

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1.1 Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian, disajikan seperti tabel berikut :

Tabel 4.1 Data hasil pengujian untuk variasi ketinggian *delivery*

No	Putaran (rpm)	Panjang delivery (m)	Ketinggian (m)	Tekanan (bar)	Debit (liter/menit)
1	31	10	2	0,129	8,730
2				0,129	9,500
3				0,129	9,000
4				0,129	8,900
5				0,129	8,630
6				0,129	8,700
7				0,129	8,650
8				0,129	8,650
9				0,129	8,400
10				0,129	8,700
1	31	10	3	0,193	8,250
2				0,193	8,380
3				0,193	8,250
4				0,193	8,000
5				0,193	8,000
6				0,193	8,100
7				0,193	8,020
8				0,193	8,170
9				0,193	8,210
10				0,193	8,270

Tabel 4.2 Data hasil pengujian untuk variasi ketinggian delivery

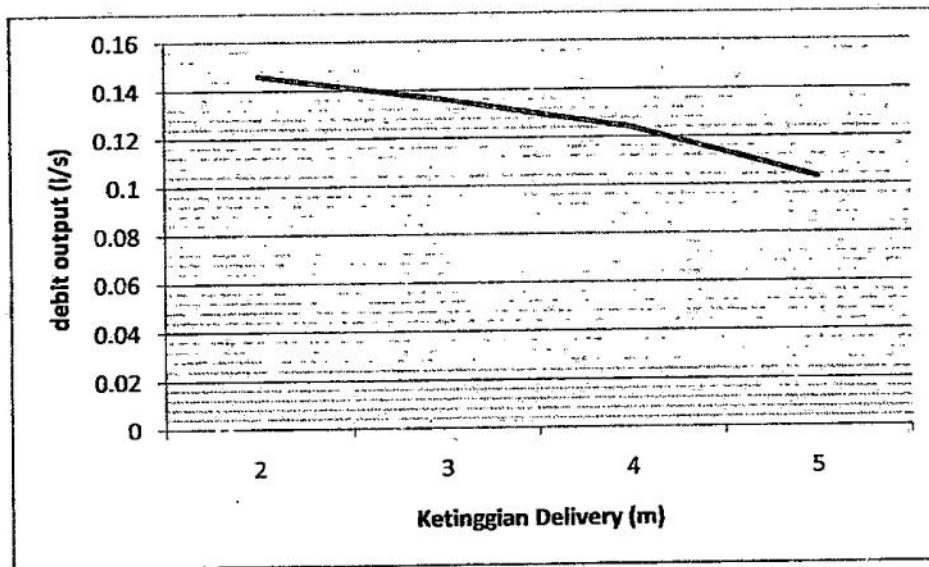
No	Putaran (rpm)	Panjang delivery (m)	Ketinggian (m)	Tekanan (bar)	Debit (liter/menit)
1	31	10	4	0,301	7,500
2				0,301	7,400
3				0,301	7,480
4				0,301	7,500
5				0,301	7,650
6				0,301	7,600
7				0,301	7,150
8				0,301	7,540
9				0,301	7,390
10				0,301	7,510
1	31	10	5	0,301	6,250
2				0,301	6,120
3				0,301	6,320
4				0,301	6,100
5				0,301	6,170
6				0,301	6,210
7				0,301	6,310
8				0,301	6,220
9				0,301	6,170
10				0,301	6,160

Dari hasil perhitungan di atas dapat dibuat tabel seperti dibawah:

Tabel 4.3 Hasil debit ketinggian delivery

No	Ketinggian Delivery	Debit(l/s)
1.	2m	0,146
2.	3m	0,136
3.	4m	0,124
4.	5m	0,103

Berdasar tabel 4.3 di atas dapat dibuat grafik sebagai berikut:

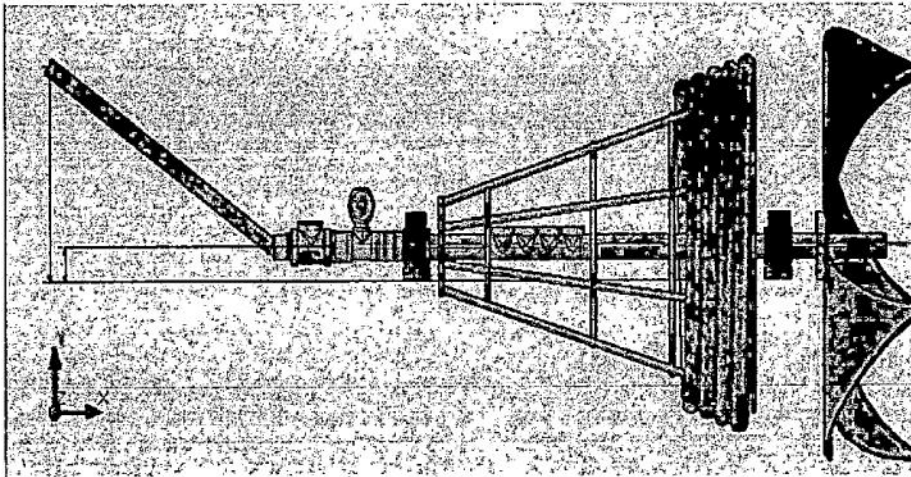


Gambar 4.1 Grafik hubungan antara *delivery* selang *sling pump* dengan debit output (Q)

Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi *delivery* maka semakin kecil debit yang dihasilkan. Hal ini di pengaruhi aliran sungai tidak stabil, terjadi kebocoran pada rotary seal.

#### 4.2 Perhitungan Kecepatan Aliran Air

Skema instalasi perpipaan pada rangkaian sling pump di tunjukan seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.2 Skema *sling pump*

1. Perhitungan kecepatan aliran air pada ketinggian *delivery* 2 meter

a. Kecepatan aliran air pada pipa *delivery* ( $V_{11a}$ )

Diketahui :

diameter dalam,  $d_{11} = 1/2'' = 1,9cm = 0,019m$

Dihitung :

- Debit aktual rata-rata

$$\bar{Q} = \frac{\sum Q}{n}$$

$$\bar{Q} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10}}{n}$$

$$\bar{Q} = 8,786 \text{ l/mnt} = 0,146 \text{ dm}^3/\text{s} = 1,4643 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

- Luas selubung pipa (A)

$$A = \frac{1}{4} \pi d_{10}^2 = \frac{1}{4} \pi (0,019 \text{ m})^2 = 2,83385 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

- Kecepatan aliran air

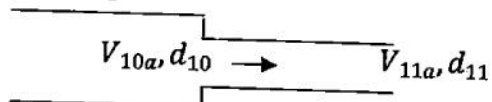
$$V_{11a} = \frac{\bar{Q}}{A} = \frac{1,4643 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{2,83385 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,05167 \text{ m/s}$$

- b. Kecepatan aliran air pada pipa konektor<sub>4</sub> ( $V_{10a}$ )

Diketahui :

diameter dalam,  $d_{10} = 1,85 \text{ cm} = 0,0185 \text{ m}$

Dihitung :



$$Q_{10a} = Q_{11a}$$

$$V_{10a} \cdot A_{10} = V_{11a} \cdot A_{11}$$

Maka :

$$V_{10a} = \frac{V_{11a} \cdot A_{11}}{A_{10}}$$

$$V_{10a} = \frac{V_{11a} \cdot \frac{\pi}{4} d_{11}^2}{\frac{\pi}{4} d_{10}^2} = \frac{V_{11a} \cdot d_{11}^2}{d_{10}^2}$$

$$V_{10a} = \frac{0,05167 \text{ m/detik} \cdot (0,019 \text{ m})^2}{(0,0185 \text{ m})^2}$$

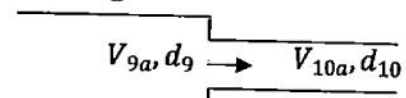
$$V_{10a} = 0,545 \text{ m/detik}$$

c. Kecepatan aliran air pada pipa konektor<sub>4</sub> ( $V_{9a}$ )

Diketahui :

diameter dalam,  $d_9 = 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ m}$

Dihitung :



$$Q_{9a} = Q_{10a}$$

$$V_{9a} \cdot A_9 = V_{10a} \cdot A_{10}$$

Maka :

$$V_{9a} = \frac{V_{10a} \cdot A_{10}}{A_9}$$

$$V_{9a} = \frac{V_{10a} \cdot \frac{\pi}{4} d_{10}^2}{\frac{\pi}{4} d_9^2} = \frac{V_{10a} \cdot d_{10}^2}{d_9^2}$$

$$V_{9a} = \frac{0,545 \text{ m/detik} \cdot (0,0185 \text{ m})^2}{(0,026 \text{ m})^2}$$

$$V_{9a} = 0,2759 \text{ m/detik}$$

d. Kecepatan aliran air pada cek valve ( $V_{8a}$ )

Diketahui :

diameter dalam,  $d_8 = 3,84 \text{ cm} = 0,0384 \text{ m}$

Dihitung :



$$\begin{array}{c} V_{8a}, d_8 \rightarrow V_{9a}, d_9 \\ \hline Q_{8a} = Q_{9a} \end{array}$$

$$V_{8a} \cdot A_8 = V_{9a} \cdot A_9$$

Maka :

$$V_{8a} = \frac{V_{9a} \cdot A_9}{A_8}$$

$$V_{8a} = \frac{V_{9a} \cdot \frac{\pi}{4} d_9^2}{\frac{\pi}{4} d_8^2} = \frac{V_{9a} \cdot d_9^2}{d_8^2}$$

$$V_{8a} = \frac{0,2759 \text{ m/detik} \cdot (0,026 \text{ m})^2}{(0,0384 \text{ m})^2}$$

$$V_{8a} = 0,126 \text{ m/detik}$$

e. Kecepatan aliran air pada pipa konektor<sub>3</sub> ( $V_{7a}$ )

Diketahui :

diameter dalam,  $d_7 = 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ m}$

Dihitung :

$$\begin{array}{c} V_{7a}, d_7 \rightarrow V_{8a}, d_8 \\ \hline \end{array}$$

$$Q_{7a} = Q_{8a}$$

$$V_{7a} \cdot A_7 = V_{8a} \cdot A_8$$

Maka :

$$V_{7a} = \frac{V_{8a} \cdot A_8}{A_7}$$

$$V_{7a} = \frac{V_{8a} \cdot \frac{\pi}{4} d_8^2}{\frac{\pi}{4} d_7^2} = \frac{V_{8a} \cdot d_8^2}{d_7^2}$$

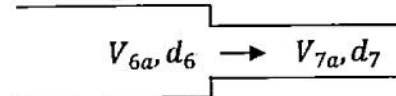
$$V_{7a} = \frac{0,126 \text{ m/detik} \cdot (0,0384 \text{ m})^2}{(0,026 \text{ m})^2} = 0,275 \text{ m/detik}$$

f. Kecepatan aliran air pada pipa konektor<sub>2</sub> ( $V_{6a}$ )

Diketahui :

diameter dalam,  $d_6 = 3,25 \text{ cm} = 0,0325 \text{ m}$

Dihitung :



$$Q_{6a} = Q_{7a}$$

$$V_{6a} \cdot A_6 = V_{7a} \cdot A_7$$

Maka :

$$V_{6a} = \frac{V_{7a} \cdot A_7}{A_6} = \frac{V_{7a} \cdot \frac{\pi}{4} d_7^2}{\frac{\pi}{4} d_6^2} = \frac{V_{7a} \cdot d_7^2}{d_6^2}$$

$$V_{6a} = \frac{0,275 \text{ m/detik} \cdot (0,026 \text{ m})^2}{(0,0325 \text{ m})^2}$$

$$V_{6a} = 0,176 \text{ m/detik}$$

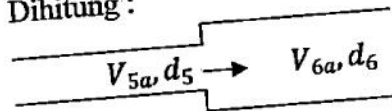
g. Kecepatan aliran air pada pipa pressure gauge ( $V_{5a}$ )

Diketahui :

diameter dalam,  $d_5 = 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ m}$



Dihitung :



$$Q_{5a} = Q_{6a}$$

$$V_{5a} \cdot A_5 = V_{6a} \cdot A_6$$

Maka :

$$V_{5a} = \frac{V_{6a} \cdot A_6}{A_5}$$

$$V_{5a} = \frac{V_{6a} \cdot \frac{\pi}{4} d_6^2}{\frac{\pi}{4} d_5^2} = \frac{V_{6a} \cdot d_6^2}{d_5^2}$$

$$V_{5a} = \frac{0,176 \text{ m/detik} \cdot (0,0325 \text{ m})^2}{(0,026 \text{ m})^2}$$

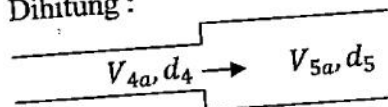
$$V_{5a} = 0,275 \text{ m/detik}$$

h. Kecepatan aliran air pada hollow shaft ( $V_{4a}$ )

Diketahui :

diameter dalam,  $d_4 = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$

Dihitung :



$$Q_{4a} = Q_{5a}$$

$$V_{4a} \cdot A_4 = V_{5a} \cdot A_5$$

Maka :

$$V_{4a} = \frac{V_{5a} \cdot A_5}{A_4}$$

$$V_{4a} = \frac{V_{5a} \cdot \frac{\pi}{4} d_5^2}{\frac{\pi}{4} d_4^2} = \frac{V_{5a} \cdot d_5^2}{d_4^2}$$

$$V_{4a} = \frac{0,275 \text{ m/detik} \cdot (0,026\text{m})^2}{(0,02\text{m})^2}$$

$$V_{4a} = 0,466 \text{ m/detik}$$

- i. Kecepatan aliran air pada manifold ( $V_{3a}$ )

Diketahui :

diameter dalam,  $d_3 = 2\text{cm} = 0,02\text{m}$

Dihitung :

$$Q_{3a} = Q_{4a}$$

$$V_{3a} \cdot A_3 = V_{4a} \cdot A_4$$

Maka :

$$V_{3a} = \frac{V_{4a} \cdot A_4}{A_3}$$

$$V_{3a} = \frac{V_{4a} \cdot \frac{\pi}{4} d_4^2}{\frac{\pi}{4} d_3^2} = \frac{V_{4a} \cdot d_4^2}{d_3^2}$$

$$V_{3a} = \frac{0,466 \text{ m/detik} \cdot (0,02\text{m})^2}{(0,02\text{m})^2}$$

$$V_{3a} = 0,466 \text{ m/detik}$$

- j. Kecepatan aliran air pada pipa konektor<sub>1</sub> ( $V_{2a}$ )

Diketahui :

diameter dalam,  $d_2 = 2,25\text{cm} = 0,0225\text{m}$

Dihitung :

$$\overbrace{V_{2a} \cdot d_2} \rightarrow \overbrace{V_{3a} \cdot d_3}$$

$$Q_{2a} = Q_{3a}$$

$$V_{2a} \cdot A_2 = V_{3a} \cdot A_3$$

Maka :

$$V_{2a} = \frac{V_{3a} \cdot A_3}{A_2} = \frac{V_{3a} \cdot \frac{\pi}{4} d_3^2}{\frac{\pi}{4} d_2^2} = \frac{V_{3a} \cdot d_3^2}{d_2^2}$$

$$V_{2a} = \frac{0,466 \text{ m/detik} \cdot (0,02\text{m})^2}{(0,0225\text{m})^2}$$

$$V_{2a} = 0,368 \text{ m/detik}$$

k. Kecepatan aliran air pada selang ( $V_{1a}$ )

Diketahui :

$$\text{diameter dalam, } d_1 = 2,425\text{cm} = 0,02425\text{m}$$

Dihitung :

$$\overbrace{V_{1a} \cdot d_1} \rightarrow \overbrace{V_{2a} \cdot d_2}$$

$$Q_{1a} = Q_{2a}$$

$$V_{1a} \cdot A_1 = V_{2a} \cdot A_2$$

Maka :

$$V_{1a} = \frac{V_{2a} \cdot A_2}{A_1} = \frac{V_{2a} \cdot \frac{\pi}{4} d_2^2}{\frac{\pi}{4} d_1^2} = \frac{V_{2a} \cdot d_2^2}{d_1^2}$$

$$V_{1a} = \frac{0,368 \text{ m/detik} \cdot (0,0225\text{m})^2}{(0,02425\text{m})^2} = 0,317 \text{ m/detik}$$

Tabel 4.4 Hasil perhitungan kecepatan aliran air ketinggian 2 m

No	Keterangan	Kecepatan aliran
1	pipa selang	$V_{1a} = 0,317 \text{ m/s}$
2	Konektor <sub>1</sub>	$V_{2a} = 0,368 \text{ m/s}$
3	Manifol	$V_{3a} = 0,466 \text{ m/s}$
4	Hollow shaft	$V_{4a} = 0,466 \text{ m/s}$
5	Pressure gauge	$V_{5a} = 0,275 \text{ m/s}$
6	Konektor <sub>2</sub>	$V_{6a} = 0,176 \text{ m/s}$
7	Konektor <sub>3</sub>	$V_{7a} = 0,275 \text{ m/s}$
8	Cek valve	$V_{8a} = 0,126 \text{ m/s}$
9	Konektor <sub>4</sub>	$V_{9a} = 0,276 \text{ m/s}$
10	Konektor	$V_{10a} = 0,545 \text{ m/s}$
11	Pipa delivery	$V_{11a} = 0,0517 \text{ m/s}$

2. Perhitungan kecepatan aliran air pada ketinggian *delivery* 3 meter

Debit aktual rata-rata :

$$\bar{Q} = \frac{\sum Q}{n}$$

$$\bar{Q} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10}}{n}$$

$$\bar{Q} = 8,163 \text{ l/mnt} = 0,136 \text{ dm}^3/\text{s} = 1,3605 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Dengan perhitungan yang sama seperti pembahasan aliran air pada ketinggian *delivery* 2 meter, maka diketahui kecepatan aliran air untuk masing-masing pipa pada ketinggian *delivery* 3 meter :

Tabel 4.5 Hasil perhitungan kecepatan aliran air ketinggian 3 m

No	Keterangan	Kecepatan aliran
1	pipa selang	$V_{1b} = 0,294 \text{ m/s}$
2	Konektor <sub>1</sub>	$V_{2b} = 0,342 \text{ m/s}$
3	Manifol	$V_{3b} = 0,433 \text{ m/s}$
4	Hollow shaft	$V_{4b} = 0,433 \text{ m/s}$
5	Pressure gauge	$V_{5b} = 0,256 \text{ m/s}$
6	Konektor <sub>2</sub>	$V_{6b} = 0,164 \text{ m/s}$
7	Konektor <sub>3</sub>	$V_{7b} = 0,256 \text{ m/s}$
8	Cek valve	$V_{8b} = 0,117 \text{ m/s}$
9	Konektor <sub>4</sub>	$V_{9b} = 0,256 \text{ m/s}$
10	Konektor	$V_{10b} = 0,506 \text{ m/s}$
11	Pipa delivery	$V_{11b} = 0,48 \text{ m/s}$

### 3. Perhitungan kecepatan aliran air pada ketinggian *delivery* 4 meter

Debit aktual rata-rata :

$$\bar{Q} = \frac{\sum Q}{n}$$

$$\bar{Q} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10}}{n}$$

$$\bar{Q} = 7,472 \text{ l/mnt} = 0,124 \text{ dm}^3/\text{s} = 1,2453 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Dengan perhitungan yang sama seperti pembahasan aliran air pada ketinggian *delivery* 2 meter, maka diketahui kecepatan aliran air untuk masing-masing pipa pada ketinggian *delivery* 4 meter :

Tabel 4.6 Hasil perhitungan kecepatan aliran air ketinggian 4 m

No	Keterangan	Kecepatan aliran
1	pipa selang	$V_{1c} = 0,531 \text{ m/s}$
2	Konektor <sub>1</sub>	$V_{2c} = 0,616 \text{ m/s}$
3	Manifol	$V_{3c} = 0,78 \text{ m/s}$
4	Hollow shaft	$V_{4c} = 0,78 \text{ m/s}$
5	Pressure gauge	$V_{5c} = 0,46 \text{ m/s}$
6	Konektor <sub>2</sub>	$V_{6c} = 0,295 \text{ m/s}$
7	Konektor <sub>3</sub>	$V_{7c} = 0,46 \text{ m/s}$
8	Cek valve	$V_{8c} = 0,211 \text{ m/s}$
9	Konektor <sub>4</sub>	$V_{9c} = 0,46 \text{ m/s}$
10	Konektor	$V_{10c} = 0,913 \text{ m/s}$
11	Pipa <i>delivery</i>	$V_{11c} = 0,866 \text{ m/s}$

4. Perhitungan kecepatan aliran air pada ketinggian *delivery* 5 meter

Debit aktual rata-rata :

$$\bar{Q} = 6,203 \text{ l/mnt} = 0,103 \text{ dm}^3/\text{s} = 1,0338 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Dengan perhitungan yang sama seperti pembahasan aliran air pada ketinggian *delivery* 2 meter, maka diketahui kecepatan aliran air untuk masing-masing pipa pada ketinggian *delivery* 5 meter :

Tabel 4.7 Hasil perhitungan kecepatan aliran air ketinggian 5 m

No	Keterangan	Kecepatan aliran
1	pipa selang	$V_{1c} = 1,066 \text{ m/s}$
2	Konektor <sub>1</sub>	$V_{2c} = 1,238 \text{ m/s}$
3	Manifol	$V_{3c} = 1,567 \text{ m/s}$
4	Hollow shaft	$V_{4c} = 1,567 \text{ m/s}$
5	Pressure gauge	$V_{5c} = 0,927 \text{ m/s}$
6	Konektor <sub>2</sub>	$V_{6c} = 0,593 \text{ m/s}$
7	Konektor <sub>3</sub>	$V_{7c} = 0,927 \text{ m/s}$
8	Cek valve	$V_{8c} = 0,425 \text{ m/s}$
9	Konektor <sub>4</sub>	$V_{9c} = 0,195 \text{ m/s}$
10	Konektor	$V_{10c} = 0,385 \text{ m/s}$
11	Pipa delivery	$V_{11c} = 0,365 \text{ m/s}$

### 4.3 Perhitungan Viskositas Air

Diketahui kondisi air diasumsikan pada temperatur 27°C, sifat-sifatnya dapat diketahui dari lampiran (Tabel viskositas air). Dimana :

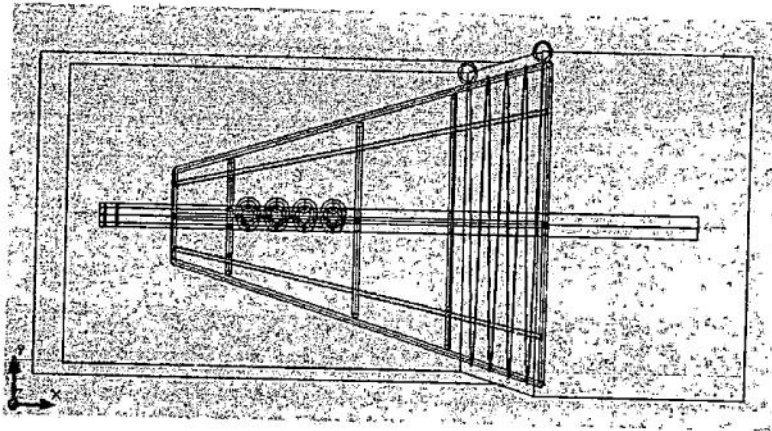
- $\mu_{air} = 0,852 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$
- $\rho_{air} = 996,59 \text{ kg/m}^3$

Maka dapat dihitung viskositas kinematik ( $\nu$ )

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

$$\nu = \frac{0,852 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2}{996,59 \text{ kg/m}^3} = \frac{0,852 \times 10^{-3} \text{ kg/ms}}{996,59 \text{ kg/m}^3} = 8,549 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

#### 1.4 Perhitungan Jari-Jari Rata-Rata Lengkung Sumbu Belokan Pada *Sling Pump*



Gambar 4.3 Dimensi Sling Pump

Diketahui :

- Diameter lingkaran besar tirus,  $D_1 = 47 \text{ cm}$
- Diameter lingkaran kecil tirus,  $D_2 = 13,8 \text{ cm}$
- Diameter luar selang,  $d_i = 3,12 \text{ cm}$
- Jari-jari luar selang,  $r_i = 1,56 \text{ cm}$

Dihitung :



- 1) Diameter rata-rata *sling pump* ( $\bar{D}$ )

$$\bar{D} = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

$$\bar{D} = \frac{47cm + 13,8cm}{2}$$

$$\bar{D} = 30,5cm$$

- 2) Jari-jari rata-rata *sling pump* ( $\bar{R}$ )

$$\bar{R} = \frac{\bar{D}}{2}$$

$$\bar{R} = \frac{30,5cm}{2}$$

$$\bar{R} = 15,25cm$$

- 3) Jari-jari rata-rata lengkung sumbu belokan pada *sling pump* ( $R$ )

$$R' = \bar{R} - r_i$$

$$R' = 15,25cm - 1,56cm$$

$$R' = 13,69cm$$

#### 4.5 Perhitungan Head Kerugian (Head Loss)

Berdasarkan persamaan (2.34) maka kita dapat menghitung head kerugian

yaitu :

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_3 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + H_{m_y} + H_{m_n}$$

Persamaan tersebut dapat juga ditulis dalam bentuk :

$$\left( \frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} \right) = \left( \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \right) + H_{loss\_total}$$

### 5.1 Head Kerugian Gesek Sebagai Rugi Mayor

1. Head kerugian gesek sebagai rugi mayor pada ketinggian *delivery* 2 meter

1) Perhitungan head kerugian pada pipa konektor<sub>1</sub>

Diketahui :

- Kecepatan aliran air dalam pipa,  $V_{2a} = 0,368 \text{ m/detik}$
- Panjang konektor<sub>1</sub>,  $L_2 = 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m}$
- Diameter dalam konektor<sub>1</sub>,  $d = 2,25 \text{ cm} = 0,0225 \text{ m}$

Dihitung :

a. Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{d \times V_{2a}}{\nu}$$

$$Re = \frac{0,0225 \text{ m} \times 0,368 \text{ m/s}}{8,549 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 9697,6097$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa aliran air pada pipa *hollow shaft* adalah turbulen karena nilai  $Re > 4000$ .

a. Faktor gesekan ( $f$ )

Berdasarkan perhitungan bilangan Reynold bahwa aliran air pada pipa *delivery* adalah turbulen dan pipa yang digunakan pipa PVC

dengan kondisi pipa halus, maka faktor gesekan dapat dicari dengan persamaan Blasius.

$$f = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$$

$$f = \frac{0,3164}{9697,6097^{0,25}} = 0,0318$$

b. Head kerugian pada pipa *delivery* ( $h_f$ )

$$h_f = f \cdot \frac{L_2}{d} \cdot \frac{V_{2a}^2}{2g}$$

$$h_f = 0,0318 \cdot \frac{0,04m}{0,0225m} \cdot \frac{(0,3628 \text{ m/detik})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/detik}^2}$$

$$h_f = 0,00039m$$

2) Perhitungan head kerugian pada manifold

Diketahui :

- Kecepatan aliran air dalam manifold,  $V_{3a} = 0,466 \text{ m/detik}$
- Panjang manifold,  $L_3 = 0,6cm = 0,006m$
- Diameter dalam manifold,  $d = 2cm = 0,02m$

Dihitung :

a. Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{d \times V_{3a}}{\nu}$$

$$Re = \frac{0,02m \times 0,466 \text{ m/s}}{8,549 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}} = 10909,811$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa aliran air pada manifold adalah turbulen karena nilai  $Re > 4000$ .

b. Faktor gesekan ( $f$ )

Diketahui material manifold yang digunakan adalah aluminium dengan asumsi kondisi pipa halus. Maka faktor gesekan ( $f$ ) diketahui dari diagram Moody sehingga diperoleh  $f = 0,028$ .

c. Head kerugian pada manifold ( $h_f$ )

$$h_f = f \cdot \frac{L_3}{d} \cdot \frac{V_{3a}^2}{2g}$$

$$h_f = 0,028 \cdot \frac{0,006m}{0,02m} \cdot \frac{(0,466 \text{ m/detik})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/detik}^2} = 0,00009m$$

3) Perhitungan head kerugian pada hollow shaft

Diketahui :

- Kecepatan aliran air dalam hollow shaft,  $V_{4a} = 0,466 \text{ m/detik}$
- Panjang hollow shaft,  $L_4 = 35 \text{ cm} = 0,35 \text{ m}$
- Diameter dalam hollow shaft,  $d = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$

Dihitung :

a. Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{d \times V_{4a}}{v}$$

$$Re = \frac{0,02m \times 0,466 \text{ m/s}}{8,549 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 10909,81$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa aliran air pada hollow shaft adalah turbulen karena nilai  $Re > 4000$ .

b. Faktor gesekan ( $f$ )

Diketahui material hollow shaft yang digunakan adalah aluminium dengan asumsi kondisi pipa halus. Maka faktor gesekan ( $f$ ) diketahui dari diagram Moody sehingga diperoleh  $f = 0,028$ .

c. Head kerugian pada hollow shaft ( $h_f$ )

$$h_f = f \cdot \frac{L_4}{d} \cdot \frac{V_{4a}^2}{2g}$$

$$h_f = 0,028 \cdot \frac{0,35m}{0,02m} \cdot \frac{(0,466 \text{ m/detik})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/detik}^2}$$

$$h_f = 0,00543m$$

4) Perhitungan head kerugian pada pipa pressure gauge

Diketahui :

- Kecepatan aliran air dalam pipa,  $V_{5a} = 0,275 \text{ m/detik}$
- Panjang pipa,  $L_5 = 5,95 \text{ cm} = 0,0595 \text{ m}$

- Diameter dalam pipa,  $d = 2,6\text{cm} = 0,026\text{m}$

Dihitung :

- c. Bilangan Reynold (Re)

$$\text{Re} = \frac{d \times V_{5a}}{\nu}$$

$$\text{Re} = \frac{0,026\text{m} \times 0,275\text{m/s}}{8,549 \times 10^{-7}\text{m}^2/\text{s}} = 8392,162$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa aliran air pada pipa pressure gauge adalah turbulen karena nilai  $\text{Re} > 4000$ .

- d. Faktor gesekan ( $f$ )

Berdasarkan perhitungan bilangan Reynold bahwa aliran air pada pipa pressure gauge adalah turbulen dan pipa yang digunakan pipa PVC dengan kondisi pipa halus, maka faktor gesekan dapat dicari dengan persamaan Blasius.

$$f = \frac{0,3164}{\text{Re}^{0,25}}$$

$$f = \frac{0,3164}{8392,162^{0,25}} = 0,033$$

- e. Head kerugian pada pipa pressure gauge ( $h_f$ )

$$h_f = f \cdot \frac{L_s}{d} \cdot \frac{V_{5a}^2}{2g}$$

$$h_f = 0,033 \cdot \frac{0,0595\text{m}}{0,026\text{m}} \cdot \frac{(0,275\text{m/detik})^2}{2 \cdot 9,81\text{m/detik}^2} = 0,00029\text{m}$$

5) Perhitungan head kerugian pada konektor<sub>2</sub>

Diketahui :

- Kecepatan aliran air dalam konektor,  $V_{6a} = 0,176 \text{ m/detik}$
- Panjang pipa,  $L_4 = 2,5 \text{ cm} = 0,025 \text{ m}$
- Diameter dalam konektor,  $d = 3,25 \text{ cm} = 0,0325 \text{ m}$

Dihitung :

## a. Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{d \times V_{4a}}{\nu}$$

$$Re = \frac{0,0325 \text{ m} \times 0,176 \text{ m/s}}{8,549 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 6713,73$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa aliran air pada konektor adalah turbulen karena nilai  $Re > 4000$ .

b. Faktor gesekan ( $f$ )

Berdasarkan perhitungan bilangan Reynold bahwa aliran air pada konektor adalah turbulen dan pipa yang digunakan pipa PVC dengan kondisi pipa halus, maka faktor gesekan dapat dicari dengan persamaan Blasius.

$$f = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} = \frac{0,3164}{6713,73^{0,25}} = 0,034$$

c. Head kerugian pada konektor<sub>2</sub> ( $h_f$ )

$$h_{f1} = f \cdot \frac{L_4}{d} \cdot \frac{V_{4a}^2}{2g}$$

$$h_{f1} = 0,034 \cdot \frac{0,025m}{0,0325m} \cdot \frac{(0,176 \text{ m/detik})^2}{2,9,81 \text{ m/detik}^2}$$

$$h_{f1} = 0,00004m$$

6) Perhitungan head kerugian pada konektor<sub>3</sub>

Diketahui :

- Kecepatan aliran air dalam konektor,  $V_{7a} = 0,275 \text{ m/detik}$
- Panjang pipa,  $L_7 = 2cm = 0,02m$
- Diameter dalam konektor,  $d = 2,6cm = 0,026m$

Dihitung :

a. Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{d \times V_{7a}}{\nu}$$

$$Re = \frac{0,026m \times 0,275 \text{ m/s}}{8,549 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 8392,16$$

- Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa aliran air pada konektor adalah turbulen karena nilai  $Re > 4000$ .

b. Faktor gesekan ( $f$ )



Berdasarkan perhitungan bilangan Reynold bahwa aliran air pada konektor adalah turbulen dan pipa yang digunakan pipa PVC dengan kondisi pipa halus, maka faktor gesekan dapat dicari dengan persamaan Blasius.

$$f = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$$

$$f = \frac{0,3164}{8392,16^{0,25}} = 0,033$$

c. Head kerugian pada konektor ( $h_f$ )

$$h_{f1} = f \cdot \frac{L_4}{d} \cdot \frac{V_{4a}^2}{2g}$$

$$h_{f1} = 0,033 \cdot \frac{0,02m}{0,026m} \cdot \frac{(0,275m/detik)^2}{2 \cdot 9,81m/detik^2}$$

$$h_{f1} = 0,00009m$$

7) Perhitungan head kerugian pada cek valve

Diketahui :

- Kecepatan aliran air dalam cek valve,  $V_{8a} = 0,126m/detik$
- Panjang cek valve,  $L_8 = 4,9cm = 0,049m$
- Diameter dalam cek valve,  $d = 3,84cm = 0,0384m$

Dihitung :

## a. Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{d \times V_{8a}}{v}$$

$$Re = \frac{0,0384m \times 0,126 \text{ m/s}}{8,549 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 5682,19$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa aliran air pada cek valve adalah turbulen karena nilai  $Re > 4000$ .

## d. Angka kekerasan relatif

Diketahui material cek valve yang digunakan adalah galvanized iron sehingga dari tabel angka kekerasan pada lampiran 3 diperoleh angka kekerasan,  $\varepsilon = 0,0006 \text{ inche} = 0,15\text{mm}$ .

$$\frac{\varepsilon}{d} = \frac{0,15\text{mm}}{30,84\text{mm}} = 0,005$$

e. Faktor gesekan ( $f$ )

Berdasarkan bilangan Reynold dan angka kekerasan di atas, maka faktor gesekan ( $f$ ) diketahui dari diagram Moody sehingga diperoleh  $f = 0,042$ .

f. Head kerugian pada cek valve ( $h_f$ )

$$h_{f1} = f \cdot \frac{L_2}{d} \cdot \frac{V_{2a}^2}{2g}$$

$$= 0,042 \cdot \frac{0,049m}{0,0384m} \cdot \frac{(0,186 \text{ m/detik})^2}{2,9,81 \text{ m/detik}^2}$$

$$h_{f1} = 0,00004m$$

8) Perhitungan head kerugian pada konektor<sub>4</sub>

Diketahui :

- Kecepatan aliran air dalam konektor,  $V_{9a} = 0,275 \text{ m/detik}$
- Panjang pipa,  $L_9 = 2,6cm = 0,026m$
- Diameter dalam konektor,  $d = 2,6cm = 0,026m$

Dihitung :

a. Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{d \times V_{9a}}{\nu}$$

$$Re = \frac{0,026m \times 0,275 \text{ m/s}}{8,549 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 8392,16$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa aliran air pada konektor adalah turbulen karena nilai  $Re > 4000$ .

b. Faktor gesekan ( $f$ )

Aliran air pada konektor adalah turbulen dan pipa yang digunakan pipa PVC dengan kondisi pipa halus, maka faktor gesekan dapat dicari dengan persamaan Blasius.

$$f = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$$

$$f = \frac{0,3164}{8392,16^{0,25}} = 0,033$$

c. Head kerugian pada konektor ( $h_f$ )

$$h_{f1} = f \cdot \frac{L_4}{d} \cdot \frac{V_{4a}^2}{2g}$$

$$h_{f1} = 0,033 \cdot \frac{0,026m}{0,026m} \cdot \frac{(0,275 \text{ m/detik})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/detik}^2}$$

$$h_{f1} = 0,00013m$$

9) Perhitungan head kerugian pada delivery

Diketahui :

- Kecepatan aliran air dalam delivery,  $V_{10a} = 0,317 \text{ m/detik}$
- Panjang pipa,  $L_{10} = 10m$
- Diameter dalam pipa delivery,  $d = 2,425cm = 0,02425m$

Dihitung :

a. Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{d \times V_{10a}}{\nu}$$

$$Re = \frac{0,02425m \times 0,317 \text{ m/s}}{8,549 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 8997,78$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa aliran air pada pipa delivery adalah turbulen karena nilai  $Re > 4000$ .

b. Faktor gesekan ( $f$ )

Berdasarkan perhitungan bilangan Reynold bahwa aliran air pada pipa delivery adalah turbulen dan pipa yang digunakan pipa PVC dengan kondisi pipa halus, maka faktor gesekan dapat dicari dengan persamaan Blasius.

$$f = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$$

$$f = \frac{0,3164}{8997,78^{0,25}} = 0,032$$

c. Head kerugian pada pipa delivery ( $h_f$ )

$$h_{f1} = f \cdot \frac{L_4}{d} \cdot \frac{V_{4a}^2}{2g}$$

$$h_{f1} = 0,032 \cdot \frac{10m}{0,02425m} \cdot \frac{(0,317m/detik)^2}{2 \cdot 9,81m/detik^2} = 0,06871m$$

2. Head kerugian gesek sebagai rugi mayor pada ketinggian *delivery* 3 meter

Dengan perhitungan yang sama seperti pembahasan head kerugian gesek sebagai rugi mayor pada ketinggian *delivery* 2 meter, maka diketahui head kerugian gesek sebagai rugi mayor pada ketinggian *delivery* 3 meter :

Tabel 4.8 Hasil perhitungan rugi mayor ketinggian 3 meter

No	Rugi mayor	$h_f(m)$
1	Konektor <sub>1</sub>	0,00034
2	Manifol	0,00008
3	Hollow shaft	0,00469
4	Pressure gauge	0,00026
5	Konektor <sub>2</sub>	0,00003
6	Konektor <sub>3</sub>	0,00008
7	Cek valve	0,00003
8	Konektor <sub>4</sub>	0,00011
9	Delivery	0,06040
Rugi-rugi mayor total		0,06605

3. Head kerugian gesek sebagai rugi mayor pada ketinggian *delivery* 4 meter

Dengan perhitungan yang sama seperti pembahasan head kerugian gesek sebagai rugi mayor pada ketinggian *delivery* 2 meter, maka diketahui head kerugian gesek sebagai rugi mayor pada ketinggian *delivery* 4 meter :

Tabel 4.9 Hasil perhitungan rugi mayor ketinggian 4 meter

No	Rugi mayor	$h_f(m)$
1	Konektor <sub>1</sub>	0,00030
2	Manifol	0,00006
3	Hollow shaft	0,00393
4	Pressure gauge	0,00022
5	Konektor <sub>2</sub>	0,00003
6	Konektor <sub>3</sub>	0,00007
7	Cek valve	0,00003
8	Konektor <sub>4</sub>	0,00009
9	Delivery	0,05174
Rugi-rugi mayor total		0,05649

4. Head kerugian gesek sebagai rugi mayor pada ketinggian *delivery* 5 meter

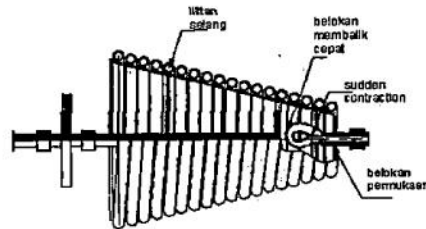
Dengan perhitungan yang sama seperti pembahasan head kerugian gesek sebagai rugi mayor pada ketinggian *delivery* 2 meter, maka diketahui head kerugian gesek sebagai rugi mayor pada ketinggian *delivery* 5 meter :

Tabel 4.10 Hasil perhitungan rugi mayor ketinggian 5 meter

No	Rugi mayor	$h_f(m)$
1	Konektor <sub>1</sub>	0,00021
2	Manifol	0,00004
3	Hollow shaft	0,00271
4	Pressure gauge	0,00016
5	Konektor <sub>2</sub>	0,00002
6	Konektor <sub>3</sub>	0,00005
7	Cek valve	0,00002
8	Konektor <sub>4</sub>	0,00007
9	Delivery	0,03736
Rugi-rugi mayor total		0,04065



## 2. Head Kerugian Gesek Sebagai Rugi Minor



Gambar 4.4 Rugi-Rugi Minor Pada Sling Pump

### 1. Head kerugian gesek sebagai rugi minor pada ketinggian *delivery* 1 meter

#### 1) Perhitungan head kerugian pada lilitan selang

Diketahui :

- Diasumsikan dalam satu lilitan selang terdapat 4 belokan (elbow)
- Diameter dalam selang,  $d = \frac{3}{4}'' = 1,905\text{cm} = 0,01905\text{m}$
- Jumlah lilitan selang ada 12 lilitan
- Kecepatan air,  $V_{1a} = 0,317\text{m}/\text{detik}$

Dihitung :

#### a. Jumlah elbow (N)

$$N = 4 \times 12$$

$$N = 48$$

#### b. Bilangan Reynold

$$\text{Re} = \frac{d \times V_{1a}}{v}$$

$$Re = \frac{0,02425m \times 0,317 \text{ m/s}}{0,861 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 8997,782$$

c. Faktor gesekan ( $f$ )

Berdasarkan perhitungan bilangan Reynold bahwa aliran air pada selang adalah turbulen dengan kondisi halus, maka faktor gesekan dapat dicari dengan persamaan Blasius.

$$f = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$$

$$f = \frac{0,3164}{8997,782^{0,25}} = 0,032$$

d. Mencari  $L_e/D$

Dari diagram perbandingan panjang ekivalen untuk kondisi

$$\frac{R'}{d_1} = \frac{13,038cm}{2,425cm} = 5,814$$

$$\text{didapat } L_e/D = 17$$

e. Koefisien tahanan ( $K$ )

Berdasarkan hasil perhitungan di atas sehingga harga koefisien tahanan lilitan selang dapat dihitung melalui persamaan (2.43)

yaitu:

$$K = f \cdot \frac{L_e}{d_1}$$

$$K = 0,02425 \times 17 = 0,552$$

f. Head kerugian pada lilitan selang  $h_f$

$$h_f = K.N \cdot \frac{V_{1a}^2}{2.g}$$

$$h_f = 0,552 \times 48 \times \frac{(0,317 \text{ m/detik})^2}{2,9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_f = 0,135 \text{ m}$$

2) Perhitungan head kerugian pada belokan permukaan *sling pump*

Diketahui :

- Belokan diasumsikan sebagai jenis belokan siku lekuk panjang, dimana berdasarkan tabel koefisien kerugian tinggi-tekan diperoleh nilai  $K = 0,6$
- Kecepatan air,  $V_{1a} = 0,317 \text{ m/detik}$

Dihitung :

Head kerugian pada belokan permukaan *sling pump*  $h_f$

$$h_f = K \frac{V_{1a}^2}{2.g}$$

$$h_f = 0,6 \times \frac{(0,317 \text{ m/detik})^2}{2,9,81 \text{ m/s}^2}$$

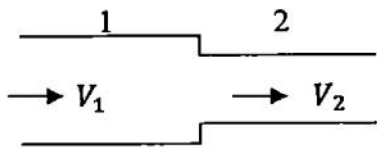
$$h_f = 0,0030 \text{ m}$$

3) Perhitungan kerugian tinggi-tekan akibat penyempitan mendadak

(*sudden contraction*) antara selang dan konektor<sub>1</sub>

Diketahui :

- Diameter dalam pipa selang,  $d_1 = 2,425\text{cm} = 0,02425\text{m}$
- Diameter dalam konektor,  $d_2 = 0,0225\text{m}$
- Kecepatan air pada konektor,  $V_{2a} = 0,368\text{m}/\text{detik}$



Dihitung :

- a. Luas selubung selang,  $A_1$

$$A_1 = \frac{1}{4} \pi d_1^2$$

$$A_1 = \frac{1}{4} \pi (0,02425\text{m})^2$$

$$A_1 = 0,00046\text{m}^2$$

- b. Luas selubung hollow shaft,  $A_2$

$$A_2 = \frac{1}{4} \pi d_2^2$$

$$A_2 = \frac{1}{4} \pi (0,0225\text{m})^2$$

$$A_2 = 0,0004\text{m}^2$$

- c. Koefisien penyempitan,  $C_c$

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{0,00046\text{m}^2}{0,0004\text{m}^2} = 0,8$$

Maka harga koefisien penyempitan  $C_c$  untuk air telah ditentukan oleh Weishbach dengan harga 0,712.

d. Head kerugian pada penyempitan 1

$$h_f = \left( \frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 \cdot \frac{V_{2a}^2}{2g}$$

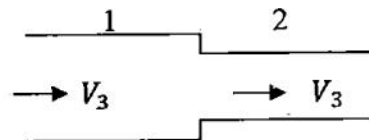
$$h_f = \left( \frac{1}{0,712} - 1 \right)^2 \cdot \frac{(0,432 \text{ m/dt})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/dt}^2}$$

$$h_f = 0,007 \text{ m}$$

4) Perhitungan kerugian tinggi-tekan akibat penyempitan mendadak (*sudden contraction*) antara konektor<sub>1</sub> dan manifold

Diketahui :

- Diameter dalam konektor<sub>1</sub>,  $d_2 = 2,25 \text{ cm} = 0,0225 \text{ m}$
- Diameter dalam konektor,  $d_3 = 0,02 \text{ m}$
- Kecepatan air pada konektor,  $V_{3a} = 0,466 \text{ m/detik}$



Dihitung :

a. Luas selubung selang,  $A_1$

$$A_1 = \frac{1}{4} \pi d_2^2$$

$$A_1 = \frac{1}{4} \pi (0,0225 \text{ m})^2$$

$$A_1 = 0,0004 \text{ m}^2$$

b. Luas selubung hollow shaft,  $A_2$

$$A_2 = \frac{1}{4} \pi d_2^2$$

$$A_2 = \frac{1}{4} \pi (0,02m)^2$$

$$A_2 = 0,0003m^2$$

c. Koefisien penyempitan,  $C_c$

$$\frac{A_3}{A_2} = \frac{0,0003m^2}{0,0004m^2} = 0,79$$

Maka harga koefisien penyempitan  $C_c$  untuk air telah ditentukan oleh Weishbach dengan harga 0,712.

d. Head kerugian pada penyempitan 1

$$h_f = \left( \frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 \cdot \frac{V_{3a}^2}{2g}$$

$$h_f = \left( \frac{1}{0,712} - 1 \right)^2 \cdot \frac{(0,466 m/dt)^2}{2 \cdot 9,81 m/dt^2}$$

$$h_f = 0,00117m$$

5) Perhitungan head kerugian pada belokan antara manifold dan hollow shaft

Diketahui :

- Diasumsikan belokan (elbow) jenis siku standar dengan  $K = 1,8$
- Kecepatan air,  $V_{3a} = 0,466 m/detik$

Dihitung :

Head kerugian pada pembesaran penampang

$$h_f = K \frac{V_{3a}^2}{2 \cdot g}$$

$$h_f = 0,18 \times \frac{(0,466 \text{ m/detik})^2}{2,9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_f = 0,0177 \text{ m}$$

- 6) Perhitungan kerugian tinggi-tekan akibat pembesaran mendadak *hollow shaft* dan pipa pressure gauge

Diketahui :

- Diameter dalam pipa *hollow shaft*,  $d_4 = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$
- Diameter pipa pressure gauge,  $d_5 = 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ m}$
- Kecepatan air pada pipa pressure gauge,  $V_{5a} = 0,275 \text{ m/detik}$



Dihitung :

Head kerugian pada pembesaran penampang

$$h_f = \frac{V_{5a}^2}{2g} \left[ 1 - \left( \frac{d_4}{d_5} \right)^2 \right]^2$$

$$h_f = \frac{(0,275 \text{ m/detik})^2}{2,9,81 \text{ m/dt}^2} \left[ 1 - \left( \frac{0,02 \text{ m}}{0,026 \text{ m}} \right)^2 \right]^2 = 0,0006 \text{ m}$$

- 7) Perhitungan kerugian tinggi-tekan akibat pembesaran mendadak pipa pressure gauge dan konektor<sub>2</sub>

Diketahui :

- Diameter pipa pressure gauge,  $d_5 = 2,6\text{cm} = 0,026\text{m}$
- Diameter pipa konektor<sub>2</sub>,  $d_6 = 3,25\text{cm} = 0,0325\text{m}$
- Kecepatan air pada pipa konektor<sub>2</sub>,  $V_{6a} = 0,176\text{m}/\text{detik}$



Dihitung :

Head kerugian pada pembesaran penampang

$$h_f = \frac{V_{6a}^2}{2g} \left[ 1 - \left( \frac{d_5}{d_6} \right)^2 \right]^2$$

$$h_f = \frac{(0,176\text{m}/\text{detik})^2}{2 \cdot 9,81\text{m}/\text{dt}^2} \left[ 1 - \left( \frac{0,026\text{m}}{0,0325\text{m}} \right)^2 \right]^2$$

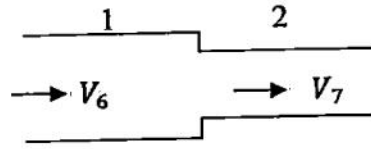
$$h_f = 0,0002\text{m}$$

- 8) Perhitungan kerugian tinggi-tekan akibat penyempitan mendadak (*sudden contraction*) antara konektor<sub>2</sub> dengan konektor<sub>3</sub>

Diketahui :

- Diameter dalam pipa konektor<sub>3</sub>,  $d_7 = 2,6\text{cm} = 0,026\text{m}$
- Kecepatan aliran air pada konektor<sub>3</sub>,  $V_{7a} = 0,275\text{m}/\text{detik}$





Dihitung :

- a. Luas penampang konektor<sub>2</sub>,  $A_6$

$$A_6 = \frac{1}{4}\pi d_6^2$$

$$A_6 = \frac{1}{4}\pi(0,0325m)^2$$

$$A_6 = 0,0008m^2$$

- b. Luas penampang konektor<sub>3</sub>,  $A_7$

$$A_7 = \frac{1}{4}\pi d_7^2$$

$$A_7 = \frac{1}{4}\pi(0,026m)^2$$

$$A_7 = 0,0005m^2$$

- c. Koefisien penyempitan,  $C_c$

$$\frac{A_7}{A_6} = \frac{0,0002m^2}{0,0005m^2} = 0,64$$

Maka harga koefisien penyempitan  $C_c$  untuk air telah ditentukan oleh Weishbach dengan harga 0,6996.

- d. Head kerugian pada penyempitan 3

$$h_f = \left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2 \cdot \frac{V_{7a}^2}{2g}$$

$$h_f = \left( \frac{1}{0,6996} - 1 \right)^2 \cdot \frac{(0,275 \text{ m/dt})^2}{2,9,81 \text{ m/dt}^2}$$

$$h_f = 0,000002 \text{ m}$$

9) Perhitungan kerugian tinggi-tekan akibat pembesaran mendadak pipa konektor<sub>3</sub> dan cek valve

Diketahui :

- Diameter konektor<sub>3</sub>,  $d_7 = 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ m}$
- Diameter cek valve,  $d_8 = 3,84 \text{ cm} = 0,0384 \text{ m}$
- Kecepatan air pada cek valve,  $V_{8a} = 0,126 \text{ m/detik}$



Dihitung :

Head kerugian pada pembesaran penampang

$$h_f = \frac{V_{8a}^2}{2g} \left[ 1 - \left( \frac{d_7}{d_8} \right)^2 \right]^2$$

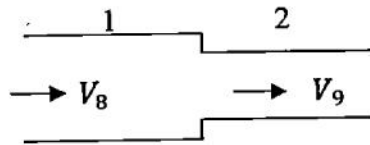
$$h_f = \frac{(0,126 \text{ m/detik})^2}{2,9,81 \text{ m/dt}^2} \left[ 1 - \left( \frac{0,026 \text{ m}}{0,0384 \text{ m}} \right)^2 \right]^2$$

$$h_f = 0,00023 \text{ m}$$

10) Perhitungan kerugian tinggi-tekan akibat penyempitan mendadak (*sudden contraction*) antara cek valve dengan konektor<sub>4</sub>

Diketahui :

- Diameter dalam pipa konektor<sub>4</sub>,  $d_9 = 2,6\text{cm} = 0,026\text{m}$
- Kecepatan aliran air pada konektor<sub>4</sub>,  $V_{9a} = 0,275\text{ m/detik}$



Dihitung :

a. Luas penampang cek valve,  $A_8$

$$A_8 = \frac{1}{4} \pi d_8^2$$

$$A_8 = \frac{1}{4} \pi (0,0384\text{m})^2$$

$$A_8 = 0,0008\text{m}^2$$

b. Luas penampang konektor<sub>4</sub>,  $A_7$

$$A_9 = \frac{1}{4} \pi d_9^2$$

$$A_9 = \frac{1}{4} \pi (0,026\text{m})^2$$

$$A_9 = 0,0005\text{m}^2$$

c. Koefisien penyempitan,  $C_c$

$$\frac{A_9}{A_8} = \frac{0,0008\text{m}^2}{0,0005\text{m}^2} = 0,64$$

Maka harga koefisien penyempitan  $C_c$  untuk air telah ditentukan oleh Weishbach dengan harga 0,755.

d. Head kerugian pada penyempitan 4

$$h_f = \left( \frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 \cdot \frac{V_{9a}^2}{2g}$$

$$h_f = \left( \frac{1}{0,6996} - 1 \right)^2 \cdot \frac{(0,275 \text{ m/dt})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/dt}^2}$$

$$h_f = 0,000002 \text{ m}$$

11) Perhitungan kerugian belokan pipa *delivery*

Diketahui :

- Kecepatan air pada konektor,  $V_{9a} = 0,275 \text{ m/detik}$
- Tinggi *delivery*,  $z = 2 \text{ meter}$
- Panjang *delivery*,  $L = 10 \text{ meter}$

Dihitung :

a. Sudut belokan ( $\theta$ )

$$\sin \theta = \frac{z}{L}$$

Maka :

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{z}{L} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{2 \text{ meter}}{10 \text{ meter}} \right) = 11,536^\circ$$

b. Koefisien kerugian

Berdasarkan sudut belokan di atas dan diketahui permukaan pipa halus, maka kerugian gesek ( $f$ ) diketahui dari tabel koefisien

kerugian belokan pipa (Sularso, 1983) sehingga diperoleh kerugian gesek,  $f = 0,032$ .

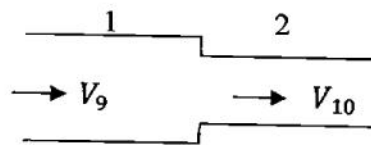
c. Kerugian belokan pipa *delivery*  $h_f$

$$h_f = f \cdot \frac{V_{9a}^2}{2g} = 0,032 \cdot \frac{(0,275 \text{ m/dt})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/dt}^2} = 0,0001 \text{ m}$$

12) Perhitungan *sudden contraction* konektor<sub>4</sub> dengan pipa *delivery*

Diketahui :

- Diameter dalam konektor<sub>4</sub>,  $d_9 = 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ m}$
- Diameter dalam pipa *delivery*,  $d_{10} = 0,02425 \text{ m}$
- Kecepatan aliran pada pipa *delivery*,  $V_{10a} = 0,317 \text{ m/dt}$



a. Luas selubung konektor<sub>4</sub>,  $A_9$

$$A_9 = \frac{1}{4} \pi d_9^2$$

$$A_9 = \frac{1}{4} \pi (0,026 \text{ m})^2$$

$$A_9 = 0,0005 \text{ m}^2$$

b. Luas selubung *delivery*,  $A_{10}$

$$A_{10} = \frac{1}{4} \pi d_{10}^2$$

$$A_{10} = \frac{1}{4} \pi (0,02425 \text{ m})^2 = 0,0004 \text{ m}^2$$

c. Koefisien penyempitan,  $C_c$

$$\frac{A_{10}}{A_9} = \frac{0,0004m^2}{0,0005m^2} = 0,8$$

Maka harga koefisien penyempitan  $C_c$  untuk air dapat diketahui dari tabel Koefisien Kontraksi  $C_c$  (diktat Mekanika Fluida UMY) dengan harga 0,659.

d. Head kerugian pada penyempitan

$$h_f = \left( \frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 \cdot \frac{V_{10a}^2}{2g}$$

$$h_f = \left( \frac{1}{0,659} - 1 \right)^2 \cdot \frac{(0,317 m/dt)^2}{2 \cdot 9,81 m/dt^2}$$

$$h_f = 0,0005m$$

2. Head kerugian gesek sebagai rugi minor pada ketinggian *delivery* 3 meter

Dengan perhitungan yang sama seperti pembahasan head kerugian gesek sebagai rugi minor pada ketinggian *delivery* 2 meter, maka diketahui head kerugian gesek sebagai rugi minor pada ketinggian *delivery* 3 meter :

Tabel 4.11 Hasil perhitungan rugi minor ketinggian 3 meter

No	Rugi minor	$h_f(m)$
1	Lilitan selang	0,11953
2	Belokan permukaan sling pump	0,00265
3	Sudden contraction (selang-konektor <sub>1</sub> )	0,00111
4	Sudden contraction (konektor <sub>1</sub> -manifol)	0,00100
5	Belokan manifold dan hollow shaft	0,01530
6	Sudden expansion (hollow shaft-pipa pressure)	0,00055
7	Sudden expansion (pipa pressure-konektor <sub>2</sub> )	0,00017
8	Sudden contraction (konektor <sub>2</sub> -konektor <sub>3</sub> )	0,00035
9	Sudden expansion (konektor <sub>3</sub> -cek valve)	0,00020
10	Sudden contraction (cek valve-konektor <sub>4</sub> )	0,00035
11	Belokan delivery	0,00014
12	Sudden contraction (konektor <sub>4</sub> -delivery)	0,00046
Rugi-rugi minor total		0,14187

3. Head kerugian gesek sebagai rugi minor pada ketinggian *delivery* 4 meter

Dengan perhitungan yang sama seperti pembahasan head kerugian gesek sebagai rugi minor pada ketinggian *delivery* 2 meter, maka diketahui head kerugian gesek sebagai rugi minor pada ketinggian 4 meter :

Tabel 4.12 Hasil perhitungan rugi minor ketinggian 4 meter

No	Rugi minor	$h_f(m)$
1	Lilitan selang	0,10239
2	Belokan permukaan sling pump	0,00222
3	Sudden contraction (selang-konektor <sub>1</sub> )	0,00093
4	Sudden contraction (konektor <sub>1</sub> -manifol)	0,00084
5	Belokan manifold dan hollow shaft	0,01282
6	Sudden expansion (hollow shaft-pipa pressure)	0,00046
7	Sudden expansion (pipa pressure-konektor <sub>2</sub> )	0,00014
8	Sudden contraction (konektor <sub>2</sub> -konektor <sub>3</sub> )	0,00029
9	Sudden expansion (konektor <sub>3</sub> -cek valve)	0,00017
10	Sudden contraction (cek valve-konektor <sub>4</sub> )	0,00029
11	Belokan delivery	0,00039
12	Sudden contraction (konektor <sub>4</sub> -delivery)	0,00011
Rugi-rugi minor total		0,12110



4. Head kerugian gesek sebagai rugi minor pada ketinggian *delivery* 5 meter

Dengan perhitungan yang sama seperti pembahasan head kerugian gesek sebagai rugi minor pada ketinggian *delivery* 2 meter, maka diketahui head kerugian gesek sebagai rugi minor pada ketinggian *delivery* 5 meter :

Tabel 4.13 Hasil perhitungan rugi minor ketinggian 5 meter

No	Rugi minor	$h_f(m)$
1	Lilitan selang	0,07392
2	Belokan permukaan sling pump	0,00153
3	Sudden contraction (selang-konektor <sub>1</sub> )	0,00036
4	Sudden contraction (konektor <sub>1</sub> -manifol)	0,00058
5	Belokan manifold dan hollow shaft	0,00884
6	Sudden expansion (hollow shaft-pipa pressure)	0,00032
7	Sudden expansion (pipa pressure-konektor <sub>2</sub> )	0,00010
8	Sudden contraction (konektor <sub>2</sub> -konektor <sub>3</sub> )	0,00020
9	Sudden expansion (konektor <sub>3</sub> -cek valve)	0,00011
10	Sudden contraction (cek valve-konektor <sub>4</sub> )	0,00020
11	Belokan delivery	0,00026
12	Sudden contraction (konektor <sub>4</sub> -delivery)	0,00008
Rugi-rugi minor total		0,08654

## 6 Pembahasan Tekanan Sisi *Suction Sling Pump* ( $P_1$ )

### 1. Pembahasan tekanan *suction* ( $P_1$ ) pada ketinggian *delivery* 2 meter

Diketahui :

- Tekanan terukur,  $P_{2a(gauge)} = 0,129 \text{ bar}$
- $\sum h_f \text{ mayor sampai pipa pressure gauge} = 0,00621 \text{ m}$
- $\sum h_f \text{ minor sampai pipa pressure gauge} = 0,15930 \text{ m}$
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $\rho_{air} = 996,59 \text{ kg/m}^3$

Dihitung :

Tekanan sisi *suction sling pump* ( $P_1$ )

$$\frac{\Delta P}{\gamma} = h_{f \text{ total}}$$

$$\frac{P_1 - P_{2a}}{\rho \cdot g} = \left( \sum h_f \text{ mayor sampai pipa } 3/4'' + \sum h_f \text{ minor sampai pipa } 3/4'' \right)$$

$$\frac{P_1 - 0,129 \text{ bar}}{996,59 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = (0,00621 + 0,15930 \text{ m})$$

$$\frac{P_1 - 0,129 \text{ bar}}{9776,5479 \text{ kg/m}^2 \text{ s}^2} = 0,2214 \text{ m}$$

$$P_1 = 0,129 \text{ bar} + 2164,527 \text{ kg/ms}^2$$

$$P_1 = 0,129 \text{ bar} + 0,022 \text{ bar}$$

$$P_1 = 0,151 \text{ bar}$$

$$P_{1(\text{absolute})} = P_{1(\text{gauge})} + 1 \text{ atm}$$

$$P_{1(\text{absolute})} = 0,151 \text{ atm} + 1 \text{ atm} = 1,151 \text{ atm}$$

2. Pembahasan tekanan *suction* ( $P_1$ ) pada ketinggian *delivery* 3 meter

Diketahui :

- Tekanan terukur,  $P_{2b(\text{gauge})} = 0,193 \text{ bar}$
- $\sum h_{f \text{ mayor sampai pipa pressure gauge}} = 0,00537 \text{ m}$
- $\sum h_{f \text{ minor sampai pipa pressure gauge}} = 0,14017 \text{ m}$
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $\rho_{\text{air}} = 996,59 \text{ kg/m}^3$

Dihitung :

Tekanan sisi *suction sling pump* ( $P_1$ )

$$\frac{\Delta P}{\gamma} = h_{f \text{ total}}$$

$$\frac{P_1 - P_{2b}}{\rho \cdot g} = \left( \sum h_{f \text{ mayor}} + \sum h_{f \text{ minor}} \right)$$

$$\frac{P_1 - 0,193 \text{ bar}}{996,59 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = (0,00537 \text{ m} + 0,14017 \text{ m})$$

$$\frac{P_1 - 0,193 \text{ bar}}{9776,5479 \text{ kg/m}^2 \text{ s}^2} = 0,14554 \text{ m}$$

$$P_1 = 0,193 \text{ bar} + 1422,878 \text{ kg/ms}^2$$

$$P_1 = 0,193\text{bar} + 0,014\text{bar}$$

$$P_1 = 0,207\text{bar}$$

$$P_{1(\text{absolute})} = P_{1(\text{gauge})} + 1\text{atm}$$

$$P_{1(\text{absolute})} = 0,207\text{atm} + 1\text{atm} = 1,207\text{atm}$$

3. Pembahasan tekanan *suction* ( $P_1$ ) pada ketinggian *delivery* 4 meter

Diketahui :

- Tekanan terukur,  $P_{2c(\text{gauge})} = 0,301\text{ bar}$
- $\sum h_f$  mayor sampai pipa pressure gauge = 0,00451m
- $\sum h_f$  minor sampai pipa pressure gauge = 0,11968m
- $g = 9,81\text{ m/s}^2$
- $\rho_{\text{air}} = 996,59\text{ kg/m}^3$

Dihitung :

Tekanan sisi *suction sling pump* ( $P_1$ )

$$\frac{\Delta P}{\gamma} = h_{f\text{ total}}$$

$$\frac{P_1 - P_{2c}}{\rho \cdot g} = \left( \sum h_{f\text{ mayor}} + \sum h_{f\text{ minor}} \right)$$

$$\frac{P_1 - 0,301\text{bar}}{996,59\text{ kg/m}^3 \cdot 9,81\text{ m/s}^2} = (0,00451 + 0,11968\text{m})$$

$$\frac{P_1 - 0,301\text{bar}}{9776,5479\text{ kg/m}^2\text{s}^2} = 0,12419\text{m}$$

$$P_1 = 0,301\text{bar} + 1214,149 \frac{\text{kg}}{\text{ms}^2}$$

$$P_1 = 0,301\text{bar} + 0,0121\text{bar}$$

$$P_1 = 0,3131\text{bar}$$

$$P_{1(\text{absolute})} = P_{1(\text{gauge})} + 1\text{atm}$$

$$P_{1(\text{absolute})} = 0,3131\text{atm} + 1\text{atm} = 1,3131\text{atm}$$

4. Pembahasan tekanan *suction* ( $P_1$ ) pada ketinggian *delivery* 5 meter

Diketahui :

- Tekanan terukur,  $P_{2d(\text{gauge})} = 0,301 \text{ bar}$
- $\sum h_f$  mayor sampai pipa pressure gauge = 0,00312m
- $\sum h_f$  minor sampai pipa pressure gauge = 0,08556m
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $\rho_{\text{air}} = 996,59 \text{ kg/m}^3$

Dihitung :

Tekanan sisi *suction* sling pump ( $P_1$ )

$$\frac{\Delta P}{\gamma} = h_f \text{ total}$$

$$\frac{P_1 - P_{2c}}{\rho \cdot g} = \left( \sum h_f \text{ mayor} + \sum h_f \text{ minor} \right)$$

$$\frac{P_1 - 0,301\text{bar}}{996,59 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = (0,00312 + 0,08556\text{m})$$

$$\frac{P_1 - 0,301\text{bar}}{9776,5479 \text{ kg/m}^2\text{s}^2} = 0,08868\text{m}$$

$$P_1 = 0,301\text{bar} + 866,984 \text{ kg/ms}^2$$

$$P_1 = 0,301\text{bar} + 0,0086\text{bar}$$

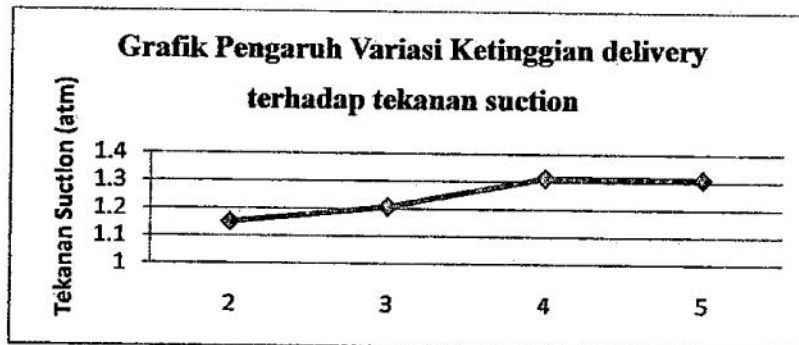
$$P_1 = 0,3096\text{bar}$$

$$P_{1(\text{absolute})} = P_{1(\text{gauge})} + 1\text{atm}$$

$$P_{1(\text{absolute})} = 0,3131\text{atm} + 1\text{atm} = 1,3096\text{atm}$$

Tabel 4.14 Besar tekanan *suction* ( $P_1$ ) untuk masing-masing ketinggian

No	$z(m)$	$P_1$ (atm)
1	2	1,151
2	3	1,207
3	4	1,3131
4	5	1,3096



Gambar 4.5 Grafik pengaruh ketinggian *delivery* terhadap tekanan pada sisi hisap

Berdasarkan grafik di atas, semakin tinggi ketinggian *delivery sling pump*, semakin besar tekanan yang terjadi pada sisi hisap.

## 7 Pembahasan Head Total *Sling Pump* ( $H_p$ )

### 1. Head total *sling pump* pada ketinggian *delivery* 2 meter ( $H_{p1}$ )

Diketahui asumsi tekanan pada bagian *dischard*,  $P_3 = P_{atm} = 1atm$

$$H_{p1} = \frac{\Delta P}{\gamma} + h_l + z_a$$

$$H_{p1} = \frac{P_1 - P_3}{\rho \cdot g} + (h_{f \text{ mayor}} + h_{f \text{ minor}}) + z_a$$

$$H_{p1} = \frac{1,151atm - 1atm}{996,59 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}} + (0,07522m + 0,16127m) + 2m$$

$$H_{p1} = \frac{0,151atm}{9776,5479 \frac{kg}{m^2 s^2}} + 2,23649m$$

$$H_{p1} = \frac{11500 \frac{kg}{ms^2}}{9776,5479 \frac{kg}{m^2 s^2}} + 2,23649m$$

$$H_{p1} = 3,41m$$

### 2. Head total *sling pump* pada ketinggian *delivery* 3 meter ( $H_{p2}$ )

Diketahui asumsi tekanan pada bagian *dischard*,  $P_3 = P_{atm} = 1atm$

$$H_{p2} = \frac{\Delta P}{\gamma} + h_l + z_b$$

$$H_{p2} = \frac{P_1 - P_3}{\rho \cdot g} + (h_{f \text{ mayor}} + h_{f \text{ minor}}) + z_b$$

$$H_{p2} = \frac{1,21 \text{ atm} - 1 \text{ atm}}{996,59 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + (0,0660 \text{ m} + 0,14187 \text{ m}) + 3 \text{ m}$$

$$H_{p2} = \frac{0,21 \text{ atm}}{9776,5479 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ s}^2}} + 3,20787 \text{ m}$$

$$H_{p2} = \frac{21000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ s}^2}}{9776,5479 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ s}^2}} + 3,20787 \text{ m}$$

$$H_{p2} = 5,35 \text{ m}$$

3. Head total *sling pump* pada ketinggian *delivery* 4 meter ( $H_{p3}$ )

Diketahui asumsi tekanan pada bagian *dischard*,  $P_3 = P_{atm} = 1 \text{ atm}$

$$H_{p3} = \frac{\Delta P}{\gamma} + h_l + z_c$$

$$H_{p3} = \frac{P_1 - P_3}{\rho \cdot g} + (h_{f \text{ mayor}} + h_{f \text{ minor}}) + z_c$$

$$H_{p3} = \frac{1,31 \text{ atm} - 1 \text{ atm}}{996,59 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + (0,05649 \text{ m} + 0,12110 \text{ m}) + 4 \text{ m}$$

$$H_{p3} = \frac{0,31 \text{ atm}}{9776,5479 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ s}^2}} + 4,17759 \text{ m}$$

$$H_{p3} = \frac{31000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ s}^2}}{9776,5479 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ s}^2}} + 4,17759 \text{ m} = 7,34 \text{ m}$$



4. Head total *sling pump* pada ketinggian *delivery* 5 meter ( $H_{p4}$ )

Diketahui asumsi tekanan pada bagian *dischard*,  $P_3 = P_{atm} = 1atm$

$$H_{p4} = \frac{\Delta P}{\gamma} + h_l + z_d$$

$$H_{p4} = \frac{P_1 - P_3}{\rho \cdot g} + (h_{f\text{ mayor}} + h_{f\text{ minor}}) + z_d$$

$$H_{p4} = \frac{1,309atm - 1atm}{996,59 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}} + (0,04065m + 0,08654m) + 5m$$

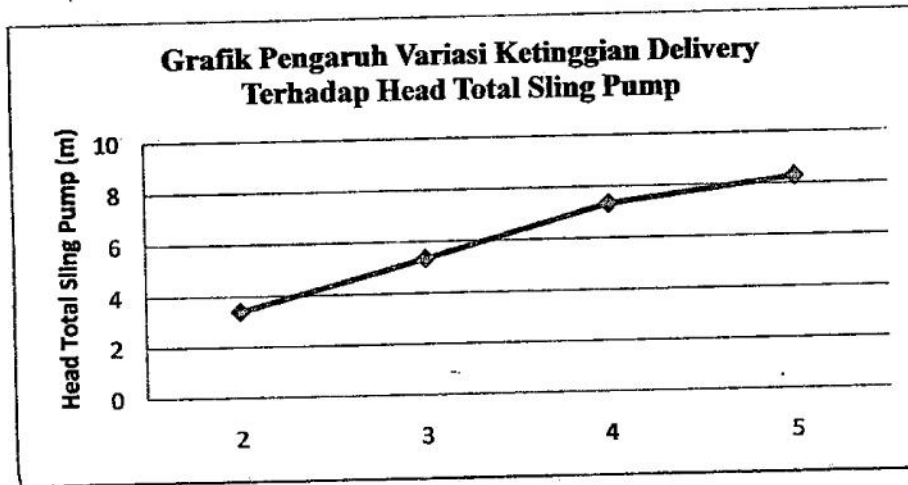
$$H_{p4} = \frac{0,309atm}{9776,5479 \frac{kg}{m^2s^2}} + 5,12719m$$

$$H_{p4} = \frac{30900 \frac{kg}{ms^2}}{9776,5479 \frac{kg}{m^2s^2}} + 5,12719m$$

$$H_{p4} = 8,28m$$

Tabel 4.15 Harga head total *sling pump* ( $H_p$ ) untuk masing-masing ketinggian

No	$z(m)$	$H_p (m)$
1	2	3,41
2	3	5,35
3	4	7,34
4	5	8,28



Gambar 4.6 grafik pengaruh ketinggian *delivery* terhadap head total *sling pump*

Berdasarkan grafik di atas, semakin tinggi *delivery sling pump*, semakin tinggi head total *sling pump*. Perubahan ketinggian *delivery* mempengaruhi besarnya head statis yang terjadi. Meningkatnya head statis menyebabkan head total naik.

#### Pembahasan Daya Air ( $P_w$ )

1. Daya air pada ketinggian *delivery* 2 meter ( $P_{w1}$ )

Diketahui debit aktual yang dihasilkan,  $Q = 14,643 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

$$P_{w1} = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H_p$$

$$P_{w1} = 996,59 \text{ kg/m}^3 \cdot 14,643 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 3,41 \text{ m}$$

$$P_{w1} = 0,488 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^3 = 0,488 \text{ watt}$$

2. Daya air pada ketinggian *delivery* 3 meter ( $P_{w2}$ )

Diketahui debit aktual yang dihasilkan,  $Q = 13,605 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}$

$$P_{w2} = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H_p$$

$$P_{w2} = 996,59 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot 13,605 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s} \cdot 9,81 \text{ m} / \text{s}^2 \cdot 5,35 \text{ m}$$

$$P_{w2} = 0,712 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^3 = 0,712 \text{ watt}$$

3. Daya air pada ketinggian *delivery* 4 meter ( $P_{w1}$ )

Diketahui debit aktual yang dihasilkan,  $Q = 12,453 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}$

$$P_{w3} = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H_p$$

$$P_{w3} = 996,59 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot 12,453 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s} \cdot 9,81 \text{ m} / \text{s}^2 \cdot 7,34 \text{ m}$$

$$P_{w3} = 0,894 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^3 = 0,894 \text{ watt}$$

4. Daya air pada ketinggian *delivery* 5 meter ( $P_{w1}$ )

Diketahui debit aktual yang dihasilkan,  $Q = 10,338 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}$

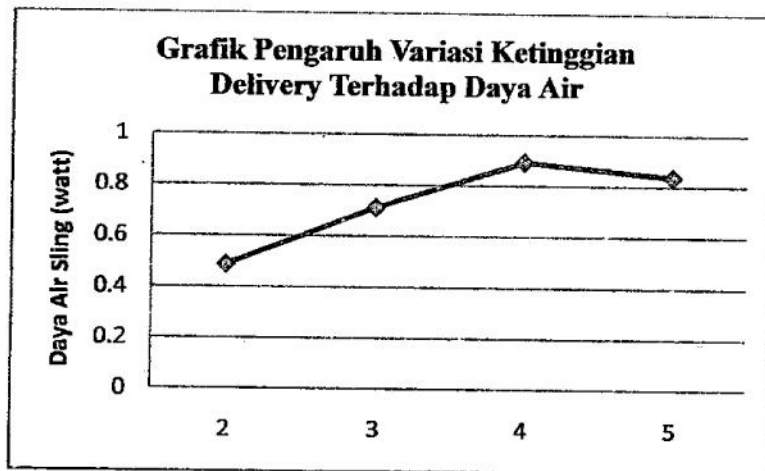
$$P_{w4} = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H_p$$

$$P_{w4} = 996,59 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot 10,338 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s} \cdot 9,81 \text{ m} / \text{s}^2 \cdot 8,28 \text{ m}$$

$$P_{w4} = 0,837 \text{ kg.m}^2/\text{s}^3 = 0,837 \text{ watt}$$

Tabel 4.16 Besar daya air ( $P_w$ ) untuk masing-masing ketinggian *delivery*

No	$z(m)$	$P_w$ (watt)
1	2	0,488
2	3	0,712
3	4	0,894
4	5	0,837



Gambar 4.7 grafik pengaruh ketinggian *delivery* terhadap daya air

Berdasarkan grafik di atas, daya air meningkat dengan bertambahnya ketinggian keluaran sampai dengan 4 meter. Meningkatnya daya air lebih dominan di sebabkan besarnya head total walaupun debitnya berkurang.

Penurunan daya air pada ketinggian delivery 5 meter lebih di pengaruhi oleh penurunan debit yang terjadi.

### Perhitungan Potensi daya sungai

Tabel 4.17 Data hasil pengukuran kecepatan air sungai Bedog.

No	Panjang Lintasan (m)	Waktu (detik)
1	10	8.55
2	10	8.75
3	10	7.75
4	10	7.81
5	10	8.84
6	10	9.41
7	10	8.76
8	10	8.19
9	10	8.92
10	10	8.31
<b>Jumlah</b>		<b>85,29</b>
<b>Rata-rata</b>		<b>8,529</b>

Dari tabel pengambilan kecepatan aliran air sungai di atas, maka kecepatan rata-rata aliran air sungai Bedog adalah:

➤ Waktu tempuh ( $t$ ) rata-rata:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{n=1}^{10} v}{10} = \frac{85,29}{10} = 8,529 \text{ s}$$

➤ Kecepatan aliran air sungai ( $v$ ):

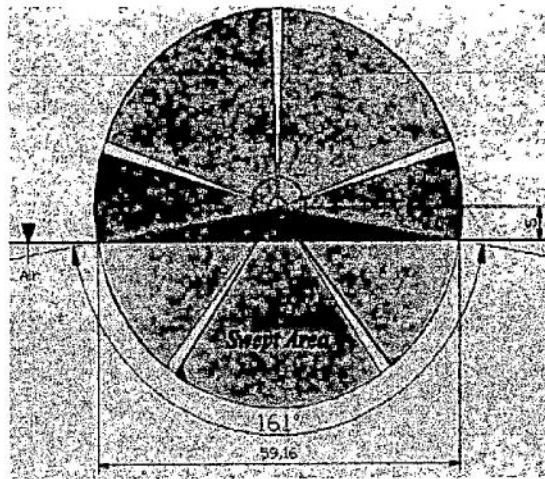
$$v = l/\bar{t}$$

$$v = \frac{10}{8,529} = 1,172 \frac{m}{s}$$

Pada kenyataanya kecepatan aliran air sungai tidak selalu konstan, sehingga diberi faktor koreksi kecepatan sebesar ( $f_c = 1,2$ ).

$$v = v \cdot f_c \Rightarrow 1,172 \frac{m}{s} \times 1,2 = 1,406 \frac{m}{s}$$

Debit aliran air sungai yang akan dipakai hanya seluas penampang *propeller*. *Propeller* berbentuk lingkaran dengan diameter ( $d$ ) = 60 cm, yang terdiri dari 5 buah daun *propeler*. Propeller sling pump dapat disketsa seperti berikut :



Gambar 4.8 Sketsa penampang propeller sling pump

Luas penampang propeller yang tercelup dalam air :

$$\begin{aligned} L_{\text{lingkaran}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 60^2 \\ &= 2827 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A = L_{\text{swept area}} = \frac{2827}{360^\circ} \times (161^\circ) - (0,5 \times 59,16 \times 5)$$

$$= 1116,4 \text{ cm}^2$$

Dengan rumus  $P_{\text{sungai}} = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times v^3$  akan diperoleh daya air sungai,

yaitu sebesar:

$$P_{\text{air}} = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times v^3 = \frac{1}{2} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,11164 \text{ m}^2 \times \left(1,406 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^3$$

$$P_{\text{Sungai}} = 155,1 \text{ Joule/s} = 155,1 \text{ Watt}$$

#### 0 Efisiensi Sling Pump

Efisiensi sling pump dihitung berdasarkan daya air dan daya sling pump:

$$\eta_{\text{sling pump}} = \frac{P_{\text{aktual}}}{P_{\text{teoritis}}} \times 100\%$$

a. Pada ketinggian 2meter

$$\eta_{\text{sling pump}} = \frac{0,488}{155,1} \times 100\%$$

$$= 0,315\%$$

b. Pada ketinggian 3meter

$$\eta_{\text{sling pump}} = \frac{0,702}{155,1} \times 100\%$$

$$= 0,453\%$$

c. Pada ketinggian 4meter

$$\eta_{sling\ pump} = \frac{0,894}{155,1} \times 100\%$$

$$= 0,576\%$$

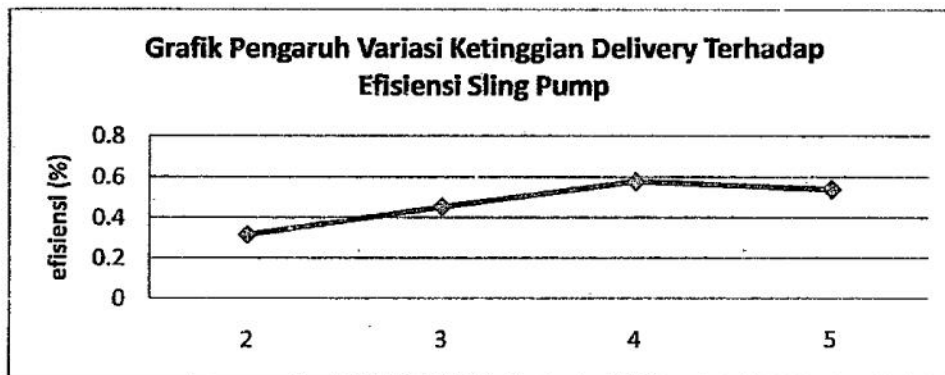
d. Pada ketinggian 5meter

$$\eta_{sling\ pump} = \frac{0,837}{155,1} \times 100\%$$

$$= 0,539\%$$

Tabel 4.18 Efisiensi Sling Pump

Ketinggian (meter)	Efisiensi(%)
2	0,315
3	0,453
4	0,576
5	0,539



Gambar 4.9 Grafik Efisiensi Sling Pump



Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa semakin besar ketinggian keluaran menghasilkan efisiensi sling pump yang semakin meningkat sampai dengan 4 meter. Ini disebabkan kenaikan daya air terjadi setelah ketinggian 4 meter.

### 1 Perhitungan perbandingan antara karakteristik aktual dan teoritis

Untuk ketinggian 2 meter adalah :

$$\theta = 2 \cdot \cos^{-1} \left( \frac{2,0,04m}{0,494m} \right) = 161,36$$

$$L_{ab} = \frac{161,36^\circ}{360^\circ} \pi 0,494m = 0,695m \longrightarrow \nabla_{ab} = \frac{\pi}{4} (24,25 \times 10^{-3} m)^2 \times 0,695m = 0,3208m^3$$

dalam 1 putaran sling pump air yang masuk =  $0,3208 m^3$ . Dalam penelitian ini rencanakan putaran sling pump adalah 31 Rpm, sehingga dapat dihitung debit masuk dalam satuan waktu yaitu =

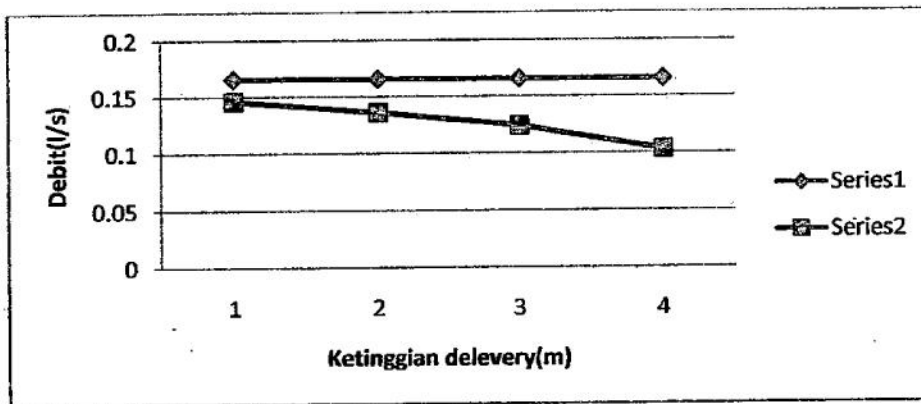
$$Q = \frac{Ns}{60} \times \frac{\nabla_{ab}}{\text{putaran}} = \frac{31Rpm}{60} \times \frac{0,3208 \times 10^{-3} m^3}{\text{putaran}} = 0,1657 \times 10^{-3} m^3 / s$$

Diasumsikan untuk variasi ketinggian delivery memiliki debit teoritis yang berdasarkan dari rumus yang tidak memasukkan ketinggian delivery dalam perhitungan debit teoritis tersebut.

Apabila hasil perhitungan dibandingkan dengan hasil pengujian maka hasilnya adalah :

Tabel 4.19 Perbandingan hasil perhitungan  $Q_1$  teoritis dengan  $Q_1$  pengujian

Variasi Ketinggian(m)	$Q_1$ Teoritis (l/s)	$Q_1$ Pengujian (l/s)
2	0,1657	0,146
3	0,1657	0,136
4	0,1657	0,124
5	0,1657	0,103

Gambar 4.10 Grafik Perbandingan  $Q_{teoritis}$  dengan  $Q_{pengujian}$ 

Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa  $Q_1$  teoritis tetap sedangkan  $Q_1$  pengujian semakin berkurang yang disebabkan semakin tinggi delivery maka semakin besar hambatan aliran.

#### 4.12 Perhitungan Efisiensi Hidrolis ( $\eta_{hidrolis}$ )

1. Efisiensi pada delivery 2 meter

$$\eta_{hidrolis} = \frac{Q_{aktual}}{Q_{teoritis}} \times 100\%$$

$$\eta_{hidrolik} = \frac{(0,146 \times 10^{-3})}{(0,1657 \times 10^{-3})} \times 100\%$$

$$\eta_{hidrolik} = 88,11\%$$

2. Efisiensi pada delivery 3 meter

$$\eta_{hidrolik} = \frac{Q_{aktual}}{Q_{teoritis}} \times 100\%$$

$$\eta_{hidrolik} = \frac{(0,136 \times 10^{-3})}{(0,1657 \times 10^{-3})} \times 100\%$$

$$\eta_{hidrolik} = 82,07\%$$

3. Efisiensi pada delivery 4 meter

$$\eta_{hidrolik} = \frac{Q_{aktual}}{Q_{teoritis}} \times 100\%$$

$$\eta_{hidrolik} = \frac{(0,124 \times 10^{-3})}{(0,1657 \times 10^{-3})} \times 100\%$$

$$\eta_{hidrolik} = 74,83\%$$

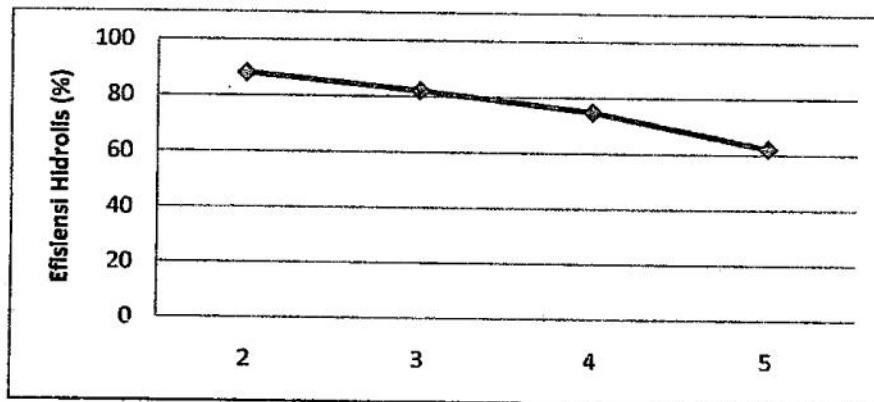
4. Efisiensi pada delivery 4 meter

$$\eta_{hidrolik} = \frac{Q_{aktual}}{Q_{teoritis}} \times 100\%$$

$$\eta_{hidrolik} = \frac{(0,103 \times 10^{-3})}{(0,1657 \times 10^{-3})} \times 100\% = 62,16\%$$

Tabel 4.20 Efisiensi hidrolis

Ketinggian delivery (m)	Efisiensi(%)
2	88,11
3	82,07
4	74,83
5	62,16



Gambar 4.11 Grafik efisiensi hidrolis variasi delivery

Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa semakin rendah delivery maka semakin besar efisiensi hidrolis *sling pump* yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi delivery maka semakin besar hambatan dalam aliran yang merupakan kerugian aliran, sehingga debit yang dihasilkan berkurang.