

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Menghitung Kecepatan Aliran

4.1.1. Kecepatan Aliran Pada Pipa Hisap Ø 4"

Kecepatan aliran pipa hisap ditentukan dengan menggunakan persamaan kontinuitas yaitu :

$$Vs1 = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

$$Q = 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 0,1016 \text{ m}$$

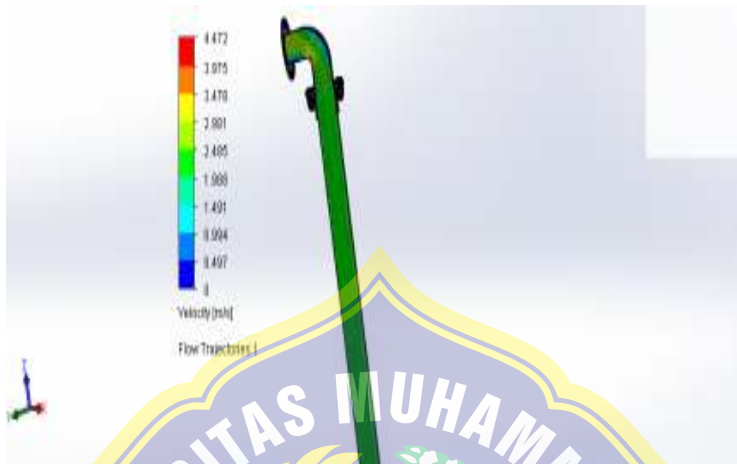
Maka :

$$Vs1 = \frac{Q}{A}$$

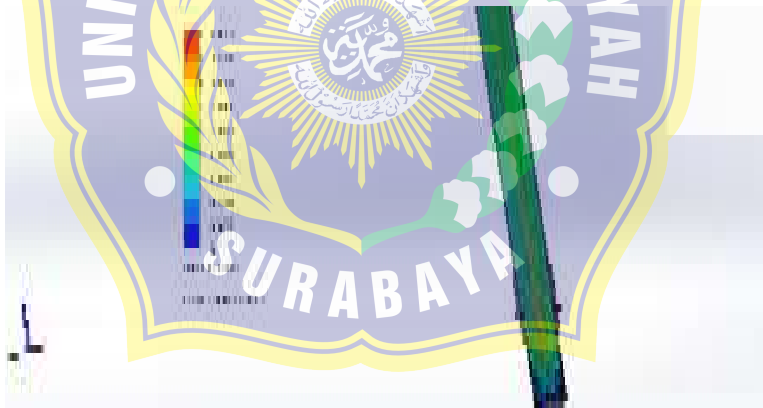
$$Vs1 = \frac{Q}{\frac{3,14}{4} \cdot (D)^2}$$

$$Vs1 = \frac{0,02}{\frac{3,14}{4} \cdot (0,1016)^2}$$

$$Vs1 = 2,47 \text{ m/s}$$



Gambar 4. 1 Simulasi Kecepatan aliran pada pipa hisap
(Sumber : Dokumentasi Simulasi Solidwork)



Gambar 4. 2 Simulasi Kecepatan Aliran pada pipa hisap (2)
(Sumber : Dokumentasi Simulasi Solidwork)

4.1.2. Kecepatan Aliran Pada Pipa Tekan Ø 4"

Kecepatan aliran pipa tekan ditentukan dengan menggunakan persamaan kontinuitas yaitu :

$$Vs2 = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

$$Q = 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 0,1016 \text{ m}$$

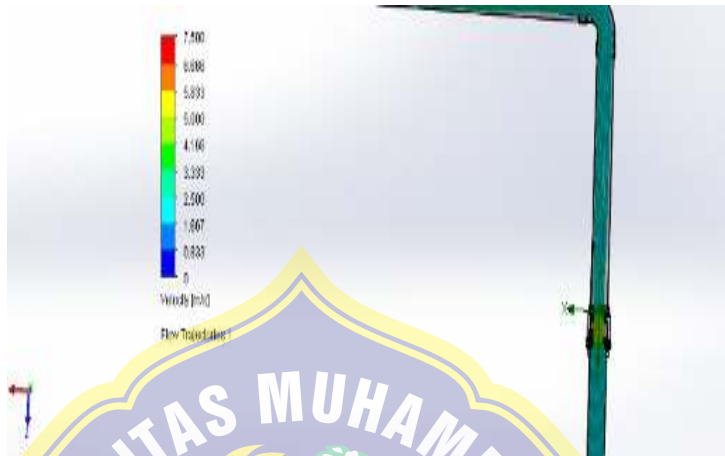
Maka :

$$Vs2 = \frac{Q}{A}$$

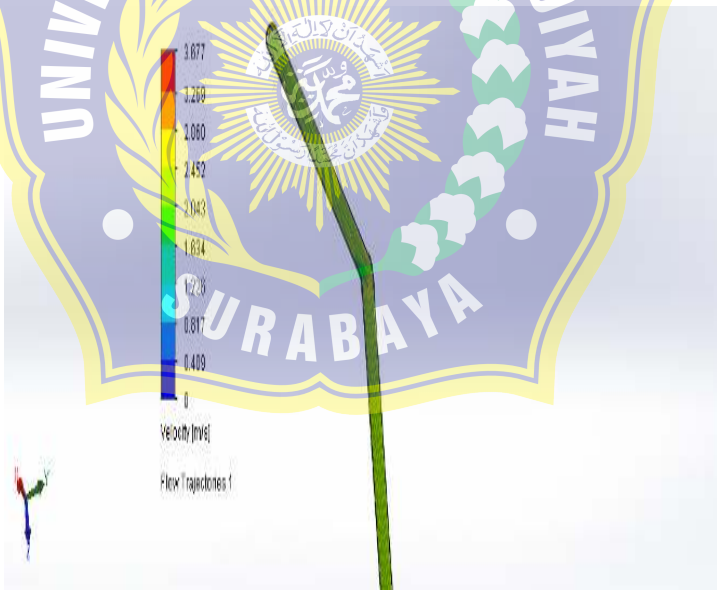
$$Vs2 = \frac{Q}{\frac{3,14}{4} \cdot (D)^2}$$

$$Vs2 = \frac{0,02}{\frac{3,14}{4} \cdot (0,1016)^2}$$

$$Vs2 = 2,47 \text{ m/s}$$



Gambar 4. 3 Simulasi aliran pada pipa tekan 4 in
 (Sumber : Dokumentasi Simulasi Solidwork)



Gambar 4. 4 Simulasi Aliran pada pipa tekan 4 in (2)
 (Sumber : Dokumentasi Simulasi Solidwork)

4.1.3. Kecepatan Aliran Pada Pipa Tekan Ø 8"

Kecepatan aliran pipa tekan ditentukan dengan menggunakan persamaan kontinuitas yaitu :

$$V_{s3} = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

$$Q = 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 0,2032 \text{ m}$$

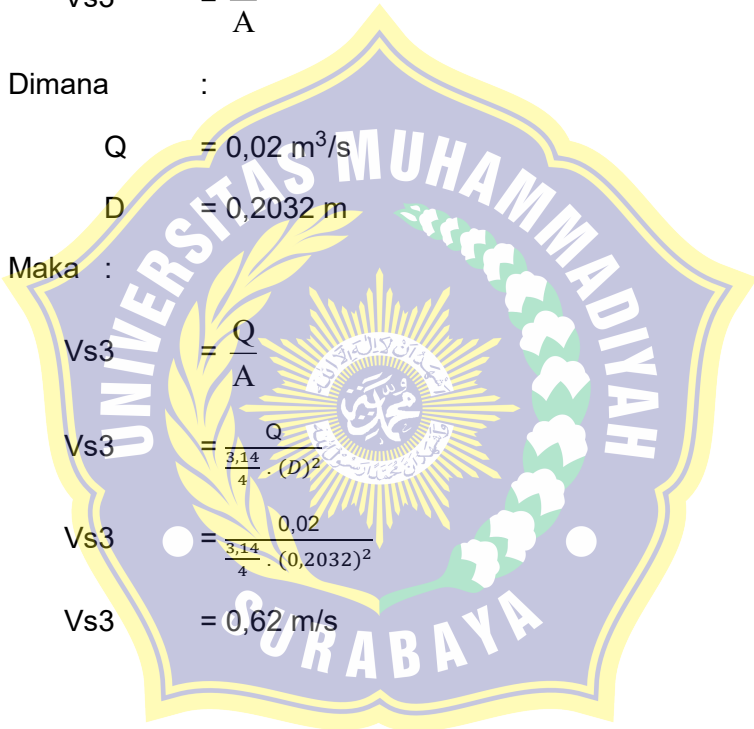
Maka :

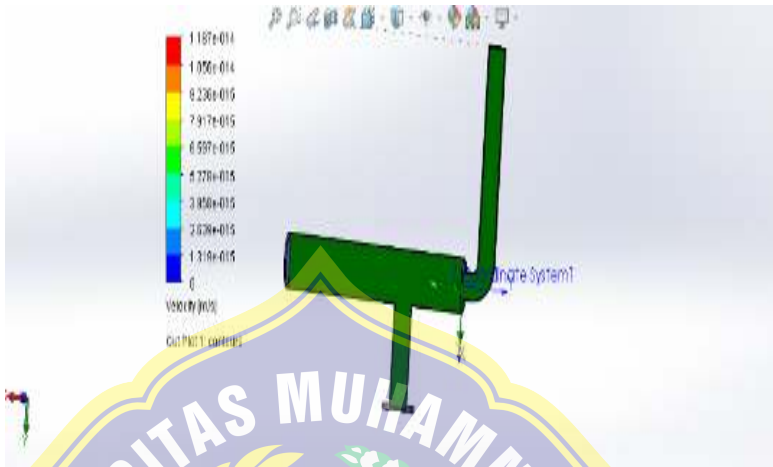
$$V_{s3} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{s3} = \frac{Q}{\frac{3,14}{4} \cdot (D)^2}$$

$$V_{s3} = \frac{0,02}{\frac{3,14}{4} \cdot (0,2032)^2}$$

$$V_{s3} = 0,62 \text{ m/s}$$





Gambar 4. 5 Simulasi Aliran pada pipa tekan (3)
 (Sumber : Dokumentasi Simulasi Solidwork)

4.1.4. Kecepatan Aliran Pada Kepala Sprinkler Coolong Tower Ø 4"

Kecepatan aliran pipa tekan ditentukan dengan menggunakan persamaan kontinuitas yaitu :

$$Vs4 = \frac{Q}{A}$$

Dimana : $Q = 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$
 $D = 0,1016 \text{ m}$

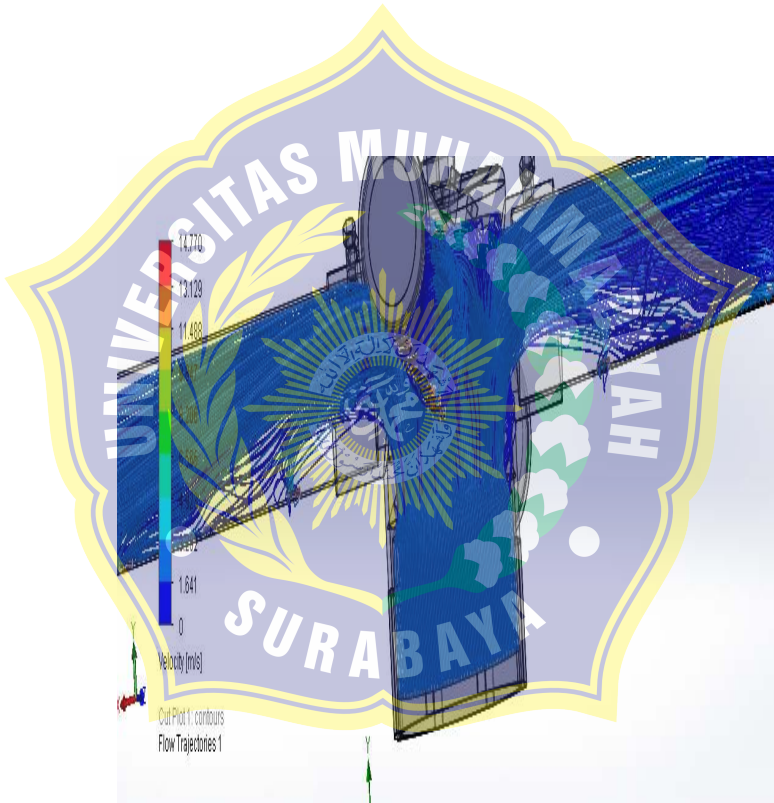
Maka :

$$Vs4 = \frac{Q}{A}$$

$$Vs4 = \frac{Q}{\frac{3,14}{4} \cdot (D)^2}$$

$$Vs4 = \frac{0,02}{\frac{3,14}{4} \cdot (0,1016)^2}$$

$$Vs4 = 2,47 \text{ m/s}$$



Gambar 4. 6 Simulasi Aliran pada *Sprinkler Head*
(Sumber : Dokumentasi Simulasi Solidwork)

4.1.5. Kecepatan Aliran Pada Pipa Sprinkler Ø 2"

Kecepatan aliran pipa tekan ditentukan dengan menggunakan persamaan kontinuitas yaitu :

$$Vs5 = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

$$Q = 0,02 \text{ m}^3/\text{s} : 4 = 0.005 \text{ m}^3/\text{s}$$

(Karena jumlah pipa sprinkler 4 buah)

$$D = 0,0508 \text{ m}$$

Maka :

$$Vs5 = \frac{Q}{A}$$

$$Vs5 = \frac{Q}{\frac{3,14}{4} \cdot (D)^2}$$

$$Vs5 = \frac{0,005}{\frac{3,14}{4} \cdot (0,0508)^2}$$

$$Vs5 = 2,47 \text{ m/s}$$



Gambar 4. 7 Simulasi Aliran pada pipa Sprinkler
 (Sumber : Dokumentasi Simulasi Solidwork)

4.1.6. Kecepatan Aliran Pada Lubang Pipa Sprinkler Ø 2"

Kecepatan aliran pipa tekan ditentukan dengan menggunakan persamaan kontinuitas yaitu :

$$V_{s6} = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

$$Q = 0,005 \text{ m}^3/\text{s} / 10 = 0.0005 \text{ m}^3/\text{s}$$

(Karena jumlah lubang pipa sprinkler 10 buah)

$$D = 12 \text{ mm} = 12 \times 0,001 = 0,012 \text{ m}$$

Maka :

$$V_{s6} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{s6} = \frac{Q}{\frac{3,14}{4} \cdot (D)^2}$$

$$V_{s6} = \frac{0,0005}{\frac{3,14}{4} \cdot (0,012)^2}$$

$$V_{s6} = 4,42 \text{ m/s}$$



Gambar 4. 8 Simulasi aliran pada lubang pipa sprinkler
(Sumber : Dokumentasi Simulasi Solidwork)

4.2 Menghitung Head losses Pompa pada Katup Hisap

4.2.1. Kerugian Head Akibat Gesekan Pada Pipa Hisap Ø 4"

Kerugian Head Pada Pipa Hisap dapat ditentukan dengan

$$H_g = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Dimana :

f = Kerugian gesek dalam pipa
(dapat ditentukan dengan Diagram Moody (Gambar L1.5))

L = Panjang pipa (m)

D = Diameter pipa (m)

V = Kecepatan aliran pada pipa (m/s)

g = 9,81 m/s²

Untuk mengetahui nilai dari harga koefisien gesek yang terjadi sepanjang pipa hisap, maka dapat dicari dengan menentukan nilai Bilangan Reynolds dengan rumus

$$Re = \frac{v \cdot D}{\mu}$$

Dimana :

μ = 0,662 x 10⁻⁶ m²/ detik
(ditentukan pada tabel 2.1 untuk nilai viskositas kinematic pada suhu 40° C)

Maka :

$$Re = \frac{v \cdot D}{\mu}$$

$$Re = \frac{2,47 \cdot 0,1016}{0,662 \times 10^{-6}}$$

Re = 378798,8 (Karena nilai Re lebih besar dari 4000 maka aliran tersebut aliran turbulen)

.Karena pipa pada instalasi yang digunakan adalah pipa PVC memiliki nilai kekasaran = 0,00006 inchi (Tabel L2.2)

$$D = 0.1016 \times 39,37008$$

(dikonversikan kedalam inchi)

$$= 4 \text{ inchi}$$

Dimana :

$$\frac{E}{D} = \frac{0,00006}{4}$$
$$= 0,000015$$

Diagram moody untuk $Re = 378798,8$ dan $\frac{E}{D} = 0,000015$ di dapat factor gesek = 0,014

Maka :

$$H_g = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$
$$H_g = 0,014 \cdot \frac{4}{0,1016} \cdot \frac{2,47^2}{2 \cdot 9,81}$$
$$H_g = 0,014 \cdot 39,37 \cdot 0,31$$
$$H_g = 0,17 \text{ m}$$

4.2.2. Kerugian Head pada Katup Hisap dan Saringan

$$H_{ks} = f \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Dimana :

f = Koefisien gesek pada katup hisap dan saringan (Lampiran Tabel L2.1)

$$= 1,97$$

$$v = 2,47 \text{ m/s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Maka :

$$H_{ks} = f \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_{ks} = 1,97 \cdot \frac{2,47^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$H_{ks} = 1,97 \cdot \frac{6,09}{19,62}$$

$$H_{ks} = 0,61 \text{ m}$$

4.2.3. Kerugian Head Pada Sambungan Pipa Elbow Long Radius 90° Flange

$$H_{el} = f \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Dimana :

$$f = \text{Koefisien gesek pada sambungan pipa Elbow Long Radius 90° Flange} \\ = 0,2 \text{ (Lampiran Tabel L2.1)}$$

$$v = 2,47 \text{ m/s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Maka :

$$H_{el} = f \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$\text{Hel} = 0,2 \cdot \frac{2,47^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$\text{Hel} = 0,2 \cdot \frac{6,09}{19,62}$$

$$\text{Hel} = 0,06 \text{ m}$$

Jadi total kerugian head pada pipa hisap adalah :

$$H_s = H_g + H_{ks} + H_{el}$$

$$\begin{aligned} H_s &= 0,17 \text{ m} + 0,61 \text{ m} + 0,06 \text{ m} \\ &= 0,84 \text{ m} \end{aligned}$$

4.3 Kerugian head pada pipa tekan

4.3.1. Kerugian akibat gesekan dalam pipa tekan 4 Ø"

Kerugian Head Pada Pipa Hisap dapat ditentukan dengan

$$H_g = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Dimana :

f = Kerugian gesek dalam pipa

(dapat ditentukan dengan Diagram Moody (Gambar L1.5))

$$L = 12 \text{ m}$$

$$D = 0.1016 \text{ m}$$

$$V = 2,47 \text{ m/s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Untuk mengetahui nilai dari harga koefisien gesek yang terjadi sepanjang pipa hisap, maka dapat dicari dengan menentukan nilai Bilangan Reynolds dengan rumus :

$$Re = \frac{v \cdot D}{\mu}$$

Dimana :

$$\mu = 0,662 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$$

(ditentukan pada tabel 2.1 untuk nilai viskositas kinematic pada suhu 40° C)

Maka :

$$Re = \frac{v \cdot D}{\mu}$$

$$Re = \frac{2,47 \cdot 0,1016}{0,662 \times 10^{-6}}$$

$$Re = 378798,8 \text{ (Karena nilai Re lebih besar dari 4000 maka aliran tersebut aliran turbulen)}$$

Karena pipa pada instalasi yang digunakan adalah pipa PVC memiliki nilai kekasaran = 0,00006 inchi (Tabel L2.2)

$$D = 0.1016 \times 39,37008$$

(dikonversikan kedalam inchi)

$$= 4 \text{ inchi}$$

Dimana :

$$\frac{E}{D} = \frac{0,00006}{4}$$

$$= 0,000015$$

Diagram moody untuk $Re = 378798,8$ dan $\frac{E}{D} = 0,00015$ di dapat factor gesek = 0,015

Maka :

$$H_g = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_g = 0,014 \cdot \frac{12}{0,1016} \cdot \frac{2,47^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$H_g = 0,014 \cdot 118,11 \cdot 0,31$$

$$H_g = 0,51 \text{ m}$$

4.3.2. Kerugian akibat gesekan dalam pipa tekan 8 Ø"

Kerugian Head Pada Pipa Hisap dapat ditentukan dengan

$$H_g = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Dimana :

f = Kerugian gesek dalam pipa
(dapat ditentukan dengan Diagram Moody
(Gambar L1.5))

$$\begin{aligned}L &= 1,2 \text{ m} \\D &= 0,2032 \text{ m} \\V &= 0,62 \text{ m/s} \\g &= 9,81 \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

Untuk mengetahui nilai dari harga koefisien gesek yang terjadi sepanjang pipa hisap, maka dapat dicari dengan menentukan nilai Bilangan Reynolds dengan rumus

$$Re = \frac{v \cdot D}{\mu}$$

Dimana :

$$\mu = 0,662 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$$

(ditentukan pada tabel 2.1 untuk nilai viskositas kinematic pada suhu 40° C)

Maka :

$$Re = \frac{v \cdot D}{\mu}$$

$$Re = \frac{0,62 \cdot 0,2032}{0,662 \times 10^{-6}}$$

$$Re = 189399,42 \text{ (Karena nilai Re lebih besar dari 4000 maka aliran tersebut aliran turbulen)}$$

Karena pipa pada instalasi yang digunakan adalah pipa Galvanis memiliki nilai kekasaran = 0,006 inchi (Lampiran L2.2 Roughness pipa)

$$D = 0.2032 \times 39,37008$$

(dikonversikan kedalam inchi)

$$= 8 \text{ inchi}$$

Dimana :

$$\frac{E}{D} = \frac{0,006}{8}$$

$$= 0,00075$$

Diagram moody untuk $Re = 189399,42$ dan $\frac{E}{D} = 0,00075$ di dapat factor gesek = 0,02

Maka :

$$H_g = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_g = 0,02 \cdot \frac{1,2}{0,2032} \cdot \frac{0,62^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$H_g = 0,02 \cdot 5,9 \cdot 0,02$$

$$H_g = 0,002 \text{ m}$$

Jadi total kerugian akibat gesekan pada pipa tekan adalah

$$H_g = H_{g1} + H_{g2}$$

$$H_g = 0,51 \text{ m} + 0,02 \text{ m} = 0,52$$

4.3.3. Head Kecepatan Keluar

Head kecepatan adalah kerugian karena pengecilan penampang pipa karena mendadak. Head kecepatan keluar ditentukan dengan persamaan :

$$H_{kk} = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Dimana pada pipa yang berada dimenara PT. Maspion IV berbeda ukurannya maka dicari terlebih dahulu Kkk. Masing-masing diameter :

1. Mencari Hkk1 untuk $\varnothing 4''$

$$V = 2,47 \text{ m/s}$$

$$H_{kk} = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_{kk} = \frac{2,47^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$= 0,31 \text{ m}$$

2. Mencari Hkk1 untuk $\varnothing 8''$

$$V = 2,47 \text{ m/s}$$

$$H_{kk} = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_{kk} = \frac{0,62^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$= 0,019 \text{ m}$$

Jadi total head kecepatan keluar adalah

$$H_{kk} = H_{kk1} + H_{kk2}$$

$$= 0,31 \text{ m} + 0,019 \text{ m}$$

$$= 0,33 \text{ m}$$

4.3.4. Kerugian Head pada Ball Valve pada pipa Tekan $\varnothing 4''$

$$H_{bf} = f \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Dimana :

f = Koefisien gesek pada Ball valve

= 0,05 (Lampiran Tabel L2.1)

$$v = 0,62 \text{ m/s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Maka :

$$H_{bf} = f \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_{bf} = 0,05 \cdot \frac{0,62^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$H_{bf} = 0,05 \cdot \frac{0,38}{19,62}$$

$$H_{bf} = 0,015$$

Karena pada pipa tekan $\emptyset 4$ " inchi terdapat 2 buah Ball valve maka untuk $H_{bf} 4 \emptyset$ " adalah :

$$H_{gf} 4 \emptyset = 0,01552 \times 2 = 0,031 \text{ m}$$

4.3.5. Kerugian Head Pada Sambungan Pipa Elbow Long Radius 90° pada Pipa Tekan $4 \emptyset$ "

$$H_{el} = f \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Dimana :

f = Koefisien gesek pada sambungan pipa Elbow

Long Radius 90°

= 0,2 (Tabel L2.1)

$$v = 2,47 \text{ m/s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Maka :

$$\text{Hel} = f \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$\text{Hel} = 0,2 \cdot \frac{0,62^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$\text{Hel} = 0,2 \cdot \frac{0,38}{19,62}$$

$$\text{Hel} = 0,062 \text{ m}$$

Karena pada pipa tekan 4 inchi terdapat 7 buah sambungan elbow maka untuk Hel 4 Ø" adalah :

$$\text{Hel } 4 \text{ Ø}'' = 0,062 \text{ m} \times 7 = 0,43 \text{ m}$$

4.3.6. Kerugian Head Pada Sambungan Pipa Elbow Long Radius 45° pada Pipa Tekan 4 Ø"

$$\text{Hel} = f \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Dimana :

f ● = Koefisien gesek pada sambungan pipa Elbow

Long Radius 45°

= 0,2 (Tabel L2.1)

$$v = 2,47 \text{ m/s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Maka :

$$\text{Hel} = f \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$\text{Hel} = 0,2 \cdot \frac{0,62^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$\text{Hel} = 0,2 \cdot \frac{0,38}{19,62}$$

$$\text{Hel} = 0,062 \text{ m}$$

4.3.7. Kerugian Head Pada Sambungan Union pada Pipa Tekan 4 Ø"

$$\text{Hel} = f \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Dimana :

f = Koefisien gesek pada sambungan pipa

Elbow Long Radius 45°

= 0,8 (Tabel L2.1)

v = 2,47 m/s

g = 9,81 m/s²

Maka :

$$\text{Hel} = f \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$\text{Hel} = 0,8 \cdot \frac{0,62^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$\text{Hel} = 0,8 \cdot \frac{0,38}{19,62}$$

$$\text{Hel} = 0,248 \text{ m}$$

Jadi total head losses pada pipa tekan adalah

$$H_s = H_g + H_{kk} + H_{bf} + H_{el} + H_{el_{45^\circ}} + H_{un}$$

$$H_s = 0,52 \text{ m} + 0,33 \text{ m} + 0,031 \text{ m} + 0,43 \text{ m} + 0,062 \text{ m} + 0,248 \text{ m} = 1,622 \text{ m}$$

Head minor adalah head yang disebabkan dari suatu penggunaan peralatan. Dalam hal ini, head minor dari sirkuit pemipaan air ini adalah *head* dari *cooling tower*. Adapun harga dari *head tower* diambil dari katalog *Liang Chi Industry Co.Ltd.* yaitu 2 m (Lampiran L2.3). Dengan demikian head losses dari *cooling tower* adalah :

$$H_s = 1,62 \text{ m} + 2 \text{ m} = 3,62 \text{ m}$$

4.4 Head Statis Pompa

Dalam survey lapangan tinggi permukaan fluida pada sisi masuk (*suction height*) sampai ke poros pompa adalah 2 m dan tinggi angka pada sisi tekan (*discharge height*) 6,5 m, maka head statis pompa adalah 8,5 m.

Jadi total head losses keseluruhan pada instalasi pompa adalah :

4.5 Head Losses Total

$$\begin{aligned} H_{tot} &= H_{hisap} + H_{tekan} + H_{statis} \\ &= 0,86 \text{ m} + 3,62 \text{ m} + 8,5 \text{ m} \\ &= 12,96 \text{ m} \end{aligned}$$

4.6 Putaran Spesifik Pompa

$$n_s = n \times \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

Dimana :

$$n = \text{putaran pompa}$$

$$= 2900 \text{ rpm}$$

Q = Kapasitas pompa

$$= 1,2 \text{ m/menit}$$

$$H_{tot} = 12,96 \text{ m}$$

Maka

$$\begin{aligned} ns &= n \times \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \\ &= 2900 \times \frac{1,2^{1/2}}{18,48^{3/4}} \\ &= 2900 \times \frac{1,09}{7,42} \\ &= 2900 \times 0,15 \\ &= 464,9 \end{aligned}$$

4.7 Net Positive Suction Head (NPSH) Yang Diperlukan

NPSH yang diperlukan dapat ditentukan dengan persamaan

$$HSVN = \sigma \times HN$$

Dimana :

σ = koefisien angka Thoma

HN = Head total pompa

Koefisien angka Thoma (σ) dapat ditentukan menggunakan Diagram Hubungan antara koefisien kavitasi dan kecepatan spesifik. Untuk nilai kecepatan spesifik (ns) 464,9 maka ditemukan nilai koefisien angka thoma (σ) = 0,25

Maka :

$$\text{HSVN} = \sigma \times \text{HN}$$

$$\begin{aligned}\text{HSVN} &= 0,25 \times 14,48 \\ &= 3,24 \text{ m}\end{aligned}$$

4.8 Net Positif Suction Head (NPSH) Yang Tersedia

$$h_{sV} = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - h_{is}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}P_v &= 0,0752 \text{ kg/cm}^3 = 0,0752 \times 1000 = 752 \\ &(\text{ kgf/m}^2) \text{ (Tabel L2.4)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_a &= 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 703,07 = 10335,129 \\ &(\text{ kgf/m}^2) \text{ (Tabel L2.4)}\end{aligned}$$

$$\gamma = 0,9923 \text{ kg/l} = 0,9923 \times 1000 = 992,3 \text{ (kgf/m}^2)$$

$$h_s = 4 \text{ m}$$

$$h_{is} = 0,86 \text{ (m)}$$

Maka :

$$h_{sV} = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - h_{is}$$

$$h_{sV} = \frac{10335,129}{992,3} - \frac{752}{992,3} - 4 - 0,86$$

$$= 10,41 - 0,76 - 4 - 0,86$$

= 4,8 m

Dari hasil perhitungan NPSH yang tersedia lebih besar daripada NPSH yang diperlukan ($4,8 > 3,62$), sehingga pompa sentrifugal pada system Menara Pendingin PT. Maspion IV Divisi PVC dapat bekerja tanpa dipengaruhi kavitasi.

