



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
- 2 Unit Pembangkit *Steam*
- 3 Unit Pembangkit Tenaga Listrik
- 4 Unit Bahan Bakar
- 5 Unit Pengolahan Limbah

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 9 atm pada suhu 175°C (Ulrich, Appendix B ; Page 426)
 Jumlah *steam* yang dibutuhkan untuk memproduksi Epiklorohidrin adalah :

No.	Nama Alat	Kode Alat	Steam	
			(kg/jam)	(lb/jam)
1	Heater	E-131	1.442,8599	3180,9579
2	Heater	E-211	333,9262	736,1804
3	heater	P-510	1.945,7660	4289,6746
Total				8206,8129

Total kebutuhan *steam* = 8206,8129298 lb/jam

Untuk faktor keamanan digunakan 20%

$$\begin{aligned} \text{Total steam} &= 1,2 \times 8.206,8129 \\ &= 9848,1755 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Untuk menghitung kebutuhan bahan bakar :

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

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 $e_b = 90\%$

F = nilai kalor bahan bakar; Btu/lb (Severn : 142)

$h_v = 1192,3$ Btu/lb (suhu steam = 175 °C)



$$h_f = 970,3 \text{ Btu/lb} \quad (\text{suhu air} = 100 \text{ }^\circ\text{C})$$

(J.M Smith 5^{ed}, steam table thermodynamics)

F = Nilai kalor bahan bakar

Digunakan Petroleum Fuels Oil 33°API (0.22% Sulfur)

$$\begin{aligned} \text{Relatif Density, } \rho &= 0,840 \text{ gr/cc} && (\text{Perry 7}^{\text{ed}}, \text{ Table 27-6}) \\ &= 52,4395 \text{ lb/cuft} \\ &= 7,0102 \text{ lb/gal} \end{aligned}$$

Dari Perry 7^{ed}, Figure 27-3 di dapat :

$$\text{Heating Value} = 138.273 \text{ Btu/gal}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, heating value bahan bakar} &= \frac{138273,0000}{7,0102} \text{ Btu/gal} \\ &= 19.724,6481 \text{ Btu/lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_f &= \frac{m_s(h_v-h_f)}{e_b \times F} \times 100 && (\text{Severn, W.H Page 142}) \\ &= \frac{9.848,18}{90} \times \frac{(1192,300 - 970,3)}{19.724,648} \times 100 \\ &= 123,156 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Kapasitas Boiler

$$\begin{aligned} Q &= \frac{m_s(h_v-h_f)}{1000} && (\text{Severn, W. H Page 171}) \\ Q &= \frac{9.848,18}{1000} \times (1192,300 - 970,3) \\ &= 2.186,29 \text{ KBtu/jam} \end{aligned}$$

Penentuan Boiler Horse Power

Untuk penentuan Boiler Horse Power, digunakan persamaan :

$$Hp = \frac{m_s(h_v-h_f)}{(970,3 \times 34,5)} \quad (\text{Severn, Pers 172 ; Page 140})$$

Dimana :

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

$$\begin{aligned} Hp &= \frac{m_s(h_v-h_f)}{(970,3 \times 34,5)} \\ &= \frac{9.848,176}{970,3 \times 34,5} \times (1192,300 - 970,3) \\ &= 65,311 \text{ Hp} \end{aligned}$$



$$= 35 \text{ Hp}$$

Penentuan Heating Surface Boiler

Untuk 1 Hp boiler dibutuhkan 10 ft² heating surface

(Severn, W.H ; Page 140)

$$\begin{aligned} \text{Total Heating Surface} &= 10 \times 65,311 \\ &= 653,106 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Kebutuhan air untuk pembuatan steam

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

$$\begin{aligned} \text{Produksi steam} &= 9848,1755 \text{ lb/jam} \\ \text{Kebutuhan air} &= 1,2 \times 9.848,176 \\ &= 11817,8106 \text{ lb/jam} \\ &= 283627,4549 \text{ lb/hari} \end{aligned}$$

$$\rho \text{ air} = 62,4 \text{ lb/cuft}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \frac{283627,4549}{62,4} \\ &= 4.543,128 \text{ cuft/hari} \\ &= 128,647 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 5,360 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Air kondensat dari hasil pemanasan di recycle kembali ke boiler.

Maka air yang ditambahkan kehilangan air kondensat sebesar 20%. sebagai make up water adalah :

$$\begin{aligned} &= 20\% \times 5,360 \\ &= 1,072 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 25,729 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Air yang menguap 5% dari kebutuhan air di boiler :

$$\begin{aligned} \text{Air yang menguap} &= 0,05 \times 128,647 \\ &= 6,432 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Blowdown pada boiler adalah 15% dari kebutuhan air boiler :

$$\begin{aligned} \text{Blowdown} &= 0,15 \times 128,647 \\ &= 19,297 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Kebutuhan total air untul = Kebutuhan air di boiler + Make up water

$$\begin{aligned} &= 128,647 + 25,729 \\ &= 154,376 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Spesifikasi :

Nama Alat : Boiler



Tekanan Steam	:	9 atm
Suhu	:	175 °C
Type	:	Fire tube boiler (tekanan steam < 10 atm)
Heating Surface	:	653,106 ft ²
Kapasitas Boiler	:	2.186,295 KBtu/jam
Rate Steam	:	9.848,176 lb/jam
Effisiensi Boiler	:	90 %
Power	:	35 Hp
Bahan Bakar	:	Diesel Oil 12.6° API
Rate Bahan Bakar	:	123,156 lb/jam
Kebutuhan air	:	128,647 m ³ /hari
Make up water (20%)	:	25,729 m ³ /hari
Jumlah	:	1 Buah

VI Air di dalam pabrik memegang peranan penting dan harus

memenuhi persyaratan tertentu yang disesuaikan dengan masing-masing keperluan di dalam penyediaan air untuk pabrik ini direncanakan menggunakan air sungai.

Air sungai sebelum masuk ke dalam bak penampung, dilakukan

penyaringan terlebih dahulu dengan maksud untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang bersifat makro dengan jalan memasang sekat-sekat kayu. Agar kotoran tersebut terhalang dan tidak ikut masuk ke dalam tangki penampung (reservoir). Dari tangki penampung kemudian dilakukan pengolahan (unit water treatment). Untuk pemakaian air maka diadakan sirkulasi.

Ai 1. Air sanitasi.

2. Air umpan boiler.
3. Air pendingin.

VI 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.

Standart 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 \pm 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	5 - 8.5
10	Besi	mg/l	1
11	Fluorida	mg/l	2
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 :

	Karyawan, asumsi kebutuhan air untuk karyawan	(30 liter/hari per orang)
1	30 liter/hari x 160 orang	= 4,8 m ³ /hari
	Keperluan Laboratorium	= 20 m ³ /hari
2	Untuk menyiram kebun dan kebersihan pabrik	= 10 m ³ /hari
3	Cadangan diperkirakan 20% dari kebutuhan air	= 7 m ³ /hari
4	Total kebutuhan air sanitasi	= 41,760 m ³ /hari

VI Alat ini dipergunakan untuk menghasilkan *steam* di dalam *boiler*.



Air umpan boiler harus memenuhi yang sangat ketat, karena kelangsungan operasi boiler sangat bergantung pada kondisi air umpan.

Be Bebas dari zat penyebab korosi, seperti asam, gas-gas terlarut.

- 1 Bebas dari zat penyebab kerak yang disebabkan oleh kesadahan yang tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.
- 2 Bebas dari zat penyebab timbulnya buih (busa) seperti zat-zat organik, anorganik dan minyak.
- 3

Kandungan logam dan ir = $154,3762 \text{ m}^3/\text{hari}$

Kebutuhan air untuk boiler

VI 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 didinginkan 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	Tangki berpendingin	F-710	24838,95260	54805,1618
2	Cooler	P-720	24822,63032	54769,1480
3	Cooler		24566,60223	54204,2425
4	Cooler		1273,492092	2809,8584
5	Cooler		107393,9712	236956,2060
6	Cooler	P-510	12194,70083	26906,6318
Total				430451,2485

Kebutuhan air pendingin tot = 430451,2485 lb/jam



Untuk faktor keamanan 20% dari kebutuhan air pendingin

$$\text{Kebutuhan air pendingin} = 516541,4982 \text{ lb/jam}$$

Cooling Tower

Fungsi : Mendinginkan air pendingin yang sudah terpakai.

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

$$\text{Kebutuhan Cooling Water} = 516541,4982 \text{ lb/jam}$$

$$= 5623178,1902 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Densitas Air} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume Air} = \frac{5623178,1902}{1000} \text{ kg/hari}$$

$$= 5623,1782 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 5623,1782 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Direncanakan design penampung air cooling tower berbentuk rectangular dengan dimensi = $P \times L \times 0.25T$

$$\text{Volume} = P \times L \times 0.25T$$

$$5.623,1782 = 0.25 s^3$$

$$22.492,7128 = s^3$$

$$s = 20,212 \text{ m}$$

$$\text{H water} = 0.25 s$$

$$= 5,053 \text{ m}$$

$$= 16,170 \text{ ft}$$

Dianggap kehilangan air pada waktu sirkulasi 10% dari total air.

Sehingga sirkulasi air pendingin adalah 90%.

$$\text{Air yang disirkulasi} = 90\% \times 5.623,18$$

$$= 5060,8604 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Air yang harus ditambahkan sebagai make up water :

$$= 10\% \times 5623,1782$$

$$= 562,3178 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Jadi, total kebutuhan air (disirkulasi) sebesar :

$$= \frac{5623,1782}{24} \times \frac{264,17}{60}$$

$$= 1031,5798 \text{ gpm}$$

Perancangan Alat Cooling Tower

Fungsi : Mendinginkan air yang digunakan sebagai air pendingin.



Jenis : Cross Flow Induced Draft Cooling Tower

Rate Volumetrik : 1031,5798 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 = $T_2 - T_{wb}$
= 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/ft²

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

$$\begin{aligned}\text{Luas area pendinginan} &= \frac{1.031,580 \text{ gpm}}{2 \text{ gpm/ft}^2} \\ &= 515,790 \text{ ft}^2\end{aligned}$$

Menghitung Make Up Water

Aliran air sirkulasi masuk = 5623,1782 m³/hari

= 234,2991 m³/jam

Evaporation Loss (W_e) = 0,0009 x $W_c (T_1 - T_2)$

= 0,0009 x 234,299 x 27

= 5,3772 m³/jam

Water Drift Loss (W_d)

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

= 0,0020 x W_c

= 0,0020 x 234,299

= 0,4686 m³/jam

Water Blow Down (W_b)

Air yang dibuang untuk menurunkan konsentrasi padatan dalam air sirkulasi :

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

Dipilih S = 5

$$\begin{aligned}W_b &= \frac{W_e}{(S-1)} && \text{(Perry 7}^{\text{ed}}, \text{ Page 12-17)} \\ &= \frac{5,377}{5 - 1} = 1,3443 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$



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

$$\begin{aligned}W_m &= W_e + W_d + W_b \\ &= 5,377 + 0,469 + 1,344 \\ &= 7,190 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Dengan dasar perhitungan dari **Perry 3^{ed} 1984 ; Page 3 - 795** ,
diperoleh :

- Tinggi cooling tower = 35 ft
- Jumlah deck = 12 Buah
- Lebar cooling tower = 12 ft
- Kecepatan angin = 3 mil/jam

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

Dengan :

- L = panjang cooling tower, ft
- W = wind correction factor
- C = konsentrasi air / ft² cooling tower
- CW = wet bulb correction factor

Diperoleh :

- W = 1 **Figure 56, Page 3-794 (Perry 3^{ed}, 1984)**
- CW = 0,98 **Figure 56, Page 3-794 (Perry 3^{ed}, 1984)**
- C = 2 **Figure 56, Page 3-794 (Perry 6^{ed}, 1984)**
- CH = 1,25 **Figure 56, Page 3-794 (Perry 6^{ed}, 1984)**

Maka dapat diperoleh :

$$\begin{aligned}L &= \frac{1.031,580 \times 1}{2 \times 12 \times 1 \times 1,25} \\ &= 34,386 \text{ ft} \\ &= 34 \text{ ft}\end{aligned}$$

Menghitung dimensi cooling tower

$$\text{Kapasitas, } \zeta = 1.031,580 \text{ gpm} = 2 \text{ gpm/ft}^2$$

Konsentrasi air, Cooling Water T = 30°C

(Perry, 1997 ; Figure 12-14)

$$\text{Luas menara, } A = \frac{1.031,580 \text{ gpm}}{2 \text{ gpm/ft}^2}$$



$$= 515,790 \text{ ft}^2$$

Tinggi menara :

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

Untuk range pendingin 25 - 35°F dengan temperature approach 7.2oF di peroleh tinggi menara 35-40 ft.

Karena temperature range = 27 °F

Maka diperoleh tinggi menara :

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

$$y = 36 \text{ ft}$$

Diameter Menara :

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

$$515,790 = 0,785 \times D^2$$

$$D^2 = 657,0572$$

$$D = 25,633 \text{ ft} = 7,818 \text{ m}$$

Daya motor penggerak Fan Cooling Tower :

Dengan performance dari cooling tower 90%, diperoleh :

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

$$\begin{aligned} \text{Tenaga yang dibutuhkan} &= \text{Luas cooling tower} \times 0,031 \\ &= 515,790 \times 0,031 \\ &= 15,989 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi Fan} = 0,8$$

$$\begin{aligned} \text{Fan Power} &= \frac{15,9895}{0,8} \\ &= 19,9869 \text{ Hp} \\ &= 20 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi :

Fungsi : Mendinginkan air yang akan digunakan sebagai air pendingin.

Type : Cross Flow Induced Draft Cooling Tower

Power : 20 Hp

Kapasitas : 234,2991 m³/jam

Dimensi

Tinggi : 36 ft

Panjang : 34 ft

Diameter : 25,6331 ft

Lebar : 12 ft

Luas : 515,7899 ft²

Jumlah deck : 12 Buah



Bahan Konstruksi : Baja stainless SA 240 Grade M tipe 316
 Jumlah : 1 Buah

Air untuk keperluan industri harus terbebas dari kontaminan yang
VII.3 Unit Pengolahan Air (Water Treatment)

merupakan faktor penyebab terbentuknya endapan, korosi pada logam, dan lainnya. Untuk mengatasi masalah ini maka dari sumber air tetap memerlukan pengolahan sebelum digunakan.

Air sungai di pompa ke bak penampung yang terlebih dahulu dilakukan
Proses Pengolahan Air Sungai :

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 bak air jernih yang selanjutnya dilewatkan sand filter untuk menyaring kotoran yang masih terikat oleh air. Air bersih yang keluar ditampung dalam bak penampung air bersih untuk

didistribusikan sesuai	=	41,7600	m ³ /hari	=	1,7400	m ³ /jm
Dari perincian diatas,	=	154,3762	m ³ /hari	=	6,4323	m ³ /jm
Air Sanitasi	=	5623,1782	m ³ /hari	=	234,2991	m ³ /jm
Air Umpan Boiler	=	5818,6664	m ³ /hari	=	242,4444	m ³ /jm
<u>Air Pendingin</u>						
			Total	=	5818,666	m³/hari

Total air yang harus di supply dari water treatment

$$\begin{aligned} Ke &= 1,2 \times \text{Kebutuhan normal} \\ m_a &= 1,2 \times 5.818,6664 \\ &= 6982,3997 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 290,9333 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Bak Penampung Air Sungai (F-110)

VI Fungsi : Menampung air sungai sebelum di proses menjadi air bersih.

1 Type : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetri} &= 6.982,400 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 290,9333 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Ditentuk : Waktu tinggal = 2 jam

**Volume air dalam bak penampung :**

$$\begin{aligned}\text{Volume air dalam bak penampung} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 290,9333 \times 2 \\ &= 581,8666 \text{ m}^3 \\ \text{Volume bak penampung} &= 1,2 \times 581,8666 \text{ m}^3 \\ &= 698,2400 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Asumsi :

$$\text{Lebar (L)} = 3 \text{ H}$$

$$\text{Panjang (P)} = 3 \text{ H}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume bak penampung air} &= P \times L \times H \\ 698,2400 &= 3 \text{ H} \times 3 \text{ H} \times \text{H} \\ 77,5822 &= \text{H}^3 \\ \text{H} &= 4,2650 \text{ m} \\ \text{L} &= 12,7950 \text{ m} \\ \text{P} &= 12,7950 \text{ m}\end{aligned}$$

Tinggi cairan dalam bak

$$\begin{aligned}\text{Volume bak penampung air} &= P \times L \times H \\ 290,9333 &= 12,7950 \times 12,7950 \times \text{H} \\ 1,7771 &= \text{H}\end{aligned}$$

Check volume

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= 12,7950 \times 4,265 \times 12,795 \\ &= 698,2400 \text{ m}^3 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

Volume Bak > Volume liquida

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

$$\begin{aligned}Q_2 &= 10\% \times Q \text{ yang masuk} \\ &= 10\% \times 290,9333 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$Q_2 = 29,093332 \text{ m}^3/\text{jam}$$

 Q_1 = Debit air yang akan masuk ke tangki koagulasi

$$\begin{aligned}Q_1 &= Q \text{ yang masuk} - Q_2 \\ &= 290,9333 - 29,093 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 261,8399877 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 6284,1597 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Spesifikasi Bak Penampung Air Sungai

Fungsi : Menampung air sungai sebelum di proses menjadi air bersih.

Kapasitas : 698,2400 m³



Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuka

Dimensi Bak Penampung

Panjang (P) : 12,7950 m

Lebar (L) : 12,7950 m

Tinggi (H) : 4,2650 m

Bahan Konstruksi : Beton

Jumlah : 1 Buah

Tangki Koagulasi (F-210)

Fungsi : Tempat terjadinya penggumpalan partikel dan kontaminan air sungai menjadi koagulan dengan penambahan $Al_2(SO_4)_3$

Type : Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk.

Rate volume = 290,9333 m^3 /jam

= 290.933,320 L/jam

Ditentukan :

Waktu tinggal = 5 menit = 0,0833 jam

Dosis $Al_2(SO_4)_3$ = 20 mg/L (AWWA : T.5.2 : 94)

Kelarutan $Al_2(SO_4)_3$ = 250 - 30(g/L), Dipilih = 250 g/L

ρ $Al_2(SO_4)_3$ = 1,129 kg/L

Kebutuhan $Al_2(SO_4)_3$ = 20 mg x 290933,3196 L/jam

= 5818666,3923 mg/jam

= 5818,6664 gram/jam

= 5,8187 kg/jam

Volume $Al_2(SO_4)_3$ = $\frac{5,8187}{1,1293}$ kg/jam

= 5,1525 L/jam

= 0,0052 m^3 /jam

Kebutuhan air untuk melarutkan $Al_2(SO_4)_3$ = $\frac{5818,6664}{250}$ gram/jam

= 23,2747 L/jam

= 0,0233 m^3 /jam

Rate volumetrik ke tangki flokulasi (Q2) = Q_1 + Larutan Koagulan

= 290,9333 + 0,0233

= 290,9566 m^3 /jam

Volume air dalam bak penampung :

Volume liquida dalam tangki = Rate volumetrik x waktu tinggal

= 290,9566 m^3 x 0,083 jam

= 24,2464 m^3



$$\begin{aligned}\text{Volume tangki koagulasi} &= 1 \times 24,246 \text{ m}^3 \\ &= 29,0957 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Menentukan Dimensi Tangki Koagulasi

$$\text{Asumsi : } H = 3 D$$

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ 29,0957 &= 0,7850 \times D^2 \times 3 D \\ 29,0957 &= 2,3550 D^3 \\ D &= 2,3118 \text{ m} \\ H &= 6,9353 \text{ m}\end{aligned}$$

Menentukan Tinggi Liquida (H_f) di dalam Tangki :

$$\begin{aligned}\text{Tinggi Liquida} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H_f \\ 24,2464 &= 0,7850 \times 5,3443 \times H_f \\ 24,2464 &= 4,1953 \times H_f \\ H_f &= 5,7794 \text{ m}\end{aligned}$$

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 diameter impeller dengan diameter tangki (Da/DT) = 0.3 (Geankoplis, 144)

$$\begin{aligned}\text{Diameter Impeller (Da)} &= 0,3 \times \text{ter tangki} \\ &= 0,3 \times 2,3118 \\ &= 0,6935 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan Pengadukan (} = 100 \text{ rpm} = 1,6667 \text{ rps}$$

$$\rho \text{ air} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu \text{ air} = 0,8 \text{ Cp} = 0,0008 \text{ kg/m.s}$$

$$\begin{aligned}N_{Re} &= \frac{\rho \times Da^2 \times N}{\mu} \\ &= \frac{1000 \times 0,481 \times 1,667}{0,0008} \\ &= 1002057,8643\end{aligned}$$

Dari Geankoplis, Figure 3.4-4 Page 145

$$\text{Diketahui nilai } N_p = 1.002.057,864$$

$$\text{adalah } N_p = 6$$

Daya yang diperlukan untuk motor pengaduk :



$$\begin{aligned} P &= N_p \times \rho \times N^3 \times D_a^5 \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{rd}}, \text{ pers. 3.4-2 ; page145}) \\ &= 6 \times 1000 \times 4,6296 \times 0,1604 \\ &= 4.456,897 \text{ Watt} \\ &= 5,972 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Jika efisiensi motor 80%, maka :

$$\begin{aligned} P &= \frac{5,9722}{80\%} \\ &= 7,4653 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dipilih motor = 3,3 Hp

Spesifikasi Tangki Koagulasi :

Fungsi : Tempat terjadinya penggumpalan partikel dan kontaminan air sungai menjadi koagulan dengan penambahan $Al_2(SO_4)_3$

Type : Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk

Waktu tinggal : 5 menit

Kapasitas : 29,096 m³

Dimensi Tangki

Diameter : 2,312 m = 7,584 ft

Tinggi : 6,935 m = 22,753 ft

Tinggi Liquida : 5,779 m

Sistem Pengaduk

Jenis : Flat Blade Turbin

Jumlah blade : 6 Buah

Kecepatan Putaran : 100 rpm

Diameter Impeller : 0,6935 m

Power Motor : 3,3 Hp

Effisiensi Motor : 80%

Bahan : Carbon Steel

Jumlah : 1 Buah

3 Tangki Flokulasi (F-220)

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

Type : Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk

Rate Volumetrik (Q_2) = 290,9566 m³/jam
= 290.956,594 L/jam



Ditentukan :

$$\begin{aligned}\text{Waktu tinggal (t)} &= 15 \text{ menit} = 0,2500 \text{ jam} \\ \text{Dosis PAC} &= 3 \text{ mg/L} \\ \text{Kelarutan PAC} &= 466 \text{ g/L} \\ \rho \text{ PAC} &= 1,029 \text{ kg/L} \\ \text{Kebutuhan PAC} &= 3 \text{ mg/L} \times 290.956,594 \text{ L/jam} \\ &= 872.869,7828 \text{ mg/jam} \\ &= 872,8698 \text{ gram/jam} \\ &= 0,8729 \text{ kg/jam} \\ \text{Volume PAC} &= \frac{0,8729 \text{ kg/jam}}{1,029 \text{ kg/L}} \\ &= 0,8483 \text{ L/jam} \\ &= 0,0008 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Kebutuhan air untuk} &= \frac{872,8698 \text{ gram/jam}}{466 \text{ g/L}} \\ \text{melarutkan PAC} &= 1,8731 \text{ L/jam} \\ &= 0,0019 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Rate volumetrik} &= Q_1 + \text{Larutan Flokulan} \\ \text{ke clarifier (Q3)} &= 290,9566 + 0,0019 \\ &= 290,9585 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Volume air dalam bak penampung :

$$\begin{aligned}\text{Volume liquida dalam tangki} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 290,958 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,25 \text{ jam} \\ &= 72,740 \text{ m}^3 \\ \text{Volume tangki flokulasi} &= 1,2 \times 72,740 \text{ m}^3 \\ &= 87,288 \text{ m}^3 \\ \text{Volume tangki} &> \text{Volume liquida (Memenuhi)}\end{aligned}$$

Menentukan Dimensi Tangki Flokulasi

Asumsi : $H = 1,5 D$

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ 87,2875 &= 0,785 \times D^2 \times 1,5 D \\ 87,2875 &= 1,178 D^3 \\ D &= 4,201 \text{ m} \\ H &= 6,301 \text{ m}\end{aligned}$$

Menentukan Tinggi Liquida (H_f) di dalam Tangki :

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



$$\begin{aligned}72,7396 &= 0,785 \times 17,647 \times H_f \\72,7396 &= 13,853 \times H_f \\H_f &= 5,251 \text{ m}\end{aligned}$$

Check Volume :

$$\begin{aligned}\text{Volume Tangki} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\&= 0,785 \times 17,647 \times 6,301 \\&= 87,288 \text{ m}^3 > 72,740 \text{ m}^3 \quad (\text{Memenuhi})\end{aligned}$$

Sistem Pengaduk

Dalam tangki koagulasi ini dilengkapi dengan pengaduk berkecepatan 100 rpm (1,667 rps). Dirancang pengaduk tipe flat blade turbin dengan 6 blade. Perbandingan antara impeller dengan diameter (Da/DT) = 0,3
(Geankoplis, 144)

$$\begin{aligned}\text{Diameter Impeller (Da)} &= 0,3 \times \text{Diameter tangki} \\&= 0,3 \times 4,201 \\&= 1,2602 \text{ m} \\ \text{Kecepatan Pengadukan (N)} &= 30 \text{ rpm} = 0,5 \text{ rps} \\ \rho \text{ air} &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ \mu \text{ air} &= 0,8 \text{ Cp} = 0,0008 \text{ kg/m.s} \\ N_{Re} &= \frac{\rho \times Da^2 \times N}{\mu} \\ &= \frac{1000 \times 1,5882 \times 0,5}{0,0008} \\ &= 992620,9103\end{aligned}$$

Dari Geankoplis, Figure 3.4-4 Page 145

Diketahui nilai N_p pada $N_{Re} = 992620,9103$ adalah :

$$N_p = 6$$

Daya yang diperlukan untuk motor pengaduk :

$$\begin{aligned}P &= N_p \times \rho \times N^3 \times Da^5 \quad (\text{Geankoplis 3}^{ed}, \text{ pers. 3.4-2 ; page 145}) \\&= 6 \times 1000 \times 0,125 \times 3,179 \\&= 2.384,07 \text{ Watt} \\&= 3,195 \text{ Hp}\end{aligned}$$

Jika efisiensi motor 80%, maka :

$$\begin{aligned}P &= \frac{3,195}{80\%} \\&= 3,9933 \text{ Hp}\end{aligned}$$

Dipilih motor = 1,75 Hp

**Spesifikasi Tangki Flokulasi:**

Fungsi : Tempat terjadinya penggumpalan kontaminan air sungai menjadi flok dengan penambahan PAC.
Type : Tangki berbentuk silinder dilengkapi dengan pengaduk
Waktu tinggal : 15 menit
Kapasitas : 87,288 m³

Dimensi Tangki

Diameter (D) : 4,201 m = 13,782 ft
Tinggi (H) : 6,301 m = 20,673 ft
Tinggi Liquida : 5,251 m

Sistem Pengaduk

Jenis : Flat Blade Turbin
Jumlah blade : 6 Buah
Kecepatan Putaran : 30 rpm
Diameter Impeller : 1,2602 m
Power Motor : 2 Hp
Efisiensi Motor : 80%
Bahan : Carbon Steel
Jumlah : 1 Buah

Clarifier (H-310)

Fungsi : Tempat pemisahan antara flok dengan air bersih dengan cara sedimentasi atau pengendapan.
Type : Berbentuk silinder tegak dengan bagian bawah bentuk conis.
Proses : Continue

Rate volumetrik (Q₃) = 290,9585 m³/jam
Waktu tinggal = 1.5 - 2.5 jam

Acuan design pada partikel flokulan, maka didapatkan :

Laju alir limbah (overl = 32 - 48 m³/m².hari
= 32 m³/m².hari
= 1,3333 m³/m².jam

$$A = \frac{Q}{v}$$
$$= \frac{290,9585}{1,3333}$$
$$= 264,5077 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4v}{\pi} A}$$



$$= \sqrt{\frac{4Q}{\pi}} \\ = 18,356 \text{ m} ; r = 9,1781 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa umpan masuk } d' &= 0,15 D = 2,753 \text{ m} \\ \text{Kedalaman (H) clarifier} &= D/H = 6-10 \\ &= \frac{18,3563}{6} \\ &= 3,0594 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi } s &= 2 \text{ m, dimana } s/s' = 3-4 \\ \text{Dipilih } s &= 4 \text{ s}' \\ s' &= \frac{2}{4} = 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 264,508 \times 3,059 \\ &= 809,229 \text{ m}^3 \\ \text{Waktu tinggal} &= \frac{809,2289}{290,9585} \\ &= 3 \text{ jam} \\ &\text{memenuhi standart yaitu 1.5 - 2.5 jam} \end{aligned}$$

Dimensi Tangki

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= 290,9585 \times 3 \\ &= 809,22892 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Direncanakan volume air = volume clarifier agar terjadi overflow

$$\text{Volume tangki} = 809,22892 \text{ m}^3$$

Asumsi :

$$\text{Tinggi cone, } H_c = \frac{1}{2} H_s$$

$$V_{\text{sylinder}} = \pi \times r^2 \times h_s$$

$$V_{\text{cone}} = \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times h_c$$

$$\text{Volume total} = \pi \times r^2 \times h + \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times h_c$$

$$809,2289 = 264,508 \text{ } h_s + 51,864 \text{ } h_s$$

$$809,2289 = 316,3720 \text{ } h_s$$

$$H_s = 2,5578 \text{ m}$$

$$H_c = 1,2789 \text{ m}$$

Check Volume :

$$\text{Volume Tangki} = V_s + V_{\text{cone}} \text{ (tutup bawah)}$$

$$\text{Volume Tangki} = \pi \times r^2 \times h_s + \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times h_c$$

$$= 676,568 + 112,7614$$

$$= 789,3298 \text{ m}^3 \text{ (memenuhi)}$$

Volume Tangki < Volume Bahan, agar terjadi overflow

Spesifikasi Clarifier :



Fungsi : Tempat pemisahan antara flok dengan air
bersih dengan cara sedimentasi atau pengendapan.
Bentuk : Berbentuk silinder tegak dengan bagian bawah
berbentuk conis
Kapasitas : 789,330 m³
Waktu Tinggal : 3 jam

Dimensi

Diameter silinder : 18,356 m
Tinggi silinder : 2,558 m
Tinggi conis : 1,279 m
Diameter pipa um] : 2,753 m
Bahan konstruksi : Carbon Steel
Jumlah : 1 Buah

5 Bak Penampung Flok (F-320)

Fungsi : Menampung flok dari clarifier.
Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.
Asumsi padatan yang mengendap (flok) 10% Q₃

Rate Volumetrik, (Q₄) = 10% x 290,9585 = 29,1 m³/jam
Ditentuk: : Waktu tinggal = 24 jam

Volume air dalam bak penampung :

Volume air = Rate volumetrik x waktu tinggal
= 29,096 x 24
= 698,300 m³

Volume bak penampung direncanakan 85% terisi air

Volume bak = $\frac{698,300}{85\%}$
= 821,530 m³

Asumsi :

Lebar (L) = 2 H
Panjang (P) = 2 H
Volume bak = P x L x H
821,5298 = 2 H x 2 H x H
205,3824 = H³
H = 5,9000 m
L = 11,800 m
P = 11,800 m

Check volume

Volume bak = 11,800 x 5,9000 x 11,800
= 821,5298 m³ (Memenuhi)



Volume Bak > Volume liquida

Spesifikasi Bak Penampung Flok

Fungsi : Menampung flok dari clarifier.
Kapasitas : 821,5298 m³
Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuka

Dimensi

Panjang (P) : 11,800 m
Lebar (L) : 5,9000 m
Tinggi (H) : 11,800 m
Bahan Konstruksi : Beton
Jumlah : 1 Buah

6 Bak Penampung Air Bersih dari Clarifier (F-330)

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

Asumsi air bersih 80% Q₃

$$\begin{aligned}\text{Rate Volumetrik, (Q}_5\text{)} &= 80\% \times 290,9585 \\ &= 232,7668 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$\text{Ditentuk: : Waktu tinggal} = 1 \text{ jam}$$

Volume air dalam bak penampung :

$$\begin{aligned}\text{Volume air} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 232,7668 \times 1 \\ &= 232,7668 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume bak penampung direncanakan 90% terisi air

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= \frac{232,7668}{90\%} \\ &= 258,6297 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Asumsi :

$$\begin{aligned}\text{Lebar (L)} &= 6 \text{ H} \\ \text{Panjang (P)} &= 6 \text{ H} \\ \text{Volume bak} &= \text{P} \times \text{L} \times \text{H} \\ 258,6297 &= 6 \text{ H} \times 6 \text{ H} \times \text{H} \\ 7,1842 &= \text{H}^3 \\ \text{H} &= 1,9296 \text{ m} \\ \text{L} &= 11,5774 \text{ m} \\ \text{P} &= 11,5774 \text{ m}\end{aligned}$$

Menghitung tinggi cairan dalam bak

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= \text{P} \times \text{L} \times \text{H} \\ 232,7668 &= 11,5774 \times 11,5774 \times \text{H}\end{aligned}$$



$$H = 1,7366 \text{ m}$$

Check volume

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 11,5774 \times 1,9296 \times 11,577 \\ &= 258,6297 \text{ m}^3 \quad \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Volume Bak > Volume liquida

Spesifikasi Bak Penampung Air Bersih :

Fungsi : Menampung air bersih dari clarifier.
 Kapasitas : 258,6297 m³
 Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuka

Dimensi

Panjang (P) : 11,577 m
 Lebar (L) : 11,577 m
 Tinggi (H) : 1,9296 m
 Bahan Konstruksi : Beton
 Jumlah : 1 Buah

Sand Filter (H-410 dan H-420)

Fungsi : Menyaring kotoran yang tersuspensi dalam air dengan menggunakan penyaring.
 Bentuk : Silinder dengan tutup atas dan bawah dished
 Waktu tinggal = 15 menit = 0,25 jam
 Rate Volumetrik, (Q₆) = 232,767 m³/jam
 Asumsi : Jumlah flok 1% dari debit yang masuk
 Jumlah flok = 0,010 x 232,767
 = 2,328 m³/jam
 Volume air bersih = 232,767 - 2,328
 = 230,439 m³/jam
 Volume air = 230,439 x 0,25
 = 57,610 m³
 = 253,650 gpm
 Rate filtrasi = 12 gpm/ft² (Perry 6^{ed}, page 19-85)
 Luas penampang = $\frac{Q}{\text{Rate filtrasi}}$
 = $\frac{253,65}{12}$
 = 21,138 ft²

$$\text{Diameter} = \sqrt{4x \frac{A}{\pi}} = 5,1891 \text{ m}$$



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
= 0,3 m

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

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

Spesifikasi Sand Filter :

Fungsi : Menyaring kotoran yang tersuspensi dalam air dengan menggunakan penyaring

Bentuk : Silinder dengan tutup atas dan bawah dished

Kapasitas : 57,6098 m³

Jumlah : 2 Buah

Dimensi

Luas bed : 21,1375 ft²

Diameter : 5,1891 m

Tinggi lapisan : 3,5 m

Tinggi silinder : 4,4 m

Tinggi backwash : 0,3 m

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA - 283 grade P

(F-430)

8. Fungsi : Menampung air bersih dari sand filter.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Asumsi air bersih 99% Q₆

Rate Volumetrik, (Q₇) = 99% x 232,77

= 230,4391 m³/jam

Ditentuk : Waktu tinggal = 1 jam

Volume air dalam bak penampung :

Volume air = Rate volumetrik x waktu tinggal

= 230,439 x 1



$$= 230,439 \text{ m}^3$$

Volume bak penampung direncanakan 85% terisi air

$$\text{Volume bak} = \frac{230,439}{85\%}$$

$$= 271,105 \text{ m}^3$$

Asumsi :

$$\text{Lebar (L)} = 2 \text{ H}$$

$$\text{Panjang (P)} = 2 \text{ H}$$

$$\text{Volume bak} = P \times L \times H$$

$$271,1048 = 2 \text{ H} \times 2 \text{ H} \times \text{H}$$

$$67,7762 = \text{H}^3$$

$$\text{H} = 4,0772 \text{ m}$$

$$\text{L} = 8,1543 \text{ m}$$

$$\text{P} = 8,1543 \text{ m}$$

Menghitung tinggi cairan dalam bak

$$\text{Volume bak} = P \times L \times H$$

$$230,4391 = 8,1543 \times 8,1543 \times \text{H}$$

$$\text{H} = 3,4656 \text{ m}$$

Check volume

$$\text{Volume bak} = 8,154 \times 4,077 \times 8,154$$

$$= 271,1 \text{ m}^3 \quad (\text{memenuhi})$$

Volume Bak > Volume Liquida

Spesifikasi Bak Penampung Air Bersih :

Fungsi : Menampung air bersih dari sand filter.

Kapasitas : 271,1048 m³

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Dimensi

Panjang (P) : 8,1543 m

Lebar (L) : 8,1543 m

Tinggi (H) : 4,0772 m

Bahan Konstruksi : Beton

Jumlah : 1 Buah

(F-510)

9. Fungsi : Menampung air bersih dari bak penampung air bersih untuk keperluan sanitasi dan tempat menambahkan desinfektan

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.



$$\begin{aligned}\text{Rate Volumetrik} &= 41,760 \text{ m}^3/\text{hari} = 41760 \text{ L/hari} \\ &= 1,740 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Waktu tinggal} &= 1 \text{ hari} \\ &= 24 \text{ jam}\end{aligned}$$

Volume air dalam bak penampung :

$$\begin{aligned}\text{Volume air} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 1,740 \times 24 \\ &= 41,760 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume bak penampung direncanakan 85% terisi air

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= \frac{41,760}{85\%} \\ &= 49,129 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Asumsi :

$$\begin{aligned}\text{Lebar (L)} &= 2 \text{ H} \\ \text{Panjang (P)} &= 2 \text{ H}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= P \times L \times H \\ 49,129 &= 2 \text{ H} \times 2 \text{ H} \times H \\ 12,282 &= L^3 \\ H &= 2,3072 \text{ m} \\ L &= 4,6145 \text{ m} \\ P &= 4,6145 \text{ m}\end{aligned}$$

Menghitung tinggi cairan dalam bak

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= P \times L \times H \\ 41,7600 &= 4,6145 \times 4,6145 \times H \\ H &= 1,9612 \text{ m}\end{aligned}$$

Check volume

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= 4,614 \times 2,307 \times 4,614 \\ &= 49,129 \text{ m}^3 \quad \text{(memenuhi)}\end{aligned}$$

Volume Bak > Volume Liquida

Untuk membunuh kuman digunakan desinfektan jenis *chlorine* dengan kebutuhan *chlorine* sebesar = 200 mg/L (**Wesley : Page 96**)Jumlah *chlorine* yang harus ditambahkan = 200 mg/L, maka per tahun perlu ditambahkan *chlorine* sebanyak :

$$\begin{aligned}&= 200 \text{ mg/L} \times 41.760 \text{ L/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \\ &= 2756160000 \text{ mg/tahun} \\ &= 2.756 \text{ kg/tahun}\end{aligned}$$

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	: 49,129 m ³
Dimensi	
Panjang (P)	: 4,614 m
Lebar (L)	: 4,614 m
Tinggi (H)	: 2,307 m
Bahan Konstruksi	: Beton
Jumlah	: 1 Buah

10. Kation Exchanger (H-610)

Fungsi	: Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam-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 berbentuk granular, 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	= 154,376 m ³ /hari = 40786,193 gallon/hari
Jumlah CaCO ₃ dalam air	= 0,324 gram/gal x 40786,19 gallon/hari = 13214,726 gram/hari
Dipilih bahan pelunak :	
Dowex dengan <i>exchanger capacity</i>	= 1,8 ek/L resin [Perry 6^{ed} ; T.16-4]
(Dowex - Marathon C resin specification)	
H-Dowex diharapkan mampu menukar semua ion Ca ²⁺ .	
ek (ekuivalen)	= $\frac{\text{Gram}}{\text{Berat ekuivalen}}$ (Underwood : 55)
Berat ekuivalen	= $\frac{\text{BM}}{\text{jumlah elektron}}$ (Underwood : 51)
Untuk CaCO ₃ , 1 mol Ca melepas 2 elektron : Ca ²⁺ , sehingga elektron =	
BM CaCO ₃	= 100 gr/mol
Berat ekuivalen	= $\frac{\text{BM}}{\text{Elektron}} = \frac{100}{2} = 50$ 2
ek (ekuivalen)	= $\frac{13.214,726}{50} = 264,295$ ek



$$\begin{aligned}\text{Resin yang diperlukan} &= \frac{264,2945 \text{ ek}}{1,8 \text{ ek/L resin}} \\ &= 146,8303 \text{ L resin/hari}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan resin setiap 3 bulan} &= 146,8303 \text{ L resi} \times 90 \text{ hari} \\ &= 13214,73 \text{ L resin} \\ &= 13,2147 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Cara Kerja

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

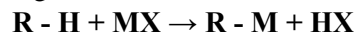
Asumsi :

$$H = 3 D$$

$$\begin{aligned}\text{Volume resin} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ 13,2147 &= 0,785 \times D^2 \times 2D \\ 13,2147 &= 2,355 D^3 \\ D &= 1,777 \text{ m} \\ H &= 5,331 \text{ m}\end{aligned}$$

Regenerasi Dowex

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



Dimana :

R = Resin Dowex

R - H = Resin Dowex mengikat kation.

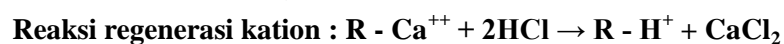
MX = Mineral yang terkandung dalam air.

Contoh mineral (MX) : CaSO₄, CaO₃, MgCO₃, dll.

R - M = Resin dalam kondisi mengikat kation.

HX = Asam mineral yang terbentuk setelah air melewati resin kation.

Contoh asam mineral (HX) : HCl, H₂SO₄, H₂CO₃, dll.



Regenerasi dilakukan 4 kali dalam setahun

$$\text{Volume resin yang diregenerasi} = 13.214,73 \text{ L Resin (3 bulan)}$$

$$\text{Densitas Resin} = 1,2 \text{ kg/L}$$

$$\text{Massa Resin} = \text{Volume} \times \text{Densitas}$$

$$= 13.214,73 \times 1,2$$

$$= 15.857,67 \text{ kg}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Volume resin yang di regenerasi} &= 13.214,73 \text{ L Resin} \\
 \text{Ekivalen Total Ca}^{2+} &= \text{Volume Resin} \times \text{Kapasitas Resin} \\
 &= 13.214,726 \times 1,8 \\
 &= 23786,508 \text{ ek} \\
 \text{Mol Total Ca}^{2+} &= \frac{\text{Ekivalen Total Ca}^{2+}}{\text{Ekivalen Ca}^{2+}} \\
 &= \frac{23786,508 \text{ ek}}{2 \text{ ek/mol}} \\
 &= 11893,254 \text{ mol} \\
 1 \text{ mol Ca}^{2+} \text{ ditukar atau exchange dengan } 2 \text{ mol HCl} \\
 \text{Maka kebutuhan HCl} &= 2 \times 11893,254 \quad (\text{Dalam mol}) \\
 &= 23786,508 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan HCl} &= \text{Mol HCl} \times \text{BM HCl} \\
 &= 23786,508 \times 36,5 \\
 &= 868207,524 \text{ gram} \\
 &= 868,208 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka kebutuhan HCl 33\%} &= \frac{\text{Massa HCl}}{\text{Massa HCl} + \text{Massa H}_2\text{O}} \\
 33\% &= \frac{868,2075}{\text{Massa Total}} \\
 \text{Massa Total} &= 2630,932 \text{ kg} \\
 \text{dengan } \rho \text{ HCl} &= 1,268 \text{ kg/L (Perry 7}^{\text{ed}}; \text{T.2-57)} \\
 \text{Jadi } \rho \text{ campuran} &= \% \text{ HCl} \times \rho \text{ HCl} + \% \text{ H}_2\text{O} \times \rho \text{ H}_2\text{O} \\
 &= 33\% \times 1,268 + 67\% \times 1 \\
 &= 1,0884 \text{ gr/ml} \\
 &= 1,0884 \text{ kg/L} \\
 \text{Volume Larutan} &= \frac{\text{Massa Total}}{\text{Densitas Campuran}} \\
 &= \frac{2630,932}{1,088} \\
 &= 2417,158 \text{ L} \\
 \text{Volume tangki HCl} &= 1,2 \times 2.417,158 \\
 &= 2.900,590 \text{ L} \\
 &= 2,901 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Asumsi :

$$H = 2 D$$

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

$$2,901 = 0,785 \times D^2 \times 2D$$



$$\begin{aligned} 2,901 &= 1,57 D^3 \\ D &= 1,227 \text{ m} \\ H &= 2,454 \text{ m} \end{aligned}$$

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 dengan resin dowex bentuk granular, agar sesuai dengan syarat air boiler.

Bentuk : Silinder tegak

Kapasitas re : $13,21 \text{ m}^3/3\text{bulan}$

Jumlah : 1 Buah

Waktu reger : 3 Bulan

Dimensi resin

Tinggi : 5,3310 m

Diameter : 1,7770 m

Dimensi tangki HCl

Tinggi : 2,4541 m

Diameter : 1,2270 m

Bahan konstruksi : Stainless Steel type 316

11. Anion Exchanger (H-620)

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 dihilangkan dengan resin dowex bentuk butiran, agar sesuai dengan syarat air dengan boiler.

$$\begin{aligned} \text{Kandungan } \text{CaCO}_3 &= 5 \text{ grain/gal} = 0,3240 \text{ gram/gal} \\ &= (1 \text{ grain} = 0.0648 \text{ gram}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air yang diproses} &= 154,3762 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 40786,1926 \text{ gallon/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah } \text{CaCO}_3 \text{ dalam air} &= 0,324 \text{ gram/gal} \times 40786,19 \text{ gallon/hari} \\ &= 13214,726 \text{ gram/hari} \end{aligned}$$

Dipilih bahan pelunak :

$$\text{Dowex dengan } \text{exchanger capacity} = 2 \text{ ek/L resin}$$

[Perry 6^{ed} ; T.16-4]

(Dowex - Marathon C resin specification)

OH - Dowex diharapkan mampu menukar semua ion CO_3^{2-} .



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

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

Untuk CaCO_3 , 1 mol CO_3 melepas 2 elektron : CO_3^{2-} , s 2

$$\text{BM CaCO}_3 = 100 \text{ gr/mol}$$

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

$$\text{ek (ekuivalen)} = \frac{13.214,73}{50} = 264,2945 \text{ ek}$$

$$\begin{aligned} \text{Resin yang diperlukan} &= \frac{264,2945 \text{ ek}}{2 \text{ ek/L resin}} \\ &= 132,1473 \text{ L resin/hari} \end{aligned}$$

Karena regenerasi dilakukan 3 bulan sekali, maka :

$$3 \text{ bulan} = 90 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan resin setiap 3 bulan} &= 132,1 \text{ L resin/hari} \times 90 \text{ hari} \\ &= 11893,25 \text{ L resin} \\ &= 11,893 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Cara Kerja

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

Asumsi :

$$H = 4 D$$

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

$$11,893 = 0,785 \times D^2 \times 2D$$

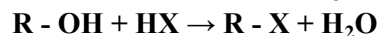
$$11,893 = 3,14 D^3$$

$$D = 1,559 \text{ m}$$

$$H = 6,235 \text{ m}$$

Regenerasi Dowex

Regenerasi Dowex dilakukan dengan larutan NaOH 40% (SPO Paiton)



Dimana :

R = Resin Dowex

R - OH = Resin Dowex mengikat anion.

R - X = Resin dalam kondisi mengikat anion.





Regenerasi dilakul 4 kali dalam setahun

$$\text{Volume resin yang diregenerasi} = 11.893,25 \text{ L Resin (3 bulan)}$$

$$\text{Densitas Resin} = 1,06 \text{ kg/L}$$

$$\text{Massa Resin} = \text{Volume} \times \text{Densitas}$$

$$= 11.893,25 \times 1,06$$

$$= 12.606,85 \text{ kg}$$

$$\text{Volume resin yang di regenerasi} = 11.893,25 \text{ L Resin}$$

$$\text{Ekivalen Total Ca}^{2+} = \text{Volume Res} \times \text{Kapasitas Resin}$$

$$= 11.893,254 \times 2$$

$$= 23.786,508 \text{ ek}$$

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

$$= \frac{23786,5075 \text{ ek}}{2}$$

$$= 11893,2538 \text{ mol}$$

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

$$\text{Maka kebutuhan NaOH} = 2 \times 11893,254$$

$$\text{(Dalam mol)} = 23786,508 \text{ mol}$$

$$\text{Kebutuhan NaOH} = \text{Mol NaOH} \times \text{BM NaOH}$$

$$\text{(Dalam kg)} = 23786,508 \times 40$$

$$= 951460,301 \text{ gram}$$

$$= 951,460 \text{ kg}$$

$$\text{Maka kebutuhan NaOH 40\%} = \frac{\text{Massa HCl}}{\text{Massa HCl} + \text{Massa H}_2\text{O}}$$

$$40\% = \frac{951,4603}{\text{Massa Total}}$$

$$\text{Massa Total} = 2378,6508 \text{ kg}$$

$$\text{dengan } \rho \text{ NaOH} = 1,327 \text{ gr/ml}$$

$$\text{Jadi } \rho \text{ campuran} = \% \text{ NaOH} \times \rho \text{ NaOH} + \% \text{ H}_2\text{O} \times \rho \text{ H}_2\text{O}$$

$$= 40\% \times 1,327 + 60\% \times 1$$

$$= 1,1308 \text{ gr/ml}$$

$$= 1,1308 \text{ kg/L}$$

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

$$= \frac{2378,651}{1,131}$$

$$= 2103,5115 \text{ L}$$

$$\text{Volume tangki NaOH} = 1,2 \times 2.103,51$$



$$\begin{aligned} &= 2.524,214 \text{ L} \\ &= 2,524 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Asumsi :

$$H = 2 D$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Tangki} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ 2,524 &= 0,785 \times D^2 \times 2D \\ 2,524 &= 1,57 D^3 \\ D &= 1,171 \text{ m} \\ H &= 2,343 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi Anion Exchanger :

Fungsi : Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam-garam CO₃²⁻. Kandungan CaCO₃ 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 re : 11,893 m³/3bulan

Jumlah : 1 Buah

Waktu reger : 3 Bulan

Dimensi resin

Tinggi : 6,235 m

Diameter : 1,559 m

Dimensi tangki NaOH

Tinggi : 2,343 m

Diameter : 1,171 m

Bahan konstruksi : Stainless Steel type 316 (F-630)

12. Bak Penampung Air Demineralisasi

Fungsi : Menampung air lunak dari kation-anion exchanger yang akan digunakan sebagai air umpan boiler.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik} &= 154,376 \text{ m}^3/\text{hari} = 154376,202088 \text{ L/hari} \\ &= 6,432 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

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

Volume air dalam bak penampung :



$$\begin{aligned}\text{Volume air} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 6,432 \times 12 \\ &= 77,188 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume bak penampung direncanakan 85% terisi air

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= \frac{77,188}{85\%} \\ &= 90,810 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Asumsi :

$$\begin{aligned}\text{Tinggi (H)} &= 2 \text{ L} \\ \text{Panjang (P)} &= 1 \text{ L} \\ \text{Volume bak} &= P \times L \times H \\ 90,810 &= 1 \text{ L} \times 2 \text{ L} \times L \\ 45,405 &= L^3 \\ L &= 3,568 \text{ m} \\ H &= 7,135 \text{ m} \\ P &= 3,568 \text{ m}\end{aligned}$$

Menghitung tinggi cairan dalam bak

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= P \times L \times H \\ 77,1881 &= 3,5675 \times 3,5675 \times H \\ H &= 6,0648 \text{ m}\end{aligned}$$

Check volume

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= 3,568 \times 3,568 \times 7,135 \\ &= 90,810 \text{ m}^3 \quad (\text{memenuhi})\end{aligned}$$

Volume Bak > Volume Liquida

Spesifikasi Bak Penampung Air Demineralisasi :

Fungsi : Menampung air lunak dari kation-anion exchanger yang digunakan dijadikan sebagai umpan boiler.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Waktu tinggal : 12 jam

Kapasitas : 90,810 m³

Dimensi

Panjang (P) : 3,568 m

Lebar (L) : 3,568 m

Tinggi (H) : 7,135 m

Bahan Konstruksi : Beton

Jumlah : 1 Buah

13. Bak Penampung Air Pendingin (F-710)

Fungsi : Menampung air pendingin dari bak penampung air



bersih dan cooling tower untuk pendingin.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari Beton.

$$\begin{aligned}\text{Rate Volumetrik} &= 5.623,1782 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 234,2991 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 1 \text{ jam}$$

Volume air dalam bak penampung :

$$\begin{aligned}\text{Volume air} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 234,299 \times 1 \\ &= 234,299 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume bak penampung direncanakan 80% terisi air

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= \frac{234,299}{80\%} \\ &= 292,874 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Asumsi :

$$\text{Tinggi (H)} = 1 \text{ L}$$

$$\text{Panjang (P)} = 2 \text{ L}$$

$$\text{Volume bak} = P \times L \times H$$

$$292,874 = 2 \text{ L} \times L \times L$$

$$146,437 = L^3$$

$$L = 5,271 \text{ m}$$

$$H = 5,271 \text{ m}$$

$$P = 10,542 \text{ m}$$

Check volume

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= 10,542 \times 5,271 \times 5,271 \\ &= 292,874 \text{ m}^3 \quad (\text{memenuhi})\end{aligned}$$

Volume Bak > Volume Liquida

Spesifikasi Bak Penampung Air Pendingin :

Fungsi : Menampung air pendingin dari bak penampung air bersih dan cooling tower untuk pendingin.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari Beton.

Waktu tinggal : 1 jam

Kapasitas : 292,874 m³

Dimensi

Panjang (P) : 10,542 m

Lebar (L) : 5,271 m

Tinggi (H) : 5,271 m

Bahan Konstruksi : Beton

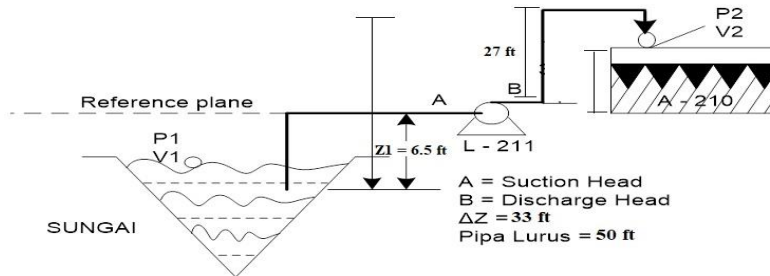
Jumlah : 1 Buah

**VII.3.2 Perhitungan Pompa (L-111)****1. Pompa Air Sungai**

Fungsi : Mengalirkan air dari sungai ke bak penampungan air sungai.

Type : Centrifugal Pump

Dasar Pemil : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

**Perhitungan :**

$$\rho \text{ Air} = 62,430 \text{ lb/cuft} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Bahan masuk} = 290,933 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1.000,0 \text{ kg/m}^3$$

$$= 290.933,320 \text{ kg/jar}$$

$$= 641.397,415 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Rate Volumetrik (} q_f \text{)} = \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}}$$

$$= \frac{641.397,4151 \text{ lb/jam}}{62,4300 \text{ lb/cuft}}$$

$$= 10.273,8654 \text{ cuft/jam}$$

$$= 171,2311 \text{ cuft/menit}$$

$$= 1.280,8085 \text{ gpm}$$

$$= 2,8539 \text{ cuft/detik}$$

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

$$= \frac{62,430}{62,43}$$

$$= 1$$

$$\mu \text{ berdasarkan sg bahan :}$$

$$\text{Dari Kern Table 6 ; Page 808 didapat } 1$$

$$\text{Dari Kern figure 14 ; Page 823 didapat } \mu \text{ referenc } 0,95 \text{ cp}$$

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

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

$$= 0,95 \text{ Cp}$$

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

**Asumsi aliran turbulen :**

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$

digunakan persamaan (15): **Peters, 4^{ed}, pers.15, hal.496**

$$\text{Diameter Optimum} = 3,6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan : q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluis density ; lb/cuft

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa optimum} &= 3.6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 9,8775 \text{ in} \end{aligned}$$

(Foust, App. C 6A)

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

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

$$A = (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \text{ID}^2) = 0,3472 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran, } V &= \frac{\text{rate volumetrik}}{\text{area pipa}} \quad \frac{\text{cuft/dt}}{\text{ft}^2} \\ &= \frac{2,85385}{0,3472} \\ &= 8,2188 \text{ ft/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{re} &= \frac{D}{\mu} \cdot V \cdot \rho = \frac{0,7188 \times 8,22 \times 62,4300}{0,00064} \\ &= 577707 > 2100 \quad (\text{Asumsi benar}) \end{aligned}$$

Dipilih pipa Commercial steel ($\epsilon = 0,00015$)

$$\epsilon / D = 0,0002 \quad (\text{Foust, App. C-1})$$

$$f = 0,017 \quad (\text{Foust, App. C-3})$$

Perhitungan Friksi berdasarkan (**Peters, 4^{ed} Tabel 1, halaman 484**)

$$\text{Panjang pipa lurus } 1/8" \text{ sch 40} = 50 \text{ ft}$$

Panjang ekuivalen suction, L_e (**Peters 4^{ed}; Tabel-1**)

$$- 4 \text{ elbow } 90^0 = 4 \times 32 \times 0,665 = 85,131 \text{ ft}$$

$$- 1 \text{ gate valve} = 1 \times 7 \times 0,665 = 4,656 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang total pipa} = 139,79 \text{ ft}$$

Digunakan Persamaan Bernoulli :

$$- W_f = \frac{\Delta P}{r} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 a gc} + \Sigma F$$

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa 8" sch 40

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2 f \times V^2 \times L_e}{gc \times D} \\ &= \frac{2 \times 0,017 \times (8,219)^2 \times 139,79}{gc} \end{aligned}$$



$$= \frac{32,2000}{14,9910} \times \frac{0,6651}{\text{ft. Lbf/lbm}}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa 2" sch 40

Perhitungan Kc :

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{K_c \times V^2}{2 \times \alpha \times g_c} \\ &= \frac{0,4 \times 8,2188^2}{2 \times 1 \times 32,2} \rightarrow \alpha = 1, \text{ aliran turbulen} \\ &= 0,41956 \end{aligned} \quad (\text{Peters 4}^{\text{ed}}, \text{hal. 484})$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa 8" sch 40 ke tangki

$$\begin{aligned} F_3 &= \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times g_c} \\ &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times 1 \times g_c} \rightarrow \alpha = 1, \text{ untuk aliran turbulen} \\ &= \frac{8,219^2 - 0,000^2}{2 \times 1 \times 32,2} \\ &= 1,0489 \end{aligned} \quad (\text{Peters 4}^{\text{ed}}, \text{hal. 484})$$

Friksi karena elbow 90

$$\begin{aligned} F_4 &= 4 \times K_f \frac{V_2^2}{2} \\ &= 4 \times \frac{0,8 \times (8,219)^2}{2} \\ &= 101,3236 \end{aligned}$$

Friksi karena gate valve

$$\begin{aligned} F_5 &= K_f \frac{V_2^2}{2} \\ &= \frac{0,8 \times (8,219)^2}{2} \\ &= 25,33089 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\ &= 14,99100 + 0,419559 + 1,048898 \\ &\quad 101,32356 + 25,330889 \\ &= 143,113903 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi bahan} &= 5,0000 \text{ ft} \\ \rho \text{ bahan} &= 62,4300 \text{ lb / cuft} \\ P \text{ hidrostatik} &= \rho \times H \\ &= 62,4 \times 5,0000 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 312,1500 \text{ lbf/ft}^2 \\
 P &= 14,7000 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8000 \text{ lbf/ft}^2 \\
 P_1 &= 2428,9500 \text{ lbf/ft}^2 \\
 P_2 &= 1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 \\
 &= 2116,8 \text{ lbf/ft}^2 \\
 \Delta P &= P_2 - P_1 \\
 &= 2116,8000 - 312,1500 \\
 &= 1804,7 \text{ lbf/ft}^2 \\
 \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{1804,650}{62,4300} \\
 &= 28,907
 \end{aligned}$$

Karena $\Delta Z = 9 \text{ ft}$, maka :

$$\begin{aligned}
 \Delta Z \frac{g}{gc} &= 9,27 \text{ ft} \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \text{ lbf}} \\
 &= 9,2650 \text{ ft.lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

($g = \text{percepatan gravitasi} = 32.2 \text{ ft/dt}^2$)

($gc = \text{konstanta gravitasi} = 32.2 \text{ ft.dt}^2 \times \text{lbm/lbf}$)

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc} &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \\
 &= \frac{67,549 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,2} \\
 &= 1,0489
 \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli :

$$\begin{aligned}
 -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\
 &= 28,907 + 9,27 + 1,049 + 143,1139 \\
 &= 182,335
 \end{aligned}$$

sg campuran (Himmelblau : berdasarkan sg bahan) = 1,0000

(Perry 6^{ed} ; pers. 6-11 ; hal. 6-5)

$$\begin{aligned}
 hp &= \frac{-W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times sg}{3960} \\
 &= \frac{182,335 \times 1280,809 \times 1,000}{3960} \\
 &= 58,9737
 \end{aligned}$$

Effisiensi pompa = 74% (Peters 4^{ed} ; fig. 14-37)



$$\text{Bhp} = \frac{\text{hp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{58,9737}{74\%} = 79,69 \text{ hp}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 89\% \quad (\text{Peters 4}^{\text{ed}}; \text{fig. 14-38})$$

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{79,7}{89\%} = 90,0499 \text{ hp}$$

$$\text{Power} = 27,700 \text{ hp}$$

Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Rate volumetrik	: 1280,8085 gpm
Diameter pipa	: 2" sch 40
Total Dynamic Head	: 28,9068 ft.lbf/lbm
Effisiensi motor	: 89%
Effisiensi pompa	: 74%
Power	: 27,700 hp = 20,6642 kWh
Jumlah	: 1 buah

Pompa Tangki Koagulasi (L-211)

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

Perhitungan :

$$\rho \text{ Air} = 62,430 \text{ lb/cuft} = 1000 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Bahan masuk} &= 290,933 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1.000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 290.933,320 \text{ kg/jar} \\ &= 641.397,415 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (q}_f) &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{641.397,4151 \text{ lb/jam}}{62,4300 \text{ lb/cuft}} \\ &= 10.273,8654 \text{ cuft/jam} \\ &= 171,2311 \text{ cuft/menit} \\ &= 1.280,8085 \text{ gpm} \\ &= 2,8539 \text{ cuft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,430}{62,43} \\ &= 1 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :



Dari Kern Table 6 ; Page 808 didapat 1

Dari Kern figure 14 ; Page 823 didapat μ referenc 0,95 cp

$$\begin{aligned}\mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1}{1} \times 0,95 \\ &= 0,95 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}\end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$

digunakan persamaan (15): **Peters, 4^{ed}, pers.15, hal.496**

$$\text{Diameter Optimum} = 3,6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan : q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluis density ; lb/cuft

$$\begin{aligned}\text{Diameter pipa optimum} &= 3.6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 9,8775 \text{ in}\end{aligned}$$

(Foust, App. C 6A)

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

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

$$A = (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \text{ID}^2) = 0,3472 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan aliran , } V &= \frac{\text{rate volumetrik}}{\text{area pipa}} = \frac{\text{cuft/dt}}{\text{ft}^2} \\ &= \frac{2,85385}{0,3472} \\ &= 8,2188 \text{ ft/dt} \\ N_{re} &= \frac{D}{\mu} \frac{V}{\rho} = \frac{0,7188 \times 8,22 \times 62,4300}{0,00064} \\ &= 577707 > 2100 \quad (\text{Asumsi benar})\end{aligned}$$

Dipilih pipa Commercial steel ($\epsilon = 0,00015$)

$$\epsilon / D = 0,0002 \quad (\text{Foust , App. C-1})$$

$$f = 0,0017 \quad (\text{Foust , App. C-3})$$

Perhitungan Friksi berdasarkan (**Peters, 4^{ed} Tabel 1 , halaman 484**)

$$\text{Panjang pipa lurus } 1/8" \text{ sch 40} = 50 \text{ ft}$$

Panjang ekuivalen suction , L_e **(Peters 4^{ed}; Tabel-1)**

$$- 3 \text{ elbow } 90^0 = 3 \times 32 \times 0,665 = 63,848 \text{ ft}$$

$$- 1 \text{ gate valve} = 1 \times 7 \times 0,665 = 4,656 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang total pipa} = 118,50 \text{ ft}$$



Digunakan Persamaan Bernoulli :

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

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa 8" sch 40

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2 f \times V^2 \times Le}{gc \times D} \\ &= \frac{2 \times 0,0017 \times (8,219)^2 \times 118,50}{32,2000 \times 0,6651} \\ &= 1,2709 \text{ ft. Lbf/lbm} \end{aligned}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa 2" sch 40

Perhitungan Kc :

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{Kc \times V^2}{2 \times \alpha \times gc} \\ &= \frac{0,4 \times 8,2188^2}{2 \times 1 \times 32,2} \rightarrow \alpha = 1, \text{ aliran turbulen} \\ &= 0,41956 \end{aligned} \quad (\text{Peters 4}^{ed}, \text{hal. 484})$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa 8" sch 40 ke tangki

$$\begin{aligned} F_3 &= \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc} \\ &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times 1 \times gc} \rightarrow \alpha = 1, \text{ untuk aliran turbulen} \\ &= \frac{8,219^2 - 0,000^2}{2 \times 1 \times 32,2} \\ &= 1,0489 \end{aligned} \quad (\text{Peters 4}^{ed}, \text{hal. 484})$$

Friksi karena elbow 90

$$\begin{aligned} F_4 &= 3 \times K_f \frac{V_2^2}{2} \\ &= 3 \times \frac{0,75 \times (8,219)^2}{2} \\ &= 75,99267 \end{aligned}$$

Friksi karena gate valve

$$\begin{aligned} F_5 &= K_f \frac{V_2^2}{2} \\ &= \frac{0,75 \times (8,219)^2}{2} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 25,33089 \\
 \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\
 &= 1,27086 + 0,419559 + 1,048898 \\
 &\quad 75,99267 + 25,330889 \\
 &= 104,062874 \\
 \text{Tinggi bahan} &= 1,7771 \text{ ft} \\
 \rho \text{ bahan} &= 62,4300 \text{ lb / cuft} \\
 P \text{ hidrostatik} &= \rho \times H \\
 &= 62,4 \times 1,7771 \\
 &= 110,9437 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 \\
 P &= 14,7000 \times 144 \text{ lbf / ft}^2 = 2116,8000 \text{ lbf / ft}^2 \\
 P_1 &= 2227,7437 \text{ lbf / ft}^2 \\
 P_2 &= 1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 \\
 &= 2116,8 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 \\
 \Delta P &= P_2 - P_1 \\
 &= 2116,8000 - 2227,7437 \\
 &= 110,9 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 \\
 \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{110,944}{62,4300} \\
 &= 1,777 \\
 \text{Karena } \Delta Z &= 23 \text{ ft , maka :} \\
 \Delta Z \frac{g}{gc} &= 22,8 \text{ ft} \frac{\text{ft / dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \text{ lbf}} \\
 &= 22,7534 \text{ ft .lbf /lbm}
 \end{aligned}$$

(g = percepatan gravitasi = 32.2 ft/dt²)
 (gc = konstanta gravitasi = 32.2 ft.dt² x lbf/lbm)

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc} &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \\
 &= \frac{67,549 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,2} \\
 &= 1,0489
 \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli :

$$\begin{aligned}
 - W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\
 &= 1,777 + 22,8 + 1,049 + 104,0629 \\
 &= 129,642
 \end{aligned}$$



sg campuran (Himmelblau : berdasarkan sg bahan) = 1,0000

(Perry 6^{ed} ; pers. 6-11 ; hal. 6-5)

$$\text{hp} = \frac{-W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960}$$

$$= \frac{129,642 \times 1280,809 \times 1,000}{3960}$$

$$= 41,9310$$

Effisiensi pompa = 74% (Peters 4^{ed} ; fig. 14-37)

$$\text{Bhp} = \frac{\text{hp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{41,9}{74\%} = 56,66 \text{ hp}$$

Effisiensi motor = 87% (Peters 4^{ed} ; fig. 14-38)

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{56,7}{87\%} = 65,1305$$

Power = 65,131 hp

Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Rate volumetrik	: 1280,8085 gpm
Diameter pipa	: 2" sch 40
Total Dynamic Head	: 1,7771 ft.lbf/lbm
Effisiensi motor	: 87%
Effisiensi pompa	: 74%
Power	: 65,1 hp = 48,5874 kWh
Jumlah	: 1 buah

3 Pompa Sand Filter (L-411)

Fungsi	: Mengalirkan air ke sand filter
Type	: Centrifugal Pump
Dasar Pemilihan	: Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan :

$$\rho \text{ Air} = 62,430 \text{ lb/cuft} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Bahan masuk} = 232,767 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1.000,0 \text{ kg/m}^3$$

$$= 232.766,774 \text{ kg/jam}$$

$$= 513.162,285 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Rate Volumetrik (q}_f) = \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}}$$

$$= \frac{513.162,2851 \text{ lb/jam}}{62,4300 \text{ lb/cuft}}$$

$$= 8.219,8027 \text{ cuft/jam}$$



$$\begin{aligned}
 &= 136,9967 \text{ cuft/menit} \\
 &= 1.024,7354 \text{ gpm} \\
 &= 2,2833 \text{ cuft/detik} \\
 \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\
 &= \frac{62,430}{62,43} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari Kern Table 6 ; Page 808 didapat 1

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

$$\begin{aligned}
 \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\
 &= \frac{1}{1} \times 0,95 \\
 &= 0,95 \text{ Cp} \\
 &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}
 \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$

digunakan persamaan (15): **Peters, 4^{ed}, pers.15, hal.496**

$$\text{Diameter Optimum} = 3,6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan : q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluis density ; lb/cuft

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter pipa optimum} &= 3,6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\
 &= 8,9342 \text{ in}
 \end{aligned}$$

(Foust, App. C 6A)

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

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

$$A = (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \text{ID}^2) = 0,3472 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan aliran, } V &= \frac{\text{rate volumetrik}}{\text{area pipa}} \frac{\text{cuft/dt}}{\text{ft}^2} \\
 &= \frac{2,28328}{0,3472} \\
 &= 6,5756 \text{ ft/dt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{re} &= \frac{D}{\mu} V \rho = \frac{0,7188 \times 6,58 \times 62,4300}{0,00064} \\
 &= 462205 > 2100 \quad (\text{Asumsi benar})
 \end{aligned}$$

Dipilih pipa Commercial steel ($\epsilon = 0,00015$)



$$\varepsilon / D = 0,0002 \quad (\text{Foust, App. C-1})$$

$$f = 0,017 \quad (\text{Foust, App. C-3})$$

Perhitungan Friksi berdasarkan (Peters, 4^{ed} Tabel 1, halaman 484)

$$\text{Panjang pipa lurus } 1/8'' \text{ sch 40} = 50 \text{ ft}$$

Panjang ekuivalen suction, L_e (Peters 4^{ed}; Tabel-1)

$$- 3 \text{ elbow } 90^\circ = 3 \times 32 \times 0,665 = 63,848 \text{ ft}$$

$$- 1 \text{ gate valve} = 1 \times 7 \times 0,665 = 4,656 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang total pipa} = 118,50 \text{ ft}$$

Digunakan Persamaan Bernoulli :

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

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa 1/8'' sch 40

$$F_1 = \frac{2 f \times V^2 \times L_e}{gc \times D}$$

$$= \frac{2 \times 0,017 \times (6,576)^2 \times 118,50}{32,2000 \times 0,6651}$$

$$= 8,1349 \text{ ft. Lbf/lbm}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa 1/8'' sch 40

Perhitungan K_c :

$$F_2 = \frac{K_c \times V^2}{2 \times \alpha \times gc}$$

$$= \frac{0,4 \times 6,5756^2}{2 \times 1 \times 32,2} \rightarrow \alpha = 1, \text{ aliran turbulen}$$

$$= 0,26856 \quad (\text{Peters 4}^{\text{ed}}, \text{hal. 484})$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa 1/8'' sch 40 ke tangki

$$F_3 = \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc}$$

$$= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times 1 \times gc} \rightarrow \alpha = 1, \text{ untuk aliran turbulen}$$

$$= \frac{6,576^2 - 0,000^2}{2 \times 1 \times 32,2}$$

$$= 0,6714 \quad (\text{Peters 4}^{\text{ed}}, \text{hal. 484})$$

Friksi karena elbow 90

$$F_4 = 3 \times K_f \frac{V_2^2}{2}$$

$$= 3 \times 0,75 \times (6,576)^2$$



$$= 48,64372$$

Friksi karena gate valve

$$F_5 = K_f \frac{V_2^2}{2}$$

$$= \frac{0,75 \times (6,576)^2}{2}$$

$$= 16,21457$$

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

$$= 8,13491 + 0,268564 + 0,671411$$

$$48,64372 + 16,21457$$

$$= 73,933171$$

Tinggi bahan = 1,7366 ft

ρ bahan = 62,4300 lb / cuft

P hidrostatik = $\rho \times H$

$$= 62,4 \times 1,7366$$

$$= 108,4163 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P = 14,7000 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8000 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_1 = 2225,2163 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2$$

$$= 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$= 2116,8000 - 2225,2163$$

$$= 108,4 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{108,416}{62,4300}$$

$$= 1,737$$

Karena $\Delta Z = 4 \text{ ft}$, maka :

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = 4,4 \text{ ft} \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \text{ lbf}}$$

$$= 4,4000 \text{ ft.lbf/lbm}$$

($g = \text{percepatan gravitasi} = 32.2 \text{ ft/dt}^2$)
 ($gc = \text{konstanta gravitasi} = 32.2 \text{ ft.dt}^2 \times \text{lbm/lbf}$)

$$\frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc}$$

$$= \frac{43,239 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,2}$$

$$= 0,6714$$



Persamaan Bernoulli :

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\ &= 1,737 + 4,4 + 0,671 + 73,9332 \\ &= 80,741 \end{aligned}$$

sg campuran (Himmelblau : berdasarkan sg bahan) = 1,0000

(Perry 6^{ed} ; pers. 6-11 ; hal. 6-5)

$$\begin{aligned} \text{hp} &= \frac{-W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960} \\ &= \frac{80,741 \times 1024,735 \times 1,000}{3960} \\ &= 20,8935 \end{aligned}$$

Effisiensi pompa = 70% (Peters 4^{ed} ; fig. 14-37)

$$\text{Bhp} = \frac{\text{hp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{20,9}{70\%} = 29,8479$$

Effisiensi motor = 86% (Peters 4^{ed} ; fig. 14-38)

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{29,8}{86\%} = 34,7068$$

Power = 34,707 hp

Spesifikasi:

Diameter pipa	:	8" sch 40	
Total Dynamic Head	:	1,7366	ft.lbf/lbm
Effisiensi motor	:	86%	
Effisiensi pompa	:	70%	
Power	:	34,7 hp	= 25,8913 kWh
Jumlah	:	1 buah	

4 Pompa Kation Exchanger (L-611)

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

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \rho \text{ Air} &= 62,430 \text{ lb/cuft} = 1000 \text{ kg.m}^3 \\ \text{Bahan masuk} &= 154,376 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1.000,000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 154.376,202 \text{ kg/jar} \\ &= 340.340,863 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Rate Volumetrik (q}_f) &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\
 &= \frac{340.340,8626 \text{ lb/jam}}{62,4300 \text{ lb/cuft}} \\
 &= 5.451,5595 \text{ cuft/jam} \\
 &= 90,8593 \text{ cuft/menit} \\
 &= 679,6278 \text{ gpm} \\
 &= 1,5143 \text{ cuft/detik} \\
 \\
 \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\
 &= \frac{62,430}{62,43} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

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

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

$$\begin{aligned}
 \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\
 &= \frac{1}{1} \times 0,95 \\
 &= 0,95 \text{ Cp} \\
 &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}
 \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$

digunakan persamaan (15) : **Peters, 4^{ed}, pers.15, hal.496**

$$\text{Diameter Optimum} = 3,6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan : q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluis density ; lb/cuft

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter pipa optimum} &= 3.6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\
 &= 7,4268 \text{ in}
 \end{aligned}$$

(Foust, App. C 6A)

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

$$\text{ID} = 7,6250 \text{ in} = 0,6354 \text{ ft}$$

$$\text{A} = (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \text{ID}^2) = 0,3169 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan aliran, V} &= \frac{\text{rate volumetrik} \text{ cuft/dt}}{\text{area pipa} \text{ ft}^2} \\
 &= \frac{1,51432}{0,3169}
 \end{aligned}$$



$$= 4,7778 \text{ ft/dt}$$

$$\text{Nre} = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,7188 \times 4,8 \times 62,4300}{0,00064}$$

$$= 335837 > 2100 \quad (\text{Asumsi benar})$$

Dipilih pipa Commercial steel ($\epsilon = 0,00015$)

$$\epsilon / D = 0,0002 \quad (\text{Foust, App. C-1})$$

$$f = 0,017 \quad (\text{Foust, App. C-3})$$

Perhitungan Friksi berdasarkan (Peters, 4^{ed} Tabel 1, halaman 484)

$$\text{Panjang pipa lurus } 1/8'' \text{ sch 40} = 50 \text{ ft}$$

Panjang ekuivalen suction, L_e (Peters 4^{ed}; Tabel-1)

$$- 3 \text{ elbow } 90^\circ = 3 \times 32 \times 0,635 = 61,000 \text{ ft}$$

$$- 1 \text{ gate valve} = 1 \times 7 \times 0,635 = 4,448 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang total pipa} = 115,45 \text{ ft}$$

Digunakan Persamaan Bernoulli :

$$- W_f = \frac{\Delta P}{r} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 a gc} + \Sigma F$$

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa 8'' sch 80

$$F_1 = \frac{2 f \times V^2 \times L_e}{gc \times D}$$

$$= \frac{2 \times 0,017 \times (4,778)^2 \times 115,45}{32,2000 \times 0,6354}$$

$$= 4,3794 \text{ ft. Lbf/lbm}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa 8'' sch 80

Perhitungan K_c :

$$F_2 = \frac{K_c \times V^2}{2 \times \alpha \times gc}$$

$$= \frac{0,4 \times (4,7778)^2}{2 \times 1 \times 32,2} \rightarrow \alpha = 1, \text{ aliran turbulen}$$

$$= 0,14179 \quad (\text{Peters 4}^{\text{ed}}, \text{hal. 484})$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa 3/8'' sch 40 ke tangki

$$F_3 = \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc}$$



$$= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times 1 \times gc} \rightarrow \alpha = 1, \text{ untuk aliran turbulen} \\ \text{(Peters 4^{ed}, hal. 484)} \\ = \frac{4,778^2 - 0,000^2}{2 \times 1 \times 32,2} \\ = 0,3545$$

Friksi karena elbow 90

$$F4 = 3 \times K_f \frac{V_2^2}{2} \\ = 3 \times \frac{0,75 \times (4,78)^2}{2} \\ = 25,6812$$

Friksi karena gate valve

$$F5 = K_f \frac{V_2^2}{2} \\ = \frac{0,75 \times (4,778)^2}{2} \\ = 8,56040$$

$$\Sigma F = F1 + F2 + F3 + F4 + F5 \\ = 4,37939 + 0,141787 + 0,354468 \\ \quad 25,68120 + 8,560400 \\ = 39,117243$$

$$\text{Tinggi bahan} = 11,3701 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 62,4300 \text{ lb / cuft}$$

$$P \text{ hidrostatis} = \rho \times H \\ = 62,4 \times 11,3701 \\ = 709,8334 \text{ lb}_f/\text{ft}^2$$

$$P = 14,7000 \times 144 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 = 2116,8000 \text{ lb}_f/\text{ft}^2$$

$$P1 = 2826,6334 \text{ lb}_f/\text{ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 \\ = 2116,8 \text{ lb}_f/\text{ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 \\ = 2116,8000 - 2826,6334 \\ = 709,8 \text{ lb}_f/\text{ft}^2$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{709,833}{62,4300} \\ = 11,370$$

$$\text{Karena } \Delta Z = 17 \text{ ft, maka :}$$

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = 17,5 \text{ ft} \frac{\text{ft}/\text{dt}^2}{\text{ft.lbm}/\text{dt}^2 \text{ lbf}} \\ = 17,4902 \text{ ft.lbf/lbm}$$



(g = percepatan gravitasi = 32.2 ft/dt^2)

(g_c = konstanta gravitasi = $32.2 \text{ ft.dt}^2 \times \text{lbf/lbm}$)

$$\begin{aligned} \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times g_c} &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times g_c} \\ &= \frac{22,828 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,2} \\ &= 0,3545 \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli :

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \Sigma F \\ &= 11,370 + 17,5 + 0,354 + 39,1172 \\ &= 68,332 \end{aligned}$$

sg campuran (Himmelblau : berdasarkan sg bahan) = 1,0000

(Perry 6^{ed} ; pers. 6-11 ; hal. 6-5)

$$\begin{aligned} \text{hp} &= \frac{-W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960} \\ &= \frac{68,332 \times 679,628 \times 1,000}{3960} \\ &= 11,7274 \end{aligned}$$

Effisiensi pompa = 75% (Peters 4^{ed} ; fig. 14-37)

$$\text{Bhp} = \frac{\text{hp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{11,7}{75\%} = 15,636 \text{ hp}$$

Effisiensi motor = 87% (Peters 4^{ed} ; fig. 14-38)

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{15,6}{87\%} = 17,9730 \text{ hp}$$

Power = 17,97 hp

Spesifikasi:

Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Rate volumetrik	: 679,6278 gpm
Diameter pipa	: 8" sch 80
Total Dynamic Head	: 11,3701 ft.lbf/lbm
Effisiensi motor	: 87%
Effisiensi pompa	: 75%
Power	: 17,97 hp = 13,4078 kWh
Jumlah	: 1 buah

**5 Pompa Anion Exchanger (L-612)**

- Fungsi : Mengalirkan air ke anion exchanger
 Type : Centrifugal Pump
 Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan :

$$\rho \text{ Air} = 62,430 \text{ lb/cuft} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Bahan masuk} &= 154,376 \text{ m}^3/\text{jam} \times \text{#####} \text{ kg/m}^3 \\ &= 154.376,202 \text{ kg/jar} \\ &= 340.340,863 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (q}_f) &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{340.340,8626 \text{ lb/jam}}{62,4300 \text{ lb/cuft}} \\ &= 5.451,5595 \text{ cuft/jam} \\ &= 90,8593 \text{ cuft/menit} \\ &= 679,6278 \text{ gpm} \\ &= 1,5143 \text{ cuft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,430}{62,43} \\ &= 1 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page 808** didapat μ 1

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

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1}{1} \times 0,95 \\ &= 0,95 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$

digunakan persamaan (15) : **Peters, 4^{ed}, pers.15, hal.496**

$$\text{Diameter Optimum} = 3,6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan : q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluis density ; lb/cuft



$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa optimum} &= 3.6 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \\ &= 7,4268 \text{ in} \end{aligned}$$

(Foust, App. C 6A)

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

$$\text{ID} = 7,6250 \text{ in} = 0,6354 \text{ ft}$$

$$A = (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \text{ID}^2) = 0,3169 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran, } V &= \frac{\text{rate volumetrik}}{\text{area pipa}} = \frac{\text{cuft/dt}}{\text{ft}^2} \\ &= \frac{1,51432}{0,3169} \\ &= 4,7778 \text{ ft/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nre} &= \frac{D}{\mu} \frac{V}{\rho} = \frac{0,7188 \text{ x } 4,78 \text{ x } 62,4300}{0,00064} \\ &= 335837 > 2100 \quad (\text{Asumsi benar}) \end{aligned}$$

Dipilih pipa Commercial steel ($\epsilon = 0,00015$)

$$\epsilon / D = 0,0002 \quad (\text{Foust, App. C-1})$$

$$f = 0,017 \quad (\text{Foust, App. C-3})$$

Perhitungan Friksi berdasarkan (Peters, 4^{ed} Tabel 1, halaman 484)

$$\text{Panjang pipa lurus } 1/8" \text{ sch 40} = 50 \text{ ft}$$

Panjang ekuivalen suction, L_e (Peters 4^{ed}; Tabel-1)

$$- 3 \text{ elbow } 90^0 = 3 \times 32 \times 0,635 = 61,0000 \text{ ft}$$

$$- 1 \text{ gate valve} = 1 \times 7 \times 0,635 = 4,448 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang total pipa} = 115,4479 \text{ ft}$$

Digunakan Persamaan Bernoulli :

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

Friksi yang terjadi :**Friksi karena gesekan bahan dalam pipa 3/8" sch 40**

$$\begin{aligned} F1 &= \frac{2 f \times V^2 \times L_e}{gc \times D} \\ &= \frac{2 \times 0,017 \times (4,778)^2 \times 115,4479}{32,2000 \times 0,6354} \\ &= 4,3794 \text{ ft. Lbf/lbm} \end{aligned}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa 3/8" sch 40



Perhitungan Kc :

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \frac{K_c \times V^2}{2 \times \alpha \times gc} \\
 &= \frac{0,4 \times 4,7778^2}{2 \times 1 \times 32,2} \rightarrow \alpha = 1, \text{ aliran turbulen} \\
 &= 0,14179 \quad (\text{Peters 4}^{\text{ed}}, \text{hal. 484})
 \end{aligned}$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa 3/8" sch 40 ke tangki

$$\begin{aligned}
 F_3 &= \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc} \\
 &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times 1 \times gc} \rightarrow \alpha = 1, \text{ untuk aliran turbulen} \\
 &= \frac{4,778^2 - 0,000^2}{2 \times 1 \times 32,2} \quad (\text{Peters 4}^{\text{ed}}, \text{hal. 484}) \\
 &= 0,3545
 \end{aligned}$$

Friksi karena elbow 90

$$\begin{aligned}
 F_4 &= 3 \times K_f \frac{V_2^2}{2} \\
 &= 3 \times \frac{0,75 \times (4,778)^2}{2} \\
 &= 25,68120
 \end{aligned}$$

Friksi karena gate valve

$$\begin{aligned}
 F_5 &= K_f \frac{V_2^2}{2} \\
 &= \frac{0,75 \times (4,778)^2}{2} \\
 &= 8,56040
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\
 &= 4,37939 + 0,141787 + 0,354468 \\
 &\quad 25,68120 + 8,560400 \\
 &= 39,117243
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi bahan} &= 3,4656 \text{ ft} \\
 \rho \text{ bahan} &= 62,4300 \text{ lb / cuft} \\
 P \text{ hidrostatis} &= \rho \times H \\
 &= 62,4 \times 3,4656 \\
 &= 216,3572 \text{ lb}_f / \text{ft}^2
 \end{aligned}$$

$$P = 14,7000 \times 144 \text{ lb}_f / \text{ft}^2 = 2116,8000 \text{ lb}_f / \text{ft}^2$$

$$P_1 = 2333,1572 \text{ lb}_f / \text{ft}^2$$



$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lb}_f/\text{ft}^2$$

$$= 2116,8 \text{ lb}_f/\text{ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$= 2116,8000 - 2333,1572$$

$$= 216,4 \text{ lb}_f/\text{ft}^2$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{216,357}{62,4300}$$

$$= 3,466$$

Karena $\Delta Z = 20 \text{ ft}$, maka :

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = 20,5 \text{ ft} \frac{\text{ft}/\text{dt}^2}{\text{ft.lbm}/\text{dt}^2 \text{ lbf}}$$

$$= 20,4567 \text{ ft.lbf/lbm}$$

(g = percepatan gravitasi = $32.2 \text{ ft}/\text{dt}^2$)

(gc = konstanta gravitasi = $32.2 \text{ ft} \cdot \text{dt}^2 \times \text{lbm}/\text{lbf}$)

$$\frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc}$$

$$= \frac{22,828 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,2}$$

$$= 0,3545$$

Persamaan Bernoulli :

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

$$= 3,466 + 20,5 + 0,354 + 39,1172$$

$$= 63,394$$

sg campuran (Himmelblau : berdasarkan sg bahan) = 1,0000

(Perry 6^{ed} ; pers. 6-11 ; hal. 6-5)

$$\text{hp} = \frac{- W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960}$$

$$= \frac{63,394 \times 679,628 \times 1,000}{3960}$$

$$= 10,8799$$

Effisiensi pompa = 75% (Peters 4^{ed} ; fig. 14-37)

$$\text{Bhp} = \frac{\text{hp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{10,8799}{75\%} = 14,507 \text{ hp}$$

Effisiensi motor = 87% (Peters 4^{ed} ; fig. 14-38)



$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{14,5065}{87\%} = 16,6741 \\ \text{Power} &= 16,67 \text{ hp} \end{aligned} \quad \text{hp}$$

Spesifikasi:

Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Rate volumetrik	: 679,6278 gpm
Diameter pipa	: 8" sch 80
Total Dynamic Head	: 3,4656 ft.lbf/lbm
Effisiensi motor	: 87%
Effisiensi pompa	: 75%
Power	: 16,67 hp = 12,4389 kWh
Jumlah	: 1 buah

6 Pompa Bak Demineralisasi/Umpan Boiler (L-613)

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

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \rho \text{ Air} &= 62,430 \text{ lb/cuft} = 1000 \text{ g/ml} \\ \text{Bahan masuk} &= 154,376 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1.000,000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 154.376,202 \text{ kg/jar} \\ &= 340.340,863 \text{ lb/jam} \\ \text{Rate Volumetrik (q}_f\text{)} &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{340.340,8626 \text{ lb/jam}}{62,4300 \text{ lb/cuft}} \\ &= 5.451,5595 \text{ cuft/jam} \\ &= 90,8593 \text{ cuft/menit} \\ &= 679,6278 \text{ gpm} \\ &= 1,5143 \text{ cuft/detik} \\ \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,430}{62,43} \\ &= 1 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page 808** didapat 1

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

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



$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{1} \times 0,95 \\
 &= 0,95 \text{ Cp} \\
 &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}
 \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$

digunakan persamaan (15): **Peters, 4^{ed}, pers.15, hal.496**

$$\text{Diameter Optimum} = 3,6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan : q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluis density ; lb/cuft

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter pipa optimum} &= 3.6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\
 &= 7,4268 \text{ in}
 \end{aligned}$$

(Foust, App. C 6A)

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

$$\text{ID} = 7,6250 \text{ in} = 0,6354 \text{ ft}$$

$$A = (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \text{ID}^2) = 0,3169 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan aliran, } V &= \frac{\text{rate volumetrik}}{\text{area pipa}} \quad \frac{\text{cuft/dt}}{\text{ft}^2} \\
 &= \frac{1,51432}{0,3169} \\
 &= 4,7778 \text{ ft/dt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{re} &= \frac{D}{\mu} \cdot V \cdot \rho = \frac{0,7188 \times 5 \times 62,4300}{0,00064} \\
 &= 335837 > 2100 \quad (\text{Asumsi benar})
 \end{aligned}$$

Dipilih pipa Commercial steel ($\varepsilon = 0,00015$)

$$\varepsilon / D = 0,0002 \quad (\text{Foust, App. C-1})$$

$$f = 0,017 \quad (\text{Foust, App. C-3})$$

Perhitungan Friksi berdasarkan (**Peters, 4^{ed} Tabel 1, halaman 484**)

$$\text{Panjang pipa lurus 8" sch 80} = 50 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang ekuivalen suction, } L_e \quad (\text{Peters 4^{ed}; Tabel-1})$$

$$- 3 \text{ elbow } 90^0 = 3 \times 32 \times 0,635 = 61,0000 \text{ ft}$$

$$- 1 \text{ gate valve} = 1 \times 7 \times 0,635 = 4,448 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang total pipa} = 115,4479 \text{ ft}$$

Digunakan Persamaan Bernoulli :

$$- W_f = \frac{\Delta P}{\rho} + \sum Z \cdot \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2g_c} + \sum F$$



$$r = \frac{gc}{2} \frac{a}{gc} \frac{1}{r}$$

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa 3/8" sch 40

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2 f \times V^2 \times Le}{gc \times D} \\ &= \frac{2 \times 0,017 \times (4,778)^2 \times 115,4479}{32,2000 \times 0,6354} \\ &= 4,3794 \text{ ft. Lbf/lbm} \end{aligned}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa 3/8" sch 40

Perhitungan Kc :

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{Kc \times V^2}{2 \times \alpha \times gc} \\ &= \frac{0,4 \times 4,7778^2}{2 \times 1 \times 32,2} \rightarrow \alpha = 1, \text{ aliran turbulen} \\ & \quad \text{(Peters 4^{ed}, hal. 484)} \\ &= 0,14179 \end{aligned}$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa 3/8" sch 40 ke tangki

$$\begin{aligned} F_3 &= \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc} \\ &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times 1 \times gc} \rightarrow \alpha = 1, \text{ untuk aliran turbulen} \\ & \quad \text{(Peters 4^{ed}, hal. 484)} \\ &= \frac{4,778^2 - 0,000^2}{2 \times 1 \times 32,2} \\ &= 0,3545 \end{aligned}$$

Friksi karena elbow 90

$$\begin{aligned} F_4 &= 3 \times K_f \frac{V_2^2}{2} \\ &= 3 \times \frac{0,75 \times (4,778)^2}{2} \\ &= 25,68120 \end{aligned}$$

Friksi karena gate valve

$$\begin{aligned} F_5 &= K_f \frac{V_2^2}{2} \\ &= \frac{0,75 \times (4,778)^2}{2} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 8,56040 \\
 \Sigma F &= F1 + F2 + F3 + F4 + F5 \\
 &= 4,37939 + 0,141787 + 0,354468 \\
 &\quad 25,68120 + 8,560400 \\
 &= 39,117243 \\
 \text{Tinggi bahan} &= 3,4656 \text{ ft} \\
 \rho \text{ bahan} &= 62,4300 \text{ lb / cuft} \\
 P \text{ hidrostatis} &= \rho \times H \\
 &= 62,4 \times 3,4656 \\
 &= 216,3572 \text{ lb}_f / \text{ft}^2 \\
 P &= 14,7000 \times 144 \text{ lb}_f / \text{ft}^2 = 2116,8000 \text{ lb}_f / \text{ft}^2 \\
 P_1 &= 2333,1572 \text{ lb}_f / \text{ft}^2 \\
 P_2 &= 1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lb}_f / \text{ft}^2 \\
 &= 2116,8 \text{ lb}_f / \text{ft}^2 \\
 \Delta P &= P_2 - P_1 \\
 &= 2116,8000 - 2333,1572 \\
 &= 216,4 \text{ lb}_f / \text{ft}^2 \\
 \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{216,357}{62,4300} \\
 &= 3,466 \\
 \text{Karena } \Delta Z &= 23 \text{ ft} , \text{ maka :} \\
 \Delta Z \frac{g}{gc} &= 23,4 \text{ ft} \frac{\text{ft} / \text{dt}^2}{\text{ft} \cdot \text{lbm} / \text{dt}^2 \cdot \text{lb}_f} \\
 &= 23,4090 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lbm} \\
 & \quad (g = \text{percepatan gravitasi} = 32.2 \text{ ft} / \text{dt}^2) \\
 & \quad (gc = \text{konstanta gravitasi} = 32.2 \text{ ft} \cdot \text{dt}^2 \times \text{lbm} / \text{lb}_f) \\
 \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc} &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \\
 &= \frac{22,828 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,2} \\
 &= 0,3545 \\
 \text{Persamaan Bernoulli :} \\
 - Wf &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\
 &= 3,466 + 23,4 + 0,354 + 39,1172 \\
 &= 66,346 \\
 \text{sg campuran (Himmelblau : berdasarkan sg bahan)} &= 1,0000
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{hp} &= \frac{-W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960} && \text{(Perry 6}^{\text{ed}} \text{ ; pers. 6-11 ; hal. 6-5)} \\
 &= \frac{66,346 \times 679,628 \times 1,000}{3960} \\
 &= 11,3866 \\
 \text{Efisiensi pompa} &= 74\% && \text{(Peters 4}^{\text{ed}} \text{ ; fig. 14-37)} \\
 \text{Bhp} &= \frac{\text{hp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{11,3866}{74\%} = 15,387 \text{ hp} \\
 \text{Efisiensi motor} &= 87\% && \text{(Peters 4}^{\text{ed}} \text{ ; fig. 14-38)} \\
 \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{15,3872}{87\%} = 17,6865 \text{ hp} \\
 \text{Power} &= 17,69 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi:

Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Rate volumetrik	: 679,6278 gpm
Diameter pipa	: 8" sch 80
Total Dynamic Head	: 3,4656 ft.lbf/lbm
Effisiensi motor	: 87%
Effisiensi pompa	: 74%
Power	: 17,69 hp = 13,1941 kWh
Jumlah	: 1 buah

7. Pompa Boiler (L-614)

Fungsi	: Mengalirkan air ke boiler
Type	: Centrifugal Pump
Dasar Pemilihan	: Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ Air} &= 62,430 \text{ lb/cuft} = 1000 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Bahan masuk} &= 5,360 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1.000,00 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 5.360,285 \text{ kg/jar} \\
 &= 11.817,391 \text{ lb/jam} \\
 \text{Rate Volumetrik (q}_f\text{)} &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\
 &= \frac{11.817,391 \text{ lb/jam}}{62,4300 \text{ lb/cuft}}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 189,2903 \text{ cuft/jam} \\
 &= 3,1548 \text{ cuft/menit} \\
 &= 23,5982 \text{ gpm} \\
 &= 0,0526 \text{ cuft/detik} \\
 \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\
 &= \frac{62,430}{62,43} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

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

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 1,0 cp

$$\begin{aligned}
 \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\
 &= \frac{1}{1} \times 0,95 \\
 &= 0,95 \text{ Cp} \\
 &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}
 \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$

digunakan persamaan (15): **Peters, 4^{ed}, pers.15, hal.496**

$$\text{Diameter Optimum} = 3,6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan : q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluis density ; lb/cuft

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter pipa optimum} &= 3.6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\
 &= 1,6371 \text{ in}
 \end{aligned}$$

(Foust, App. C 6A)

$$\text{OD} = 1,9000 \text{ in} = 0,1583 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 1,6100 \text{ in} = 0,1342 \text{ ft}$$

$$A = (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \text{ID}^2) = 0,0141 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan aliran, } V &= \frac{\text{rate volumetrik}}{\text{area pipa}} \quad \frac{\text{cuft/dt}}{\text{ft}^2} \\
 &= \frac{0,05258}{0,0141} \\
 &= 3,7211 \text{ ft/dt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{re} &= \frac{D}{\mu} \frac{V}{\rho} = \frac{0,1583}{0,00064} \times \frac{3,72}{62,4300} \\
 &= 57618 < 2100
 \end{aligned}$$



$$= \frac{57010}{12} \times \frac{2100}{12} \quad (\text{Asumsi benar})$$

Dipilih pipa Commercial steel ($\epsilon = 0,00015$)

$$\epsilon / D = 0,0011 \quad (\text{Foust, App. C-1})$$

$$f = 0,0023 \quad (\text{Foust, App. C-3})$$

Perhitungan Friksi berdasarkan (Peters, 4^{ed} Tabel 1, halaman 484)

Panjang pipa lurus 1 1/2" sch 40 = 50 ft

Panjang ekuivalen suction, Le (Peters 4^{ed}; Tabel-1)

$$- 3 \text{ elbow } 90^0 = 3 \times 32 \times 0,134 = 12,880 \text{ ft}$$

$$- 1 \text{ gate valve} = 1 \times 7 \times 0,134 = 0,939 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang total pipa} = 63,819 \text{ ft}$$

Digunakan Persamaan Bernoulli :

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

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa 1 1/2" sch 40

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2 f \times V^2 \times Le}{gc \times D} \\ &= \frac{2 \times 0,0023 \times (3,721)^2 \times 63,819}{32,2000 \times 0,1342} \\ &= 0,9409 \text{ ft. Lbf/lbm} \end{aligned}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa 1 1/2" sch 40

Perhitungan Kc :

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{Kc \times V^2}{2 \times \alpha \times gc} \\ &= \frac{0,4 \times (3,7211)^2}{2 \times 1 \times 32,2} \rightarrow \alpha = 1, \text{ aliran turbulen} \\ &= 0,08600 \quad (\text{Peters 4}^{\text{ed}}, \text{hal. 484}) \end{aligned}$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa 1 1/2" sch 40 ke tangki

$$\begin{aligned} F_3 &= \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc} \\ &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times 1 \times gc} \rightarrow \alpha = 1, \text{ untuk aliran turbulen} \\ &= \frac{3,721^2 - 0,000^2}{2 \times 1 \times 32,2} \quad (\text{Peters 4}^{\text{ed}}, \text{hal. 484}) \\ &= 0,2150 \end{aligned}$$



Friksi karena elbow 90

$$\begin{aligned}
 F4 &= 3 \times K_f \frac{V_2^2}{2} \\
 &= 3 \times \frac{0,8 \times (3,721)^2}{2} \\
 &= 15,57709
 \end{aligned}$$

Friksi karena gate valve

$$\begin{aligned}
 F5 &= K_f \frac{V_2^2}{2} \\
 &= \frac{0,8 \times (3,721)^2}{2} \\
 &= 5,19236
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= F1 + F2 + F3 + F4 + F5 \\
 &= 0,94090 + 0,086002 + 0,215005 \\
 &\quad 15,57709 + 5,19236 \\
 &= 22,011352
 \end{aligned}$$

Tinggi bahan = 19,8976 ft

ρ bahan = 62,4300 lb / cuft

P hidrostatis = $\rho \times H$

= 62,4 x 19,8976

= 1242,2084 lb_f / ft²

P = 14,7000 x 144 lb_f / ft² = 2116,8000 lb_f / ft²

P₁ = 3359,0084 lb_f / ft²

P₂ = 9 atm = 132,3 x 144 lb_f / ft²

= 19051,2 lb_f / ft²

$\Delta P = P_2 - P_1$

= 19051,2000 - 3359,0084

= 15692,2 lb_f / ft²

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{15692,192}{62,4300}$$

= 251,357

Karena $\Delta Z = 5$ ft , maka :

$$\begin{aligned}
 \Delta Z \frac{g}{gc} &= 5 \text{ ft} \frac{\text{ft} / \text{dt}^2}{\text{ft} \cdot \text{lbf} / \text{dt}^2 \times \text{lbf}} \\
 &= 5,0000 \text{ ft} \cdot \text{lbf} / \text{lbf}
 \end{aligned}$$

(g = percepatan gravitasi = 32.2 ft/dt²)

(gc = konstanta gravitasi = 32.2 ft.dt² x lbf/lbf)

$$\underline{\Delta V^2} = \underline{V_2^2 - V_1^2}$$



$$2 \times \alpha \times \frac{gc}{gc} = \frac{2 \times \alpha \times gc}{2 \times 1 \times 32,2} = \frac{13,846 \times 0,0000}{32,2} = 0,2150$$

Persamaan Bernoulli :

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\ &= 251,357 + 5 + 0,215 + 22,0114 \\ &= 278,583 \end{aligned}$$

sg campuran (Himmelblau : berdasarkan sg bahan) = 1,0000

(Perry 6^{ed} ; pers. 6-11 ; hal. 6-5)

$$\begin{aligned} \text{hp} &= \frac{-W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960} \\ &= \frac{278,583 \times 23,598 \times 1,000}{3960} \\ &= 1,6601 \end{aligned}$$

Effisiensi pompa = 32% (Peters 4^{ed} ; fig. 14-37)

$$\text{Bhp} = \frac{\text{hp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{1,66011}{32\%} = 5,1879 \text{ hp}$$

Effisiensi motor = 84% (Peters 4^{ed} ; fig. 14-38)

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{5,188}{84\%} = 6,2 \text{ hp}$$

$$\text{Power} = 6,18 \text{ hp}$$

Spesifikasi:

Diameter pipa	: 1 1/2" sch 40
Total Dynamic Head	: 251,3566 ft.lbf/lbm
Effisiensi motor	: 84%
Effisiensi pompa	: 32%
Power	: 6,18 hp = 4,6073 kWh
Jumlah	: 1 buah

Fungsi : Mengalirkan air pendingin dari bak penampung air

8. Pompa Air Pendingi bersih ke bak penampung air pendingin

Type : Centrifugal Pump

Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan :



$$\begin{aligned} \rho \text{ Air} &= 62,430 \text{ lb/cuft} = 1000 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Bahan masuk} &= 234,299 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1.000,0 \text{ kg/m}^3 \\ &= 234.299,091 \text{ kg/jar} \\ &= 516.540,463 \text{ lb/jam} \\ \text{Rate Volumetrik (} q_f \text{)} &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{516.540,4626 \text{ lb/jam}}{62,4300 \text{ lb/cuft}} \\ &= 8.273,9142 \text{ cuft/jam} \\ &= 137,8986 \text{ cuft/menit} \\ &= 1.031,4813 \text{ gpm} \\ &= 2,2983 \text{ cuft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,430}{62,43} \\ &= 1 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page 808** didapat 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 1,0 cp

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1}{1} \times 0,95 \\ &= 0,95 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$

digunakan persamaan (15): **Peters, 4^{ed}, pers.15, hal.496**

$$\text{Diameter Optimum} = 3,6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan : q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluis density ; lb/cuft

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa optimum} &= 3.6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 8,9606 \text{ in} \end{aligned}$$

(Foust, App. C 6A)

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

$$\text{ID} = 7,6250 \text{ in} = 0,6354 \text{ ft}$$

$$A = (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \text{ID}^2) = 0,3169 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan aliran, } V = \frac{\text{rate volumetrik}}{\text{area pipa}} = \frac{\text{cuft/dt}}{\text{ft}^2}$$



$$= \frac{2,29831}{0,3169}$$

$$= 7,2514 \text{ ft/dt}$$

$$N_{re} = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,7188 \times 7,25 \times 62,4300}{0,00064}$$

$$= 509706 > 2100$$

Dipilih pipa Commercial st 0,00015) (Asumsi benar)

$$\varepsilon / D = 0,0002 \quad (\text{Foust, App. C-1})$$

$$f = 0,017 \quad (\text{Foust, App. C-3})$$

Perhitungan Friksi berdasarkan (Peters, 4^{ed} Tabel 1 , halaman 484)

$$\text{Panjang pipa lurus 8" sch 80} = 50 \text{ ft}$$

Panjang ekuivalen suction , Le (Peters 4^{ed}; Tabel-1)

$$- 3 \text{ elbow } 90^0 = 3 \times 32 \times 0,635 = 61,000$$

$$- 1 \text{ gate valve} = 1 \times 7 \times 0,635 = 4,448$$

$$\text{Panjang total pipa} = 115,45 \text{ ft}$$

Digunakan Persamaan Bernoulli :

$$- W_f = \frac{\Delta P}{r} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 a gc} + \Sigma F$$

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa 8" sch 80

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

$$= \frac{2 \times 0,017 \times (7,251)^2 \times 115,45}{32,2000 \times 0,6354}$$

$$= 10,0877 \text{ ft. Lbf/lbm}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa 8" sch 80

Perhitungan Kc :

$$F_2 = \frac{K_c \times V^2}{2 \times \alpha \times gc}$$

$$= \frac{0,4 \times 7,2514^2}{2 \times 1 \times 32,2} \rightarrow \alpha = 1, \text{ aliran turbulen}$$

$$= 0,32660 \quad (\text{Peters 4}^{\text{ed}}, \text{hal. 484})$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa 8" sch 80



ke tangki

$$\begin{aligned}
 F_3 &= \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc} \\
 &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times 1 \times gc} \rightarrow \alpha = 1 \text{ aliran turbulen} \\
 &\quad \text{(Peters 4^{ed}, hal. 484)} \\
 &= \frac{7,251^2 - 0,000^2}{2 \times 1 \times 32,2} \\
 &= 0,8165
 \end{aligned}$$

Friksi karena elbow 90

$$\begin{aligned}
 F_4 &= 3 \times K_f \frac{V_2^2}{2} \\
 &= 3 \times \frac{0,8 \times (7,251)^2}{2} \\
 &= 59,15559
 \end{aligned}$$

Friksi karena gate valve

$$\begin{aligned}
 F_5 &= K_f \frac{V_2^2}{2} \\
 &= \frac{0,8 \times (7,251)^2}{2} \\
 &= 19,71853
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\
 &= 10,08774 + 0,326601 + 0,816502 \\
 &\quad 59,15559 + 19,718532 \\
 &= 90,104969
 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi bahan} = 11,3701 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 62,4300 \text{ lb / cuft}$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ hidrostatis} &= \rho \times H \\
 &= 62,4 \times 11,3701 \\
 &= 709,8334 \text{ lb}_f / \text{ft}^2
 \end{aligned}$$

$$P = 14,7000 \times 144 \text{ lb}_f / \text{f} = 2116,8000 \text{ lb}_f / \text{ft}^2$$

$$P_1 = 2826,6334 \text{ lb}_f / \text{ft}^2$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= 1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lb}_f / \text{ft}^2 \\
 &= 2116,8 \text{ lb}_f / \text{ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= P_2 - P_1 \\
 &= 2116,8000 - 2826,6334 \\
 &= 709,8 \text{ lb}_f / \text{ft}^2
 \end{aligned}$$



$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{709,833}{62,4300}$$

$$= 11,370$$

Karena $\Delta Z = 5 \text{ ft}$, maka :

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = 5 \text{ ft} \frac{\text{ft}/\text{dt}^2}{\text{ft.lbm}/\text{dt}^2 \text{ lbf}}$$

$$= 5 \text{ ft.lbf}/\text{lbm}$$

($g = \text{percepatan gravitasi} = 32.2 \text{ ft}/\text{dt}^2$)

($gc = \text{konstanta gravitasi} = 32.2 \text{ ft} \cdot \text{dt}^2 \times \text{lbm}/\text{lbf}$)

$$\frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc}$$

$$= \frac{52,583 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,2}$$

$$= 0,8165$$

Persamaan Bernoulli :

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

$$= 11,370 + 5,27 + 0,817 + 90,105$$

$$= 107,562$$

sg campuran (Himmelblau : berdasarkan = 1,0000

(Perry 6^{ed} ; pers. 6-11 ; hal. 6-5)

$$\text{hp} = \frac{- W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960}$$

$$= \frac{107,562 \times 1031,481 \times 1,000}{3960}$$

$$= 28,0173$$

Effisiensi pompa = 72% (Peters 4^{ed} ; fig. 14-37)

$$\text{Bhp} = \frac{\text{hp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{28,0}{72\%} = 38,913 \text{ hp}$$

Effisiensi motor = 86% (Peters 4^{ed} ; fig. 14-38)

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{38,9}{86\%} = 45 \text{ hp}$$

$$\text{Power} = 45,2 \text{ hp}$$



Bahan konstruksi	:	Stainless Steel	
Rate volumetrik	:	1031,4813	gpm
Diameter pipa	:	8" sch 80	
Total Dynamic Head	:	11,3701	ft.lbf/lbm
Effisiensi motor	:	86%	
Effisiensi pompa	:	72%	
Power	:	45,2 hp	= 33,7547
Jumlah	:	1 buah	kWh

9. Pompa Recycle Air Pendingin (L-722)

Fungsi	:	Mengalirkan bekas air pendingin ke cooling tower
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar Pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan :

$$\rho \text{ Air} = 62,430 \text{ lb/cuft} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Bahan masuk} &= 234,299 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1.000,0 \text{ kg/m}^3 \\ &= 234.299,091 \text{ kg/jar} \\ &= 516.540,463 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (q}_f) &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{516.540,4626 \text{ lb/jam}}{62,4300 \text{ lb/cuft}} \\ &= 8.273,9142 \text{ cuft/jam} \\ &= 137,8986 \text{ cuft/menit} \\ &= 1.031,4813 \text{ gpm} \\ &= 2,2983 \text{ cuft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,430}{62,43} \\ &= 1 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page 808** didapat 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat $\mu \text{ reference} = 1,0 \text{ cp}$

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1}{1} \times 0,95 \\ &= 0,95 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :



Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$

digunakan persamaan (15): **Peters, 4^{ed}, pers.15, hal.496**

$$\text{Diameter Optimum} = 3,6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan : q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluis density ; lb/cuft

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa optimum} &= 3.6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 8,9606 \text{ in} \end{aligned}$$

(Foust, App. C 6A)

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

$$\text{ID} = 7,6250 \text{ in} = 0,6354 \text{ ft}$$

$$A = (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \text{ID}^2) = 0,3169 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran, } V &= \frac{\text{rate volumetrik}}{\text{area pipa}} \quad \frac{\text{cuft/dt}}{\text{ft}^2} \\ &= \frac{2,29831}{0,3169} \\ &= 7,2514 \text{ ft/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{re} &= \frac{D}{\mu} \times V \times \rho = \frac{0,7188 \times 7,25 \times 62,4300}{0,00064} \\ &= 509706 > 2100 \quad \text{Asumsi benar} \end{aligned}$$

Dipilih pipa Commercial steel ($\varepsilon = 0,00015$)

$$\varepsilon / D = 0,0002 \quad \text{(Foust, App. C-1)}$$

$$f = 0,017 \quad \text{(Foust, App. C-3)}$$

Perhitungan Friksi berdasarkan (**Peters, 4^{ed} Tabel 1, halaman 484**)

$$\text{Panjang pipa lurus 8" sch 80} = 50 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang ekuivalen suction, } L_e \quad \text{(Peters 4^{ed}; Tabel-1)}$$

$$- 3 \text{ elbow } 90^0 = 3 \times 32 \times 0,635 = 61,000$$

$$- 1 \text{ gate valve} = 1 \times 7 \times 0,635 = 4,448$$

$$\text{Panjang total pipa} = 115,45 \text{ ft}$$

Digunakan Persamaan Bernoulli :

$$- W_f = \frac{\Delta P}{r} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 a gc} + \Sigma F$$

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa 8" sch 80

$$F_l = \frac{2 f \times V^2 \times L_e}{gc \times D}$$



$$= \frac{2 \times 0,017 \times (7,251)^2 \times 115,45}{32,2000 \times 0,6354}$$

$$= 10,0877 \text{ ft. Lbf/lbm}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa 8" sch 80

Perhitungan Kc :

$$F_2 = \frac{K_c \times V^2}{2 \times \alpha \times gc}$$

$$= \frac{0,4 \times 7,2514^2}{2 \times 1 \times 32,2} \rightarrow \alpha = 1 \text{ aliran turbulen}$$

(Peters 4^{ed}, hal. 484)

$$= 0,32660$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa 8" sch 80 ke tangki

$$F_3 = \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc}$$

$$= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times 1 \times gc} \rightarrow \alpha = 1 \text{ aliran turbulen}$$

(Peters 4^{ed}, hal. 484)

$$= \frac{7,251^2 - 0,000^2}{2 \times 1 \times 32,2}$$

$$= 0,8165$$

Friksi karena elbow 90

$$F_4 = 3 \times K_f \frac{V_2^2}{2}$$

$$= 3 \times \frac{0,8 \times (7,251)^2}{2}$$

$$= 59,15559$$

Friksi karena gate valve

$$F_5 = K_f \frac{V_2^2}{2}$$

$$= \frac{0,8 \times (7,251)^2}{2}$$

$$= 19,71853$$

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

$$= 10,08774 + 0,326601 + 0,816502$$



$$\begin{aligned}
 &= 59,15559 + 19,718532 \\
 &= 90,104969 \\
 P_1 &= 14,7000 \times 144 \text{ lbf / f} = 2116,8000 \text{ lbf / ft}^2 \\
 P_2 &= 1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lb}_f / \text{ft}^2 \\
 &= 2116,8 \text{ lb}_f / \text{ft}^2 \\
 \Delta P &= P_2 - P_1 \\
 &= 2116,8000 - 2116,8000 \\
 &= 0,0 \text{ lb}_f / \text{ft}^2 \\
 \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{0,000}{62,4300} \\
 &= 0,000 \\
 \text{Karena } \Delta Z &= 36 \text{ ft, maka :} \\
 \Delta Z \frac{g}{gc} &= 36 \text{ ft} \frac{\text{ft} / \text{dt}^2}{\text{ft} \cdot \text{lbf} / \text{dt}^2 \cdot \text{lbf}} \\
 &= 36,0000 \text{ ft} \cdot \text{lbf} / \text{lbf}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (g &= \text{percepatan gravitasi} = 32.2 \text{ ft/dt}^2) \\
 (gc &= \text{konstanta gravitasi} = 32.2 \text{ ft} \cdot \text{dt}^2 \times \text{lbf/lbf})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc} &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \\
 &= \frac{52,583^2 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,2} \\
 &= 0,8165
 \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli :

$$\begin{aligned}
 -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\
 &= 0,000 + 36 + 0,817 + 90,105 \\
 &= 126,921
 \end{aligned}$$

sg campuran (Himmelblau : berdasarkan sg ba = 1,0000

(Perry 6^{ed} ; pers. 6-11 ; hal. 6-5)

$$\begin{aligned}
 hp &= \frac{-W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times sg}{3960} \\
 &= \frac{126,921 \times 1031,481 \times 1,000}{3960} \\
 &= 33,0599
 \end{aligned}$$

Effisiensi pompa = 72% (Peters 4^{ed} ; fig. 14-37)

$$\text{Bhp} = \frac{hp}{\eta \text{ pompa}} = \frac{33,0599}{72\%} =$$



$$\begin{aligned} \text{Effisiensi motor} &= 87\% \quad (\text{Peters 4}^{\text{ed}} ; \text{fig. 14-38}) \\ \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{45,9165}{87\%} = 52,8 \text{ hp} \\ \text{Power} &= 52,78 \text{ hp} \end{aligned}$$

Bahan konstruksi	:	Stainless Steel
Rate volumetrik	:	1031,4813 gpm
Diameter pipa	:	8" sch 80
Total Dynamic Head	:	126,9215 ft.lbf/lbm
Effisiensi motor	:	87%
Effisiensi pompa	:	72%
Power	:	52,78 hp = 39,372 kWh
Jumlah	:	1 buah

Fungsi : Mengalirkan air pendingin dari cooling tower ke bak

10. Pompa Cooling Tower penampung air (L-721)

Type : Centrifugal Pump

Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan :

$$\rho \text{ Air} = 62,430 \text{ lb/cuft} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Bahan masuk} &= 234,299 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1.000,0 \text{ kg/m}^3 \\ &= 234.299,091 \text{ kg/jar} \\ &= 516.540,463 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (q}_f) &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{516.540,4626 \text{ lb/jam}}{62,4300 \text{ lb/cuft}} \\ &= 8.273,9142 \text{ cuft/jam} \\ &= 137,8986 \text{ cuft/menit} \\ &= 1.031,4813 \text{ gpm} \\ &= 2,2983 \text{ cuft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,430}{62,43} \\ &= 1 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari Kern Table 6 ; Page 808 didapat 1

Dari Kern figure 14 ; Page 823 didapat μ reference = 1,0 cp

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



$$\begin{aligned} \mu_{\text{bahan}} &= \mu_{\text{reference}} \left(\frac{\rho_{\text{bahan}}}{\rho_{\text{reference}}} \right)^{1.7} \\ &= \frac{1}{1} \times 0,95 \\ &= 0,95 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$

digunakan persamaan (15): **Peters, 4^{ed}, pers.15, hal.496**

$$\text{Diameter Optimum} = 3,6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan : q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluis density ; lb/cuft

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa optimum} &= 3,6 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 8,9606 \text{ in} \end{aligned}$$

(Foust, App. C 6A)

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

$$\text{ID} = 7,6250 \text{ in} = 0,6354 \text{ ft}$$

$$A = (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \text{ID}^2) = 0,3169 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran, } V &= \frac{\text{rate volumetrik}}{\text{area pipa}} \frac{\text{cuft/dt}}{\text{ft}^2} \\ &= \frac{2,29831}{0,3169} \\ &= 7,2514 \text{ ft/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{re} &= \frac{D}{\mu} V \rho = \frac{0,7188 \times 7,25 \times 62,4300}{0,00064} \\ &= 509706 > 2100 \quad \text{Asumsi benar} \end{aligned}$$

Dipilih pipa Commercial steel ($\epsilon = 0,00015$)

$$\epsilon / D = 0,0002 \quad (\text{Foust, App. C-1})$$

$$f = 0,017 \quad (\text{Foust, App. C-3})$$

Perhitungan Friksi berdasarkan (**Peters, 4^{ed} Tabel 1, halaman 484**)

$$\text{Panjang pipa lurus 8" sch 80} = 50 \text{ ft}$$

Panjang ekuivalen suction, L_e (**Peters 4^{ed}; Tabel-1**)

$$- 3 \text{ elbow } 90^0 = 3 \times 32 \times 0,635 = 61 \text{ ft}$$

$$- 1 \text{ gate valve} = 1 \times 7 \times 0,635 = 4,448 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang total pipa} = 115,45$$

Digunakan Persamaan Bernoulli : ft

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



$$\dots = \frac{r}{gc} \cdot 2 \cdot a \cdot gc \cdot \dots$$

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa 2" sch 40

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2 f \times V^2 \times Le}{gc \times D} \\ &= \frac{2 \times 0,017 \times (7,251)^2 \times 115,45}{32,2000 \times 0,6354} \\ &= 10,0877 \text{ ft. Lbf/lbm} \end{aligned}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa 2" sch 40

Perhitungan Kc :

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{Kc \times V^2}{2 \times \alpha \times gc} \\ &= \frac{0,4 \times 7,2514^2}{2 \times 1 \times 32,2} \rightarrow \alpha = 1 \text{ aliran turbulen} \\ & \quad \text{(Peters 4^{ed}, hal. 484)} \\ &= 0,32660 \end{aligned}$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa 2" sch 40 ke tangki

$$\begin{aligned} F_3 &= \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc} \\ &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times 1 \times gc} \rightarrow \alpha = 1 \text{ aliran turbulen} \\ & \quad \text{(Peters 4^{ed}, hal. 484)} \\ &= \frac{7,251^2 - 0,000^2}{2 \times 1 \times 32,2} \\ &= 0,8165 \end{aligned}$$

Friksi karena elbow 90

$$\begin{aligned} F_4 &= 3 \times K_f \frac{V_2^2}{2} \\ &= 3 \times \frac{0,8 \times (7,251)^2}{2} \\ &= 59,15559 \end{aligned}$$

Friksi karena gate valve

$$\begin{aligned} F_5 &= K_f \frac{V_2^2}{2} \\ &= \frac{0,8 \times (7,251)^2}{2} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 19,71853 \\
 \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\
 &= 10,08774 + 0,326601 + 0,816502 \\
 &\quad 59,15559 + 19,718532 \\
 &= 90,104969 \\
 P_1 &= 14,7000 \times 144 \text{ lbf / ft}^2 = 2116,8000 \quad \text{lbf / ft}^2 \\
 P_2 &= 1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lb}_f / \text{ft}^2 \\
 &= 2116,8 \text{ lb}_f / \text{ft}^2 \\
 \Delta P &= P_2 - P_1 \\
 &= 2116,8000 - 2116,8000 \\
 &= 0,0 \text{ lb}_f / \text{ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{0,000}{62,4300} \\
 &= 0,000
 \end{aligned}$$

Karena $\Delta Z = 5 \text{ ft}$, maka :

$$\begin{aligned}
 \Delta Z \frac{g}{gc} &= 5,27 \text{ ft} \frac{\text{ft} / \text{dt}^2}{\text{ft} \cdot \text{lbm} / \text{dt}^2 \cdot \text{lbf}} \\
 &= 5,2709 \text{ ft} \cdot \text{lbf} / \text{lbm}
 \end{aligned}$$

(g = percepatan gravitasi = $32.2 \text{ ft} / \text{dt}^2$)
 (gc = konstanta gravitasi = $32.2 \text{ ft} \cdot \text{dt}^2 \times \text{lbm} / \text{lbf}$)

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc} &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \\
 &= \frac{52,583 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,2} \\
 &= 0,8165
 \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli :

$$\begin{aligned}
 - W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\
 &= 0 + 5,27 + 0,817 + 90,1050 \\
 &= 96,192
 \end{aligned}$$

sg campuran (Himmelblau : berdasarkan = 1,0000

(Perry 6^{ed} ; pers. 6-11 ; hal. 6-5)

$$\begin{aligned}
 hp &= \frac{- W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times sg}{3960} \\
 &= \frac{96,192 \times 1031,481 \times 1,000}{3960}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} &= \frac{25,0557}{3960} \\ \text{Effisiensi pompa} &= 74\% \quad (\text{Peters 4}^{\text{ed}}; \text{fig. 14-37}) \\ \text{Bhp} &= \frac{\text{hp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{25,0557}{74\%} = 33,8591 \text{ hp} \\ \text{cc} &= 86\% \quad (\text{Peters 4}^{\text{ed}}; \text{fig. 14-38}) \\ \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{33,9}{86\%} = 39,3710 \text{ hp} \\ \text{Power} &= 39,37 \text{ hp} \end{aligned}$$

Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Rate volumetrik	: 1031,4813 gpm
Diameter pipa	: 8" sch 80
Total Dynamic Head	: 96,1924 ft.lbf/lbm
Effisiensi motor	: 86%
Effisiensi pompa	: 74%
Power	: 39,37 hp = 29,3708 kWh
Jumlah	: 1 buah

Tenaga listrik yang dibutuhkan Pabrik ini dipenuhi dari Perusahaan
VII.4. Unit Pembangkit Tenaga Listrik

Li Untuk keperluan proses.

list Untuk keperluan penerangan.

- Untuk keperluan proses disediakan dari generator set, sedangkan
-

untuk penerangandari PLN. Bila terjadi kerusakan pada generator set, kebutuhan listrik bisa diperoleh dari PLN. Demikian juga bila terjadi gangguan dari PLN, kebutuhan listrik untuk penerangan bisa diperoleh dari generator set.

Perincian kebutuhan listrik dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel VII.1. Kebutuhan Listrik untuk Peralatan Proses dan Utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Power
	Peralatan Proses		(hp)
1	Pompa	L-122	1,2279
2	Pompa	L-102	0,4960



3	Pompa	L-132	1,4574
4	pompa	L-221	4,5492
5	pompa	L-232	4,7044
6	pompa	L-241	1,2815
7	pompa	L-313	4,9687
8	pompa	L-321	0,5565
9	pompa	L-331	4,0670
10	pompa	L-413	4,486191783
11	pompa	L-421	0,2308
12	pompa	L-431	0,188826887
13	pompa	L-522	1
14	mixer	M-112	10
15	mixer	M-122	5
16	reaktor	R-210	40
total			84,3552

No	Nama Alat	Kode Alat	Power (hp)
	Peralatan Proses		
1	Boiler	L-640	35,0000
2	Cooling Tower	P-720	20,0000
3	Tangki Koagulasi	F-210	3,3000
4	Tangki Flokulasi	F-220	1,7500
5	Pompa Air Sungai	L-111	27,7000
6	Pompa ke Tangki Koagulasi	L-211	65,1305
7	Pompa ke Sand Filter	L-411	34,7068
8	Pompa ke Kation Exchanger	L-611	17,9730
9	Pompa ke Anion Exchanger	L-612	16,6741
10	Pompa Air Umpan Boiler	L-613	17,6865
11	Pompa Boiler	L-614	6,1760
12	Pompa Bak Penampung Air Pendingin	L-711	45,2476
13	Pompa Recycle Air Pendingin	L-721	39,3710
14	Pompa Cooling Tower	L-722	52,7776
Total			348,4932



$$\begin{aligned}
 1 \text{ Hp} &= 745,6 \text{ W} = 0,75 \text{ kW} \\
 \text{Total kebutuhan li} &= 84,355 + 348,493 \\
 &= 432,848 \quad \times \quad 0,7456 \quad \text{kW} \\
 &= 322,73 \text{ kWh} \\
 &= 323 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan listrik untuk penerangan pabrik dihitung berdasarkan kuat penerangan untuk tiap-tiap lokasi. Dengan menggunakan perbandingan beban listrik lumen/m²

$$\begin{aligned}
 \text{Dimana } 1 \text{ foot candle} &= 10.076 \text{ lumen / m}^2 \\
 1 \text{ lumen} &= 0,0015 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Tabel VII.2. Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan

No	Lokasi	Luas (m ²)	Foot candle	Lumen / m ²
1	Jalan	1007	101	1017676
2	Pos Keamanan	18	2	20152
3	Parkir	375	38	382888
4	Taman	400	40	403040
5	Timbangan Truk	25	3	30228
6	Pemadam Kebakaran	100	10	100760
7	Bengkel	100	10	100760
8	Kantor	500	50	503800
9	Perpustakaan	300	30	302280
10	Kantin	75	8	80608
11	Poliklinik	100	10	100760
12	Mushola	400	40	403040
13	Ruang Proses	5250	525	5289900
14	Ruang Kontrol	100	10	100760
15	Laboratorium	400	40	403040
16	Unit Pengolahan Air	1200	120	1209120
17	Unit Pembangkit Listrik	300	30	302280
18	Unit Boiler	300	30	302280
19	Storage Produk	200	20	201520
20	Storage Bahan Baku	5250	525	5289900
21	Gudang	400	40	403040
22	Unit Pengolahan Limbah	300	30	302280
23	Daerah Perluasan	2500	250	2519000
24	Gedung Serbaguna	400	40	403040
Total		20000	2001,7	20172152

Untuk penerangan daerah proses, daerah perluasan, daerah utilitas, daerah bahan baku, daerah produk, tempat parkir, bengkel, gudang,



jalan dan tamandigunakan merkury 250 watt.
 Untuk lampu merkury 250 watt mempunyai besar
 Lumen Output = 166666,67 lumer (Perry 7^{ed}, Conversion Table)

Jumlah lampu merkury yang dibutuhkan :

Tabel VII.3 Jumlah Lampu Merkury

No	Lokasi	Lumen / m ²
1	Ruang Proses	5289900
2	Daerah Perluasan	2519000
3	Utilitas	302280
4	Storage Bahan Baku	5289900
5	Storage Produk	201520
6	Parkir	382888
7	Bengkel	100760
8	Gudang	403040
9	Jalan Aspal	1017676
10	Taman	403040
Total		15910004

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lampu mercury yang dibutuhkan} &= \frac{15910004}{166666,7} \\ &= 95,460 \\ &\approx 95 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk penerangan lain digunakan lampu} &40 \text{ watt} \\ \text{Untuk lampu TL 40 watt, lumen out put} &= 26666,667 \\ \text{Jumlah lampu TL yang dibutuhkan} &= \frac{20172152 - 2E+07}{26666,667} \\ &= 160 \\ &\approx 160 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan listrik untuk penerangan :} \\ &= [95 \times 250] + [160 \times 40] \\ &= 30.150 \text{ watt} \\ &= 30,150 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan listrik untuk AC kantor} &= 20 \text{ kWh} \\ \text{Supply PLN hanya untuk penerangan dan AC} \\ &= 30,1500 + 20,000 \\ &= 50,1500 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Untuk menjamin kelancaran dalam penyediaan, ditambah 20 % dari total kebutuhan

$$\begin{aligned} \text{Sehingga kebutuhan listrik} &= 1,2 \times 50,150 \\ &= 60,1800 \text{ kWh} \end{aligned}$$



Direncanakan digunal Generator Portable Set (penempatannya mudah)

Effisiensi generator set : 80%

Supply listrik untuk keperluan proses&utilitas diperoleh dari generator set. Kebutuhan listrik untuk keperluan proses dan utilitas = 323 kWh

Untuk menjamin kelancaran dalam penyediaan, ditambah 20%

VI dari total kebutuhan.

$$\begin{aligned} \text{Sehingga kebutuhan listrik} &= 1,2 \times 323 \\ &= 387,278 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas generator set total} &= \frac{387,2781}{80\%} \\ &= 484,0976 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$1 \text{ kW} = 56,87 \text{ Btu/menit}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ generator} &= 484,0976 \times 56,9 \\ &= 27.530,6331 \text{ Btu/menit} \end{aligned}$$

$$\text{Heating Value minyak bakar} = 19.065,694 \text{ Btu/lb}$$

[Perry 6^{ed},1984 Page1629]

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan bahan bakar untuk generator} &= \frac{27.530,6331 \text{ Btu/menit}}{19.065,6944 \text{ Btu/lb}} \\ &= 1,4440 \text{ lb/menit} \\ &= 39,3342 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Jadi dalam perencanaan ini, harus disediakan generator pembangkit tenaga listrik yang dapat menghasilkan daya listrik yang sesuai.

$$\text{Dengan kebutuhan bahan bakar solar sebesar} = 39,334 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Berat jenis bahan bakar} = 870 \text{ kg/m}^3 = 0,9 \text{ kg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka kebutuhan bahan bakar} &= \frac{39,3342}{0,87} \\ &= 45,2118 \text{ L/jam} \\ &= 1.085,08 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

Spesifikasi Generator Set :

Fungsi : Pembangkit Tenaga Listrik

Kapasitas : 484,0976 kWh

Power factor : 80%

Frekuensi : 50 Hz

Bahan bakar : Diesel Oil

Jumlah bahan bakar : 1.085,0823 L/hari

Jumlah : 2 buah (1 cadangan)

Fungsi : Menyimpan bahan bakar solar untuk kebutuhan generator dan boiler.

Bentuk : Tangki Silinder Vertikal dengan plat datar (flat bottom) dan atap torispherical dished

$$\text{Kebutuhan bahan bakar untuk generator per jar} = 86,6393 \text{ lb/jam}$$



$$\text{Kebutuhan bahan bakar untuk boiler per jam} = \underline{123,1564 \text{ lb/jam}}$$

VII.5 Tangki Penyimpan Bahan Bakar

VII.5.1. Tangki Penyimpanan Bahan Bakar Solar

$$\text{Total Minyak Diesel} = \underline{209,7957 \text{ lb/jam}}$$

$$\text{Densitas minyak diesel} = 54,3 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{Kapasitas} = 3,863 \text{ cuft/jam}$$

$$1 \text{ cuft} = 28,3 \text{ liter}$$

$$\text{Kapasitas per jam} = 109,3982 \text{ L/jam}$$

Direncanakan penyimpanan bahan bakar selama 1 minggu:

$$\text{Volume bahan} = 3,863 \text{ cuft/jam} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \times 7 \text{ hari}$$

$$= 648,9721 \text{ cuft}$$

Safety factor = 20%

$$\text{Volume tangki} = 1,1 \times 648,9721$$

$$= 713,8693 \text{ cuft}$$

Menentukan dimensi tangki

Asumsi dimensi ratio : H/D = 1 (Ulrich Table.4-27)

$$\text{Volume silinder} = \frac{1}{4} \times \pi \times D_s^2 \times H_s$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D_s^2 \times D_s \quad \begin{matrix} \text{m} \\ \text{m} \end{matrix}$$

$$= 0,785 \text{ } D_s^3$$

$$V \text{ tutup atas} = 0,000049 \text{ } D_s^3 \text{ (Torispherical)}$$

[Brownell : 88]

$$\text{Volume tangki} = \text{Volume silinder} + \text{Volume tutup atas}$$

$$713,8693 = 0,785 \text{ } D_s^3 + 0,000049 \text{ } D_s^3$$

$$713,8693 = 0,785 \text{ } D^3$$

$$D_t = 9,6881 \text{ ft} = 116,2577 \text{ in} = \#$$

$$H_t = 9,6881 \text{ ft} = 116,2577 \text{ in} = \#$$

Menentukan ukuran tangki dan ketebalannya

$$\text{Volume liquid} = \frac{\pi}{4} \times D_{liq}^2 \times H_{liq}$$

$$648,9721 = 0,785 \text{ } D_{liq}^3$$

$$D_{liq} = 9,3854 \text{ ft} = 112,62 \text{ in} = 2,86 \text{ m}$$

$$H_{liq} = 9,3854 \text{ ft} = 112,62 \text{ in} = 2,86 \text{ m}$$

Menentukan Tekanan Design

Jika didalam bejana terdapat liquid , maka :

$$P \text{ design} = P_o - P_i + P_{hidrostatik}$$



$$\begin{aligned}
 P_{\text{design}} &= 14,7 - 14,7 + P_{\text{hidrostatik}} \\
 P_{\text{design}} &= P_{\text{hidrostatik}} \\
 P_{\text{design}} &= \rho \times g/gc \times H_{\text{liq}} \\
 &= 54,3100 \frac{\text{lbf}}{\text{cuft}} \times 1 \frac{\text{lbf}}{\text{lbf}} \times 9,3854 \text{ ft} \\
 &= 509,7203 \frac{\text{lbf}}{\text{ft}^2} \\
 &= 3,5397 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

Asumsi P design 10% lebih besar untuk faktor keamanan

$$\begin{aligned}
 P_{\text{design}} &= 1,1 \times 3,5397 \\
 &= 3,8937 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

Menentukan tebal minimum shell

Tebal shell berdasarkan ASME code untuk cylindrical tank :

$$t_{\text{min}} = \frac{P \times r_i}{f_e - 0.6P} + C \quad \text{[Brownell, pers.13-1, Page 254]}$$

Dengan :

$$\begin{aligned}
 t_{\text{min}} &= \text{tebal shell minimum ; in} \\
 P &= \text{tekanan tangki ; Psi} \\
 r_i &= \text{jari-jari tangki ; in (1/2 D)} \\
 C &= \text{faktor korosi ; in (digunakan = 0,1250 in)} \\
 E &= \text{faktor pengelasan, digunakan double welded} \\
 e &= 0,800 \\
 f &= \text{stress allowable, bahan konstruksi carbon steel SA-283} \\
 &\quad \text{grade B, maka } f = 11.500 \quad \text{[Brownell, Table.13-1]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r_i &= 0,5 \times 116,2577 \\
 &= 58,129 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{\text{min}} &= \frac{P \times r_i}{f_e - 0.6P} + C \\
 &= \frac{3,8937 \times 58,1289}{9.200 - 2,3362} + \frac{1}{8} \\
 &= 0,0246 + 0,1250 \\
 &= 0,1496 \text{ in maka , digunakan } 0,3125 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Menentukan dimensi tutup atas dan bawah (Torispherical dished)

Tutup atas berbentuk standart dished head

$$\begin{aligned}
 OD &= ID + 2ts \\
 &= 116,2577 + 2 \times 0,3125
 \end{aligned}$$



$$= 116,8827 \text{ in} = 9,7402 \text{ ft}$$

$$rc = 58,4414 \text{ in} = 4,8701 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi tutup (h)} = rc - \left[rc^2 - \frac{D^2}{4} \right]^{0,5} \quad (\text{Hesse : 4-14})$$

$$= 4,4102 - \left[4,4102^2 - \frac{8,7683^2}{4} \right]^{0,5}$$

$$= 4,3671 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume dishead} &= 1,1 \times h^2 \times (3rc - h) \\ &= 1,1 \times 19,0720 \times (3 \times 4,9 - 4,3671) \\ &= 302,1461 \text{ cuft} \end{aligned}$$

Bentuk : Flanged and standart dished head

Tebal standart torispherical dished (atas) :

$$t = \frac{0,885 \times Pd \times rc}{fE - 0,1 \times Pd} + C \quad (\text{Brownell \& Young pers 13.12 hal 258})$$

Dimana :

P_d = Tekanan desain (psi)

D_i = Diameter dalam (in)

E = Faktor Pengelasan, 0,8

t = Tebal dinding minimal (in)

$$\begin{aligned} t &= \frac{0,885 \times 3,8937 \times 58,4414}{(11.500 \times 0,80) - (0,1 \times 3,8937)} + \frac{1}{8} \\ &= 0,1469 + 0,1250 \\ &= 0,2719 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka , digunakan tebal head = 0,3125 in

Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Bakar Solar :

Nama alat : Menyimpan bahan bakar diesel oil untuk kebutuhan generator dan boiler.

Tipe : Tangki Silinder Vertikal dengan plat datar (flat bottom) dan atap torispherical dished

Kapasitas : 713,8693 cuft

Diameter : 9,688 ft

Tinggi : 9,688 ft

Tebal shell : 5/16 in

Tebal tutup : 5/16 in

Bahan konstruk : Carbon Steel SA-283 grade C

Jumlah : 1 Buah





























































































































































