open	7

ID pipa = 0,4801 ft

Jarak Cooling Tower ke bak air pendingin						=	5	m	=	16,4042 ft
Tinggi bak air pendingin						=	10,9728	m	=	36,0000 ft
Panjang pipa masuk bak air pendingin						=	2	m	=	6,56168 ft
Taksiran panjang pipa lurus									=	61,9142 ft
3 Elbow 90°	=	3	x	32	x	0,4801			=	46,0880 ft
1 Gate Valve	=	1	x	7	x	0,4801			=	3,3606 ft
Panjang Total Pipa									=	173,2769 ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena pipa lurus

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D}$$ *(Geankoplis 3 ed, Pers. 2.10-6)* *[Peters 4 ed ; Page 484]*

$$= \frac{2 \times 0{,}004 \times 0{,}1805^2 \times 173{,}2769}{32{,}1740 \times 0{,}4801}$$

$$= \frac{0{,}0452}{15{,}4462}$$

$$= 0{,}0029 \quad ft.lb_f / lb_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari cooling tower ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$ *(Geankoplis 3 ed, Pers. 2.10-16)*

$$\frac{A2}{A1} = \frac{0{,}1809}{9{,}160} = 0{,}019751 < 0{,}715$$ *[Peters 4 ed ; Page 484]*

maka, $k = 0{,}4 \; (1{,}25 - 0{,}019751)$

$= 0{,}4921$

$\alpha = 1$; untuk aliran turbulen *[Peters 4 ed ; Page 484]*

$$= \frac{0{,}4921 \times 0{,}1805^2}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

$$= 0{,}0002 \quad ft.lb_f / lb_m$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke bak air pendingin

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$ *(Geankoplis 3 ed, Pers. 2.10-15)*

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc}$$; (A_1 <<< A_2, maka V_1 dianggap = 0)

$$= \frac{0{,}1805^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

$$= \frac{0{,}0326}{64{,}3480}$$

$$= 0{,}0005 \quad ft.lb_f / lb_m$$

4. Friksi karena 3 elbow 90° *(Geankoplis 3 ed, Pers. 2.10-17)*

$$F_4 = \frac{3 \times K_f \times V2^2}{2 \times gc} = \frac{3 \times 1 \times 0{,}0326}{64{,}348}$$

$$= 0{,}0011 \quad ft.lb_f / lb_m$$

5. Friksi karena Gate Valve

$$F5 = \frac{K_f \times V2^2}{2} = \frac{0{,}17 \times 0{,}0326}{2}$$

$$= 0{,}0028 \quad ft.lb_f / lb_m$$

$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$
$= 0{,}0029 + 0{,}0002 + 0{,}0005 + 0{,}0011 + 0{,}0028$
$= 0{,}0076 \; ft.lb_f / lb_m$

P_1 = P hidrostatis + 1 atm
Tinggi bahan = 7,3805 ft
ρ bahan = 62,1582 lb/cuft
P Hidrostatis = ρ . (g/gc) . H + 1 atm
= 62,158 x 1 x 7,380 + 14,7 x 144
= 2575,557 lb/ft^2

P_2 = 1 atm = 14,7 psi = 14,7 x 144
= 2116,800 lbf / ft^2

$\Delta P = P_2 - P_1$

= 458,7574 lbf / ft^2

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{458{,}757 \; lbf/ft^2}{62{,}158 \; lbm/cuft} = 7{,}38048 \; \frac{ft \, . \, lbf}{lbm}$$

Asumsi : Z_1 = 0 ft
Z_2 = 42,5617 ft
g/gc = 1 lbf/lbm
g, percepatan gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2
gc, konstanta gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2 x lbm/lbf

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc}$$
$$= (42{,}5617 - 0) \times 1 \; \frac{ft/dt^2}{ft.lbm/dt^2.lbf}$$
$$= 42{,}5617 \; \frac{ft.lbf}{lbm}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{0{,}1805^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}174}$$
$= 0{,}0005 \; ft.lb_f / lb_m$

Persamaan Bernoulli

$$-Wf = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{\alpha \, gc} + \Sigma F$$
$= 7{,}3805 + 42{,}5617 + 0{,}0005 + 0{,}0076$
$$= 49{,}9503 \; \frac{ft.lbf}{lbm}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 0,9956
Rate volumetrik = 14,6569 gpm

$$Hp = \frac{- Wf \times flowrate(gpm) \times sg}{3960}$$ ***(Perry 6*** ^{ea} ***; Pers 6-11, Page 6-5)***

$$= \frac{49{,}9503 \times 14{,}6569 \times 0{,}9956}{3960}$$
= 0,1841 Hp

Rate volumetrik = 14,6569 gpm

Effisiensi Pompa = 84% ***(Peters 4 ed ; Figure 14 - 37 Page 520)***

$$Bhp = \frac{hp}{\eta\ pompa} = \frac{0,1841}{84\%} = 0,2191\ Hp$$

Effisiensi motor = 89% ***(Peters 4 ed ; Figure 14 - 38 Page 521)***

$$Power\ motor = \frac{Bhp}{\eta\ motor} = \frac{0,2191}{89\%} = 0,2462\ Hp$$

Spesifikasi Pompa Cooling Tower:

Fungsi	:	Mengalirkan air dari Cooling Tower ke bak air pendingin.
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	117,5607 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	0,1805 ft/detik
Total Dynamic Head	:	49,9503 ft.lbf/lbm
Power Motor	:	0,2462 Hp
Bhp	:	0,2191 Hp
Effisiensi Motor	:	89%
Effisiensi Pompa	:	84%
Jumlah	:	1 Buah

11. Pompa Recycle Air Pendingin (L-321)

Fungsi : Mengalirkan bekas air pendingin ke cooling tower.

Type : Centrifugal Pump

Dasar pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan

Kondisi operasi :

Temperatur = 30 ^oC

Densitas Air = 995,647 Kg/m^3 ***(Perry 7 ed ; T.2-28)***

= 62,1582 lb/cuft

Rate Volumetrik, Q = 359,5260 $m^3/hari$ = 0,1470 Cuft/sec

= 14,9803 m^3/jam = 529,0231 Cuft/jam

$$Sg\ Bahan = \frac{\rho\ bahan}{\rho\ reference} = \frac{62,1582}{62,43} = 0,9956$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

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

$$= \frac{0{,}9956}{1} \times 0{,}95$$

= 0,9459 Cp

= 0,000636 lb/ft.detik

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, Nre > 2100 digunaka ***[Peters, 4 ed , pers.15 : 496]***

Peters:

Diameter optimum = $3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13}$

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

Diameter pipa optimum, Di = $3{,}9 \times 0{,}1470^{0,45} \times 62{,}1582^{0,13}$

= 2,8148 in

Dipilih pipa 12 in, sch 40 ***(Kern,Table 11)***

OD = 12,7500 in

ID = 12,0900 in = 1,0075 ft = 0,307086 m

A = $(^1/_4 \times \pi \times ID^2)$

= $0{,}25 \times 3{,}14 \times 1{,}0075^2$

= 0,7968 ft^2

$$\text{Kecepatan Aliran, } v = \frac{q_f}{A}$$

$$= \frac{0{,}1470 \text{ Cuft/detik}}{0{,}7968 \text{ ft}^2}$$

= 0,1844 ft/detik

$$NRe = \frac{D\, v\, \rho}{\mu}$$

$$= \frac{1{,}0075 \times 0{,}1844 \times 62{,}1582}{0{,}000636}$$ ***(Geankoplis 3 ed ; Page 88)***

= 18170,93316 > 2100 **(Asumsi turbulen benar)**

Dipilih pipa commercial steel, ε = 0,000046 m

ε/D = 0,00015

f = 0,004 ***(Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3)***

gc = 32,1740 ft.lbm/detik^2.lbf

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan ***Peters & Timmerhaus, 4 ea Tabel 1 halaman 484***

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90°	32
Gate valve open	7

ID pipa = 1,0075 ft

Taksiran panjang pipa lurus						=	50	ft
3 Elbow 90°	=	3	x	32	x 1,0075	=	97	ft
1 Gate Valve	=	1	x	7	x 1,0075	=	7,0525	ft
Panjang Total Pipa						=	153,7725	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena pipa lurus

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D}$$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-6)***
[Peters 4 ed ; Page 484]

$$= \frac{2 \times 0{,}004 \times 0{,}1844^2 \times 153{,}7725}{32{,}1740 \times 1{,}0075}$$

$$= \frac{0{,}0418}{32{,}4153}$$

$$= 0{,}0013 \ \text{ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-16)***

$$\frac{A2}{A1} = \frac{0{,}7968}{415{,}6515} = 0{,}001917 < 1$$ ***[Peters 4 ed ; Page 484]***

maka, $k = 0{,}4 \ (1{,}25 - 0{,}001917)$
$= 0{,}4992$

$\alpha = 1$; untuk aliran turbulen ***[Peters 4 ed ; Page 484]***

$$= \frac{0{,}4992 \times 0{,}1844^2}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

$$= 0{,}0003 \ \text{ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke cooling tower

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-15)***

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc}$$; ($A_1 <<< A_2$, maka V_1 dianggap = 0)

$$= \frac{0{,}1844^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

$$= \frac{0{,}0340}{64{,}3480}$$

$$= 0{,}0005 \ \text{ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

4. Friksi karena 3 elbow 90° ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-17)***

$$F_4 = \frac{3 \times K_f \times V2^2}{2 \times gc} = \frac{3 \times 1 \times 0{,}0340}{64}$$

$$= 0{,}0012 \ \text{ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

5. Friksi karena Gate Valve

$F_5 = \dfrac{K_f \times V2^2}{2} = \dfrac{0{,}17 \times 0{,}0340}{2}$

$= 0{,}0029 \quad ft.lb_f / lb_m$

$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$

$= 0{,}0013 + 0{,}0003 + 0{,}0005 + 0{,}0012 + 0{,}0029$

$= 0{,}0062 \quad ft.lb_f / lb_m$

P_1 = P hidrostatis + 1 atm

Tinggi bahan = 7,3805 ft

ρ bahan = 62,1582 lb/cuft

P Hidrostatis = ρ . (g/gc) . H + 1 atm

= 62,158 x 1 x 7,380 + 14,7 x 144

= 2575,557 lb/ft^2

P_2 = 1 atm = 14,7 psi = 14,7 x 144

= 2116,800 lbf / ft^2

$\Delta P = P_2 - P_1$

= 458,7574 lbf / ft^2

$\dfrac{\Delta P}{\rho} = \dfrac{458{,}757 \ lbf / ft^2}{62{,}158 \ lbm / cuft} = 7{,}38048 \ \dfrac{ft . lbf}{lbm}$

Asumsi : Z_1 = 0 ft

Z_2 = 47 ft

g/gc = 1 lbf/lbm

g, percepatan gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2

gc, konstanta gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2 x lbm/lbf

$\Delta Z \dfrac{g}{gc} = (Z_2 - Z_1) \times \dfrac{g}{gc}$

$= (47{,}2971 - 0) \times 1 \dfrac{ft/dt^2}{ft.lbm/dt^2.lbf}$

$= 47{,}2971 \ \dfrac{ft.lbf}{lbm}$

$\dfrac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} = \dfrac{0{,}1844^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}174}$

$= 0{,}0005 \quad ft.lb_f / lb_m$

Persamaan Bernoulli

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

$= 7{,}3805 + 47{,}2971 + 0{,}0005 + 0{,}0062$

$= 54{,}6843 \ \dfrac{ft.lbf}{lbm}$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan S = 0,9956

Rate volumetrik = 65,9559 gpm

$$Hp = \frac{-\text{Wf x flowrate(gpm) x sg}}{3960}$$ *(Perry 6 ea ; Pers 6-11, Page 6-5)*

$$= \frac{54{,}6843 \times 65{,}9559 \times 0{,}9956}{3960}$$

= 0,9068 Hp

Rate volumetrik = 65,9559 gpm

Effisiensi Pompa = 84% *(Peters 4 ed ; Figure 14 - 37 Page 520)*

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

$$= \frac{0{,}9068}{84\%}$$

= 1,0796 Hp

Effisiensi motor = 89% *(Peters 4 ed ; Figure 14 - 38 Page 521)*

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

$$= \frac{1{,}0796}{89\%}$$

= 1,2130 Hp

Spesifikasi Pompa Recycle Air Pendingin :

Fungsi	:	Mengalirkan bekas air pendingin ke cooling tower.
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	529,0231 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	0,1844 ft/detik
Total Dynamic Head	:	54,6843 ft.lbf/lbm
Power Motor	:	1,2130 Hp
BHp	:	1,0796 Hp
Effisiensi Motor	:	89%
Effisiensi Pompa	:	84%
Jumlah	:	1 Buah

12. Pompa Bak Penampung Air Proses (L-254)

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak air bersih ke bak air proses.
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan

Kondisi operasi :

Temperatur = 30 ^oC

Densitas Air = 995,647 Kg/m^3 *(Perry 7 ed ; T.2-28)*

= 62,1582 lb/cuft

Rate Volumetrik, Q = 7,7528 m^3/hari = 0,0032 Cuft/sec

= 0,3230 m^3/jam = 11,4078 Cuft/jam

$$\text{Sg Bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} = \frac{62{,}1582}{62{,}43} = 0{,}9956$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

$$\mu \text{ bahan} = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} = \frac{0{,}9956}{1} \times 0{,}95$$

= 0,9459 Cp

= 0,000636 lb/ft.detik

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, Nre > 2100 digunakan persamaan (15) Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13}$$ ***[Peters, 4 ed , pers.15 : 496]***

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

Diameter pipa optimum, Di $= 3{,}9 \times 0{,}0032^{0{,}45} \times 62{,}1582^{0{,}13}$

= 0,5008 in

Dipilih pipa 2 in, sch 40 ***(McCabe, 7ed, app 3 :1090)***

OD = 2,3800 in

ID = 2,0670 in = 0,1723 ft = 0,052502 m

$A = (\frac{1}{4} \times \pi \times ID^2)$

$= 0{,}25 \times 3{,}14 \times 0{,}1723^2$

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

$$\text{Kecepatan Aliran, v} = \frac{q_f}{A} = \frac{0{,}0032 \text{ Cuft/detik}}{0{,}0233 \text{ ft}^2} = 0{,}1361 \text{ ft/detik}$$

$$NRe = \frac{D\, v\, \rho}{\mu} = \frac{0{,}1723 \times 0{,}1361 \times 62{,}1582}{0{,}000636}$$ ***(Geankoplis 3 ed ; Page 88)***

= 2291,874619 > 2100 **(Asumsi turbulen benar)**

Dipilih pipa commercial steel, ε = 0,000046 m

ε/D = 0,000876

f = 0,004 ***(Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3)***

gc = 32,1740 $\text{ft.lbm/detik}^2\text{.lbf}$

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan ***Peters & Timmerhaus, 4 ea Tabel 1 halaman 484***

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90°	32
Gate valve open	7

=

ID pipa = 0,1723 ft

Jarak bak air bersih ke bak air proses = 7 m = 22,9659 ft

Tinggi bak air proses = 7,5932 m = 24,9122 ft

Panjang pipa masuk bak air proses = 2 ft

3 Elbow 90° = 3 x 32 x 0,1723 = 17 ft

1 Gate Valve = 1 x 7 x 0,1723 = 1,2058 ft

Panjang Total Pipa = 67,6198 ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena pipa lurus

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D}$$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-6)*** ***[Peters 4 ed ; Page 484]***

$$= \frac{2 \times 0{,}004 \times 0{,}1361^2 \times 67{,}6198}{32{,}1740 \times 0{,}1723}$$

$$= \frac{0{,}0100}{5{,}5420}$$

$= 0{,}0018$ $ft.lb_f / lb_m$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-16)***

$$\frac{A2}{A1} = \frac{0{,}0233}{28{,}8286} = 0{,}000807913 < 1$$ ***[Peters 4 ed ; Page 484]***

maka, $k = 0{,}4\ (1{,}25 - 0{,}000808)$

$= 0{,}4997$

$\alpha = 1$; untuk aliran turbulen ***[Peters 4 ed ; Page 484]***

$$= \frac{0{,}4997 \times 0{,}1361^2}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

$= 0{,}0001$ $ft.lb_f / lb_m$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke cooling tower

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-15)***

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc}$$; (A_1 <<< A_2, maka V_1 dianggap = 0)

$$= \frac{0{,}1361^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

$$= \frac{0{,}0185}{64{,}3480}$$

$= 0{,}0003$ $ft.lb_f / lb_m$

4. Friksi karena 3 elbow 90°   *(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-17)*

$$F_4 = \frac{3 \times K_f \times v^2}{2 \times gc} = \frac{3 \times 1 \times 0{,}0185}{64}$$

$= 0{,}0006$ ft.lb_f / lb_m

5. Friksi karena Gate Valve

$$F_5 = \frac{K_f \times v^2}{2} = \frac{0{,}17 \times 0{,}0185}{2}$$

$= 0{,}0016$ ft.lb_f / lb_m

$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$
$= 0{,}0018 + 0{,}0001 + 0{,}0003 + 0{,}0006 + 0{,}0016$
$= 0{,}0045$ ft.lb_f / lb_m

P_1 = P hidrostatis + 1 atm
Tinggi bahan = 7,7224 ft
ρ bahan = 62,1582 lb/cuft
P Hidrostatis = ρ . (g/gc) . H + 1 atm
= 62,158 x 1 x 7,722 + 14,7 x 144
= 2596,810 lb/ft²

P_2 = 1 atm = 14,7 psi = 14,7 x 144
= 2116,800 lbf / ft²

$\Delta P = P_2 - P_1$

= 480,0098 lbf / ft²

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{480{,}010 \text{ lbf / ft}^2}{62{,}158 \text{ lbm /cuft}} = 7{,}72238 \frac{\text{ft . lbf}}{\text{lbm}}$$

Asumsi : Z_1 = 0 ft
Z_2 = 12 ft
g/gc = 1 lbf/lbm

g, percepatan gravitasi bumi = 32,174 ft/dt²
gc, konstanta gravitasi bumi = 32,174 ft/dt² x lbm/lbf

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc}$$

$$= (12{,}4561 - 0) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2\text{.lbf}}$$

$$= 12{,}4561 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{0{,}1361^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}174}$$

$= 0{,}0003$ ft.lb_f / lb_m

Persamaan Bernoulli

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

$$= 7{,}7224 + 12{,}4561 + 0{,}0003 + 0{,}0045$$

$$= 20{,}1832 \ \frac{ft.lbf}{lbm}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 0,9956

Rate volumetrik = 1,4223 gpm

$$Hp = \frac{-Wf \times flowrate(gpm) \times sg}{3960}$$ ***(Perry 6 ea ; Pers 6-11, Page 6-5)***

$$= \frac{20{,}1832 \times 1{,}4223 \times 0{,}9956}{3960}$$

$$= 1{,}0072 \ Hp$$

Rate volumetrik = 1,4223 gpm

Effisiensi Pompa = 84% ***(Peters 4 ed ; Figure 14 - 37 Page 520)***

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

$$= \frac{1{,}0072}{84\%}$$

$$= 1{,}1991 \ Hp$$

Effisiensi motor = 89% ***(Peters 4 ed ; Figure 14 - 38 Page 521)***

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

$$= \frac{1{,}1991}{89\%}$$

$$= 1{,}3473 \ Hp$$

Spesifikasi Pompa Bak Penampung Air Proses :

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak air bersih ke bak air proses.	
Type	:	Centrifugal Pump	
Bahan	:	Commercial Steel	
Rate Volumetrik	:	11,4078	cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	0,1361	ft/detik
Total Dynamic Head	:	20,1832	ft.lbf/lbm
Power Motor	:	1,3473	Hp
BHp	:	1,1991	Hp
Effisiensi Motor	:	89%	
Effisiensi Pompa	:	84%	
Jumlah	:	1	Buah

13. Pompa Air Proses (L-256)

Fungsi	:	Mengalirkan air proses dari bak air proses ke proses pabrik.
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan

Kondisi operasi :

Temperatur = 30 ^oC

Densitas Air = 995,647 Kg/m^3 ***(Perry 7 ed ; T.2-28)***

= 62,1582 lb/cuft

Rate Volumetrik, Q = 7,7528 m^3/hari

= 0,3230 m^3/jam = 11,4078 Cuft/jam

= 0,0032 Cuft/sec

$$\text{Sg Bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} = \frac{62{,}1582}{62{,}43} = 0{,}9956$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

$$\mu \text{ bahan} = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} = \frac{0{,}9956}{1} \times 0{,}95$$

= 0,9459 Cp

= 0,000636 lb/ft.detik

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, Nre > 2100 digunakan persamaan (15)

Peters:

Diameter optimum = $3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13}$ ***[Peters, 4 ed , pers.15 : 496]***

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

Diameter pipa optimum, Di = $3{,}9 \times 0{,}0032^{0,45} \times 62{,}1582^{0,13}$

= 0,5008 in

Dipilih pipa 2 in, sch 80 ***(Kern,Table 11)***

OD = 2,3800 in

ID = 1,9390 in = 0,1616 ft = 0,0492506 m

A = $(^1/_4 \times \pi \times ID^2)$

= $0{,}25 \times 3{,}14 \times 0{,}1616^2$

= 0,0205 ft^2

$$\text{Kecepatan Aliran, v} = \frac{q_f}{A} = \frac{0{,}0032 \text{ Cuft/detik}}{0{,}0205 \text{ ft}^2}$$

= 0,1546 ft/detik

$$NRe = \frac{D\ v\ \rho}{\mu}$$

$$= \frac{0{,}1616 \times 0{,}1546 \times 62{,}1582}{0{,}000636}$$ ***(Geankoplis 3 ed ; Page 88)***

$= 2443{,}169075 > 2100$ **(Asumsi turbulen benar)**

Dipilih pipa commercial steel, ε = 0,000046 m

ε/D = 0,000934

f = 0,004 ***(Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3)***

gc = 32,1740 $ft.lbm/detik^2.lbf$

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan ***Peters & Timmerhaus, 4 ea Tabel 1 halaman 484***

Sambungan / Fitting	**Le/D**
Elbow standard 90^o	32
Gate valve open	7

ID pipa = 0,1616 ft

Taksiran panjang pipa lurus							=	50	ft
3 Elbow 90^o	=	3	x	32	x	0,1616	=	16	ft
1 Gate Valve	=	1	x	7	x	0,1616	=	1,1311	ft
Panjang Total Pipa							=	66,6431	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena pipa lurus

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D}$$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-6)*** ***[Peters 4 ed ; Page 484]***

$$= \frac{2 \times 0{,}004 \times 0{,}1546^2 \times 66{,}6431}{32{,}1740 \times 0{,}1616}$$

$$= \frac{0{,}0127}{5{,}1988}$$

$= 0{,}0025$ $ft.lb_f / lb_m$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-16)***

$$\frac{A2}{A1} = \frac{0{,}0205}{28{,}8286} = 0{,}00071095 < 1$$ ***[Peters 4 ed ; Page 484]***

maka, $k = 0{,}4\ (\ 1{,}25 - 0{,}000711\ )$

$= 0{,}4997$

$\alpha = 1$; untuk aliran turbulen ***[Peters 4 ed ; Page 484]***

$$= \frac{0{,}4997 \times 0{,}1546^2}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$$

$= 0{,}0002$ $ft.lb_f / lb_m$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke cooling tower

$F_3 = \dfrac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc}$ ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-15)***

$= \dfrac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc}$; (A_1 <<< A_2, maka V_1 dianggap = 0)

$= \dfrac{0{,}1546^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}1740}$

$= \dfrac{0{,}0239}{64{,}3480}$

= 0,0004 $ft.lb_f / lb_m$

4. Friksi karena 3 elbow 90° ***(Geankoplis 3 ed , Pers. 2.10-17)***

$F_4 = \dfrac{3 \times K_f \times v^2}{2 \times gc} = \dfrac{3 \times 1 \times 0{,}0239}{64{,}348}$

= 0,0008 $ft.lb_f / lb_m$

5. Friksi karena Gate Valve

$F_5 = \dfrac{K_f \times v^2}{2} = \dfrac{0{,}17 \times 0{,}0239}{2}$

= 0,0020 $ft.lb_f / lb_m$

$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$

= 0,0025 + 0,0002 + 0,0004 + 0,0008 + 0,0020

= 0,0059 $ft.lb_f / lb_m$

P_1 = P hidrostatis + 1 atm

Tinggi bahan = 9,9649 ft

ρ bahan = 62,1582 lb/cuft

P Hidrostatis = ρ . (g/gc) . H + 1 atm

= 62,158 x 1 x 9,965 + 14,7 x 144

= 2736,199 lb/ft^2

P_2 = 1 atm = 14,7 psi = 14,7 x 144

= 2116,800 lbf / ft^2

$\Delta P = P_2 - P_1$

= 619,3991 lbf / ft^2

$\dfrac{\Delta P}{\rho} = \dfrac{619{,}399 \ lbf/ft^2}{62{,}158 \ lbm/cuft} = 9{,}96487 \ \dfrac{ft \cdot lbf}{lbm}$

Asumsi : Z_1 = 0 ft

Z_2 = 36 ft

g/gc = 1 lbf/lbm

g, percepatan gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2

gc, konstanta gravitasi bumi = 32,174 ft/dt^2 x lbm/lbf

$\Delta Z \dfrac{g}{gc} = (Z_2 - Z_1) \times \dfrac{g}{gc}$

$= (36{,}0000 - 0) \times 1 \ \dfrac{ft/dt^2}{ft.lbm/dt^2.lbf}$

$$= 36{,}0000 \ \frac{ft.lbf}{lbm}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{0{,}1546^2 - 0}{2 \times 1 \times 32{,}174}$$

$$= 0{,}0004 \ ft.lb_f / lb_m$$

Persamaan Bernoulli

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

$$= 9{,}9649 + 36{,}0000 + 0{,}0004 + 0{,}0059$$

$$= 45{,}9711 \ \frac{ft.lbf}{lbm}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 0,9956

Rate volumetrik = 1,4223 gpm

$$Hp = \frac{- Wf \times flowrate(gpm) \times sg}{3960}$$ ***(Perry 6^{ea} ; Pers 6-11, Page 6-5)***

$$= \frac{45{,}9711 \times 1{,}4223 \times 0{,}9956}{3960}$$

$$= 1{,}0164 \ Hp$$

Rate volumetrik = 1,4223 gpm

Effisiensi Pompa = 84% ***(Peters 4^{ed} ; Figure 14 - 37 Page 520)***

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

$$= \frac{1{,}0164}{84\%}$$

$$= 1{,}2100 \ Hp$$

Effisiensi motor = 89% ***(Peters 4^{ed} ; Figure 14 - 38 Page 521)***

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

$$= \frac{1{,}2100}{89\%}$$

$$= 1{,}3596 \ Hp$$

Spesifikasi Pompa Air Proses :

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak air proses ke proses pabrik.	
Type	:	Centrifugal Pump	
Bahan	:	Commercial Steel	
Rate Volumetrik	:	11,4078	cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	0,1546	ft/detik
Total Dynamic Head	:	45,9711	ft.lbf/lbm
Power Motor	:	1,3596	Hp
BHp	:	1,2100	Hp
Effisiensi Motor	:	89%	
Effisiensi Pompa	:	84%	
Jumlah	:	1	Buah

VII.4. Unit Pembangkit Tenaga Listrik

- Untuk keperluan proses.
- Untuk keperluan penerangan.

Perincian kebutuhan listrik dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel VII.4.1 Kebutuhan Listrik untuk Peralatan Proses

No	Nama Alat Peralatan Proses	Kode Alat	power (Hp)
1	pompa	L-111	0,5000
2	expander	N-121	0,0044
3	Pompa-1	L-121	0,6446
4	Pompa-2	L-132	1,0000
5	Pompa-3	L-211	11,0000
6	Pompa-4	L-326	0,5000
Total			13,6490

Tabel VII.4.2. Kebutuhan Listrik untuk Peralatan Utilitas

No	Nama Alat Peralatan Utilitas	power (hp)
1	Boiler	86,0000
2	Cooling Tower	1,0000
3	Tangki Koagulasi	2,0000
4	Tangki Flokulasi	1,0000
5	Pompa Air Sungai	0,6918
6	Pompa Koagulasi	1,1034
7	Pompa Clarifier	0,5608
8	Pompa Sand Filter	0,7417
9	Pompa Air Sanitasi	0,8156
10	Pompa Kation Exchanger	1,4024
11	Pompa Anion Exchanger	1,6521
12	Pompa air Umpan Boiler	1,7490
13	Pompa Bak Penampung air Pendingin	1,3971
14	Pompa Cooling Tower	0,2462
15	Pompa Recycle Air Pendingin	1,2130
16	Pompa Bak Air Proses	1,3473
17	Pompa Air Proses	1,3596
Total		104,2799

1 hp = 745,6 watt = 0,7456 kW

Jadi kebutuhan listrik untuk proses & utilitas = 117,9290 x 0,7456

= **87,9278411** kWh

Kebutuhan listrik untuk penerangan pabrik dihitung berdasarkan kuat penerangan untuk tiap-tiap

Dengan menggunakan perbandingan beban listrik lumen / m2, dimana =

Dimana 1 foot candle = 10076 lumen / m2 = 0,0015 watt

Tabel VII.4.2 Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan.

No	Lokasi	Luas (m^2)	Foot candle	Lumen / m^2
1	Jalan	1800	180	1813680
2	Pos Keamanan	200	20	201520
3	Parkir	600	60	604560
4	Taman	400	40	403040
5	Timbangan Truk	100	10	100760
6	Pemadam Kebakaran	200	20	201520
7	Bengkel	500	50	503800
8	Kantor	900	90	906840
9	Perpustakaan	500	50	503800
10	Kantin	150	15	151140
11	Poliklinik	100	10	100760
12	Masjid	600	60	604560
13	Ruang Proses	8100	810	8161560
14	Ruang Kontrol	100	10	100760
15	Laboratorium	750	75	755700
16	Unit Pengolahan Air bersih	750	75	755700
17	UnitPembangkit Listrik	900	90	906840
18	Unit Boiler	400	40	403040
19	Storage Produk	810	81	816156
20	Storage Bahan Baku	625	62,5	629750
21	Gudang	625	62,5	629750
22	Utilitas	400	40	403040
23	Daerah Perluasan	4550	455	4584580
Total		24060	2406	24242856

Untuk penerangan daerah proses, daerah perluasan, daerah utilitas, daerah bahan bahan baku, daerah produk, tempat parkir, bengkel, gudang, jalan dan taman yang digunakan merkury sebesar 250 watt. Untuk lampu merkury 250 watt mempunyai Lumen Output = 166675 lumen (Perry 7ed, Conversion Table)

Jumlah lampu merkury yang dibutuhkan :

No	Lokasi	Lumen / m^2
1	Ruang Proses	8161560
2	Daerah Perluasan	4584580
3	Utilitas	403040
4	Storage Bahan Baku	629750
5	Storage Produk	816156
6	Parkir	604560
7	Bengkel	503800
8	Gudang	629750
9	Jalan Aspal	1813680
10	Taman	403040
Total		18549916

Jumlah lampu mercury yang dibutuhkar = 18549916
lumen output = 166675
= 111,3 = 111 buah

Untuk penerangan lain digunakan lampı = 40 watt
Untuk lampu TL 40 watt, lumen output = 26666,66667
Jumlah lampu TL yang dibutuhkan = 5692940 / 26666,66667
= 213,48525 = 214 buah

Kebutuhan listrik untuk penerangan :
= [111 x 250] + [214 x 40]
= 27750 + 8560
= 36310 watt
= 36,31 kWh

Kebutuhan listrik untuk AC kan = 20 kWh
Jadi total kebutuhan listrik, yaitu untuk kebutuhan proses dan penerangan adalah :
= 87,93 + 36 + 20
= 144,24 kWh

Untuk menjamin kelancaran dalam penyediaan, ditambah 10 % dari total kebutuhan

Sehingga kebutuhan lisı = 1,1 x 144,24
= 158,66 kWh

VII.4.1. Generator Set

Direncanakan digunaka : Generator Portable Set (penempatannya mudah)
Effisiensi generator set : 0,8 :

Kapasitas generator set total = 158,66 / 0,8
= 198,3270315 kW

1 kW = 56,87 Btu/menit

Tenaga generator = 198,327 x 56,87

= 11278,858 Btu/menit

Heating Value minyak bakar = 19065 Btu/lb [Tabel 6.3 , Ulrich : 332]

Kebutuhan bahan bakar untuk generator per = $\frac{11278,858 \text{ Btu/menit}}{19065 \text{ Btu/lb}}$

= 0,592 lb/menit

= 16,470 kg/jam

Jadi dalam perencanaan ini, harus disediakan generator pembangkit tenaga listrik yang dapat menghasilkan daya listrik yang sesuai dengan kebutuhan

Bahan bakar solar sebesar = 16,470 kg/jam

Berat jenis bahan bakar = 0,86 kg/liter

Maka kebutuhan bahan bakar = $\frac{16,470}{0,86}$ = 19,15 liter/jam

Spesifikasi :

Fungsi	:	Pembangkit tenaga listrik
Kapasitas	:	198,327 kVA
Power factor	:	0,8
Frekuensi	:	50 Hz
Bahan bakar	:	Minyak diesel
Jumlah bahan bakar	:	19,15 liter/jan = 42 lb/jam
Jumlah	:	2 buah (1 cadangan)

VII.5 Tangki Penyimpan Bahan Bakar

VII.5.1 Tangki Penyimpanan Bahan Bakar Diesel Oil (No. 2)

Fungsi : Menyimpan bahan bakar solar untuk kebutuhan generator dan boiler

Bentuk : Tangki Silinder Vertikal dengan plat datar (flat bottom) dan atap torispherical di

Kebutuhan bahan bakar untuk generator per jam = 42,23 lb/jam

Kebutuhan bahan bakar untuk boiler per jam = 103,59 lb/jam

Total Minyak Diesel = 145,81 lb/jam

Densitas minyak diesel = 54,31 lb/cuft

Kapasitas = $\frac{145,81 \text{ lb/jam}}{54,31 \text{ lb/cuft}}$

= 2,684850726 cuft/jam

= 76,03 L/jam

= 1824,63 L/Hari

Direncanakan penyimpanan bahan bakar selama 1 bulan dengan 2 tangki:

Volume bahan = $\frac{2,684850726 \text{ cuft/jam} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \times 30 \text{ hari}}{2}$

= 966,5463 cuft

$$\text{Volume tangki} = \frac{\text{Volume Bahan}}{80\%}$$

$$= \frac{966{,}5463}{80\%} = 1208{,}183 \text{ cuft}$$

Menentukan Dimensi Tangki Bahan Bakar

Asumsi : H = 1,5 D

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

$$1208{,}2 = 0{,}785 \times D^2 \times 1.5\ D$$

$$1208{,}2 = 1{,}1775\ D^3$$

D = 10,08611 ft = 3,1 m

H = 15,12917 ft = 4,6 m

Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Bakar Fuel Oil :

Nama alat	:	Menyimpan bahan bakar fuel oil untuk kebutuhan burner.
Tipe	:	Standart vessel berdasarkan API standart 12-D(100,101)
Kapasitas	:	1208,183 cuft
Diameter	:	3,1 m
Tinggi	:	4,6 m