

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengambilan Data

Data hasil penelitian *sling pump* skala laboratorium dengan mengganti *water mur* dengan *water swivel joint* disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian *sling pump* variasi kecepatan putar 30, 40, dan 50 rpm pada ketinggian *delivery* 2 meter.

Pengukuran Debit <i>Sling Pump</i>							
Kecepatan Putaran (rpm)	Jumlah lilitan selang	Kondisi tercelup <i>sling pump</i> (%)	Tekanan Indikator (bar)	Debit (Q) (liter/menit)	Debit rata-rata (Q) (liter/menit)		
30	16	80	0,1	3,5	3.63		
				3,6			
				3,8			
40	16		80	0,2	6,3	6,3	
					6,4		
					6,2		
50	16			80	0,2	6,8	7
						7	
						7,2	

4.2. Perhitungan Kecepatan Aliran

- a. Kecepatan aliran air pada kecepatan putar *sling pump* 30 rpm pada pipa *delivery* (v_6)

Diketahui:

- Diameter dalam pipa, $d_6 = 3/4" = 0,022$ m

Dihitung:

- Debit aktual rata-rata

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

$$Q = \frac{3,5 \text{ liter/menit} + 3,6 \text{ liter/menit} + 3,8 \text{ liter/menit}}{3}$$

$$Q = 3,63 \text{ liter/menit} = 6,05 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

- Luas penampang pipa (A)

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times (0,022 \text{ m})^2$$

$$A = 3,8 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

- Kecepatan aliran air

$$v_6 = \frac{Q}{A}$$

$$v_6 = \frac{6,05 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{3,8 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$v_6 = 0,15 \text{ m/s}$$

- b. Kecepatan aliran air pada Selang 1'' (v_5)

Diketahui:

- Diameter dalam selang, $d_5 = 1'' = 2,5 \text{ cm} = 0,025 \text{ m}$

Dihitung:

$$Q_5 = Q_6 \quad v_5 \cdot A_5 = v_6 \cdot A_6$$

Maka:

$$v_5 = \frac{v_6 \times A_6}{A_5}$$

$$v_5 = \frac{v_6 \times \frac{\pi}{4} \times d_6^2}{\frac{\pi}{4} \times d_5^2} = \frac{v_6 \times d_6^2}{d_5^2}$$

$$v_5 = \frac{0,15 \text{ m/s} \times (0,022 \text{ m})^2}{(0,025 \text{ m})^2}$$

$$v_5 = 0,25 \text{ m/s}$$

- c. Kecepatan aliran air pada pipa 3/4" (v_4)

Diketahui:

- Diameter dalam pipa, $d_4 = 3,4'' = 2,2 \text{ cm} = 0,022 \text{ m}$

Dihitung:

$$Q_4 = Q_5 \quad v_4 A_4 = v_5 A_5$$

Maka:

$$v_4 = \frac{v_5 \times A_5}{A_4}$$

$$v_4 = \frac{v_5 \times \frac{\pi}{4} \times d_5^2}{\frac{\pi}{4} \times d_4^2} = \frac{v_5 \times d_5^2}{d_4^2}$$

$$v_4 = \frac{0,11 \text{ m/s} \times (0,025 \text{ m}^2)}{(0,022 \text{ m})^2}$$

$$v_4 = 0,14 \text{ m/s}$$

- d. Kecepatan aliran pada pipa 1" (v_3)

Diketahui:

- Diameter dalam pipa, $d_3 = 1'' = 2,8 \text{ cm} = 0,028 \text{ m}$

Dihitung:

$$Q_3 = Q_4 \quad v_3 A_3 = v_4 A_4$$

Maka:

$$v_3 = \frac{v_4 \times A_4}{A_3}$$

$$v_3 = \frac{v_4 \times \frac{\pi}{4} \times d_4^2}{\frac{\pi}{4} \times d_3^2} = \frac{v_4 \times d_4^2}{d_3^2}$$

$$v_3 = \frac{0,14 \text{ m/s} \times (0,022 \text{ m}^2)}{(0,028 \text{ m})^2}$$

$$v_3 = 0,086 \text{ m/s}$$

e. Kecepatan aliran air pada *hollow shaft* (v_2)

Diketahui:

- Diameter dalam pipa *hollow shaft*, $d_2 = 15 = 1,5 \text{ cm} = 0,015 \text{ m}$

Dihitung:

$$Q_2 = Q_3 \quad v_2 \cdot A_2 = v_3 \cdot A_3$$

Maka:

$$v_2 = \frac{v_3 \cdot A_3}{A_2}$$

$$v_2 = \frac{v_3 \times \frac{\pi}{4} \times d_3^2}{\frac{\pi}{4} \times d_2^2} = \frac{v_3 \times d_3^2}{d_2^2}$$

$$v_2 = \frac{0,086 \text{ m/s} \times (0,028 \text{ m}^2)}{(0,015 \text{ m})^2}$$

$$v_2 = 0,29 \text{ m/s}$$

f. Kecepatan aliran air pada selang $3/4''$ (v_1)

Diketahui:

- Diameter dalam Selang $d_1 = 3/4'' = 1,75 \text{ cm} = 0,0175 \text{ m}$

Dihitung:

$$Q_1 = Q_2 \quad v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2$$

Maka:

$$v_1 = \frac{v_2 \cdot A_2}{A_1}$$

$$v_1 = \frac{v_2 \times \frac{\pi}{4} \times d_2^2}{\frac{\pi}{4} \times d_1^2} = \frac{v_2 \times d_2^2}{d_1^2}$$

$$v_1 = \frac{0,29 \text{ m/s} \times (0,015 \text{ m}^2)}{(0,0175 \text{ m})^2}$$

$$v_1 = 0,21 \text{ m/s}$$

Dengan rumus dan metode seperti di atas, maka kecepatan aliran air pada putaran 30, 40, dan 50 rpm dengan kondisi pencelupan *sling pump* 80% di dalam air disajikan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil perhitungan kecepatan air pada putaran 30, 40, dan 50 rpm.

Kecepatan Putar (rpm)	Kecepatan Aliran (m/s)					
	Pipa <i>Delivery</i> (3/4")	Belokan lekuk panjang (1")	Pipa (3/4")	Pipa (1")	Pipa <i>Hollow shaft</i>	Selang (3/4")
30	0,15	0,11	0,14	0,086	0,29	0,21
40	0,27	0,2	0,25	0,15	0,52	0,38
50	0,3	0,23	0,29	0,17	0,59	0,43

4.3. Perhitungan *Head Kerugian (Head Loss)*

4.3.1. *Head Kerugian Gesek Sebagai Rugi Mayor*

Head kerugian gesek sebagai rugi mayor pada kecepatan putar 30 rpm dengan persentase pencelupan *sling pump* 80%.

1) Perhitungan *head loss* pada pipa *hollow shaft*

Diketahui:

- Kecepatan aliran air dalam pipa (v) = 0,29 m/s
- Panjang selang, $L = 12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$
- Diameter dalam pipa, $d_i = 1,5 \text{ cm} = 0,015 \text{ m}$
- Suhu air = 27°C
- $\rho = 996,59 \text{ kg/m}^3$ (Lampiran 1)
- $\mu = 0,000852 \text{ kg/m}^3$ (Lampiran 1)

Dihitung:

a. Bilangan *Reynolds* (Re)

$$Re = \frac{\rho \times v \times d}{\mu}$$

$$Re = \frac{996,59 \text{ kg/m}^3 \times 0,29 \text{ m/s} \times 0,015 \text{ m}}{0,000852 \text{ kg/m} \cdot \text{s}}$$

$$Re = 5088,22$$

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

b. Angka kekasaran relatif (k)

Untuk pipa *galvanized iron* dari tabel angka kekasaran lampiran 4 diperoleh angka kekasaran $\varepsilon = 0,15 \text{ mm}$

$$k = \frac{\varepsilon}{d}$$

$$k = \frac{0,00015 \text{ m}}{0,015 \text{ m}}$$

$$k = 0,01$$

c. Koefesien gesek (f)

Berdasarkan bilangan *Reynolds* dan angka kekasaran di atas, maka kerugian gesek (f) diketahui dari diagram *Moody* sehingga diperoleh kerugian gesek $f = 0,04713$

d. *Head* kerugian pada *hollow shaft* (h_l)

$$h_l = f \times \frac{L}{d} \times \frac{v^2}{(2 \times g)}$$

$$h_l = 0,04713 \times \frac{0,12 \text{ m}}{0,015 \text{ m}} \times \frac{(0,29 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_l = 0,00161 \text{ m}$$

2) Perhitungan *head* kerugian pada pipa 1''

Diketahui:

- Kecepatan aliran air dalam pipa, $v = 0,086 \text{ m/s}$
- Panjang pipa, $L = 8 \text{ cm} = 0,08 \text{ m}$
- Diameter dalam pipa, $d_i = 1'' = 2,8 \text{ cm} = 0,028 \text{ m}$
- Suhu air = 27°C
- $\rho = 996,59 \text{ kg/m}^3$ (Lampiran 1)
- $\mu = 0,000852 \text{ kg/m}^3$ (Lampiran 1)

Dihitung:

- a. Bilangan *Reynolds* (Re)

$$Re = \frac{\rho \times v \times d}{\mu}$$

$$Re = \frac{996,59 \text{ kg/m}^3 \times 0,086 \text{ m/s} \times 0,028 \text{ m}}{0,000852 \text{ m.s}}$$

$$Re = 2816,65$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa aliran air pada pipa 1'' adalah *transisi* karena nilai $2300 < Re > 4000$.

- b. Angka kekasaran relatif (*k*)

Diasumsikan material pipa yang digunakan adalah plastik, sehingga dari tabel angka kekasaran pada lampiran 4 diperoleh angka kekasaran, $\varepsilon = 0,0015 \text{ mm}$

$$k = \frac{\varepsilon}{d}$$

$$k = \frac{0,0000015 \text{ m}}{0,028 \text{ m}}$$

$$k = 0,00005$$

- c. Koefisien gesek (*f*)

Berdasarkan bilangan *Reynolds* dan angka kekasaran diatas, maka kerugian gesek (*f*) diketahui dari diagram *Moody* sehingga diperoleh kerugian gesek $f = 0,0444$

- d. *Head* kerugian pada pipa (h_l)

$$h_l = f \times \frac{L}{d} \times \frac{v^2}{(2 \times g)}$$

$$h_l = 0,0444 \times \frac{0,08 \text{ m}}{0,028 \text{ m}} \times \frac{(0,086 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_l = 0,0000478 \text{ m}$$

3) Perhitungan *head* kerugian pada *water swivel joint* pipa 3/4"

Diketahui:

- Kecepatan aliran air dalam pipa (v) = 0,14 m/s
- Panjang pipa, $L = 42 \text{ cm} = 0,42 \text{ m}$
- Diameter dalam pipa, $d_i = 3/4'' = 2,2 \text{ cm} = 0,022 \text{ m}$
- Suhu air = 27°C
- $\rho = 996,59 \text{ kg/m}^3$ (Lampiran 1)
- $\mu = 0,000852 \text{ kg/m}^3$ (Lampiran 1)

Dihitung:

a. Bilangan *Reynold* (Re)

$$Re = \frac{\rho \times v \times d}{\mu}$$

$$Re = \frac{996,59 \text{ kg/m}^3 \times 0,14 \text{ m/s} \times 0,022 \text{ m}}{0,000852 \text{ kg/m} \cdot \text{s}}$$

$$Re = 3602,6$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa aliran air pada *water swivel joint* 3/4'' adalah *transisi* karena nilai $2300 < Re > 4000$.

b. Angka kekasaran relatif (k)

Diasumsikan material pipa yang digunakan adalah plastik, sehingga dari tabel angka kekasaran pada lampiran 4 diperoleh angka kekasaran, $\varepsilon = 0,0015 \text{ mm}$

$$k = \frac{\varepsilon}{d}$$

$$k = \frac{0,0000015 \text{ m}}{0,022 \text{ m}}$$

$$k = 0,00006$$

c. Koefisien gesek (f)

Berdasarkan bilangan *Reynolds* dan angka kekasaran di atas, maka kerugian gesek (f) diketahui dari diagram *Moody* sehingga diperoleh kerugian gesek $f = 0,04123$.

d. *Head* kerugian pada pipa (h_l)

$$h_l = f \times \frac{L}{d} \times \frac{v^2}{(2 \times g)}$$

$$h_l = 0,04123 \times \frac{0,42 \text{ m}}{0,022 \text{ m}} \times \frac{(0,14 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_l = 0,000786 \text{ m}$$

4) Perhitungan *head* kerugian pada pipa *delivery*

Diketahui:

- Kecepatan aliran air dalam pipa, $v = 0,15 \text{ m/s}$
- Panjang pipa, $L = 6 \text{ m}$
- Diameter dalam pipa, $d_i = 3/4'' = 2,2 \text{ cm} = 0,022 \text{ m}$
- Suhu air = 27°C
- $\rho = 996,59 \text{ kg/m}^3$ (Lampiran 1)
- $\mu = 0,000852 \text{ kg/m}^3$ (Lampiran 1)

Dihitung:

a. Bilangan *Reynolds* (Re)

$$Re = \frac{\rho \times v \times d}{\mu}$$

$$Re = \frac{996,59 \text{ kg/m}^3 \times 0,15 \text{ m/s} \times 0,022 \text{ m}}{0,000852 \text{ kg/m} \cdot \text{s}}$$

$$Re = 3860,03$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa aliran air pada pipa *delivery* adalah *transisi* karena nilai $2300 < Re < 4000$.

b. Angka kekasaran relatif (k)

Diasumsikan material pipa yang digunakan adalah plastik, sehingga dari tabel angka kekasaran pada lampiran 4 diperoleh angka kekasaran, $\varepsilon = 0,0015$ mm.

$$k = \frac{\varepsilon}{d}$$

$$k = \frac{0,0000015 \text{ m}}{0,022 \text{ m}}$$

$$k = 0,00006$$

c. Koefisien gesek (f)

Berdasarkan bilangan *Reynolds* dan angka kekasaran di atas, maka kerugian gesek (f) diketahui dari diagram *Moody* sehingga diperoleh kerugian gesek $f = 0,04039$.

d. *Head* kerugian pada pipa (h_l)

$$h_l = f \times \frac{L}{d} \times \frac{v^2}{(2 \times g)}$$

$$h_l = 0,04039 \times \frac{6 \text{ m}}{0,022 \text{ m}} \times \frac{(0,15 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_l = 0,0126 \text{ m}$$

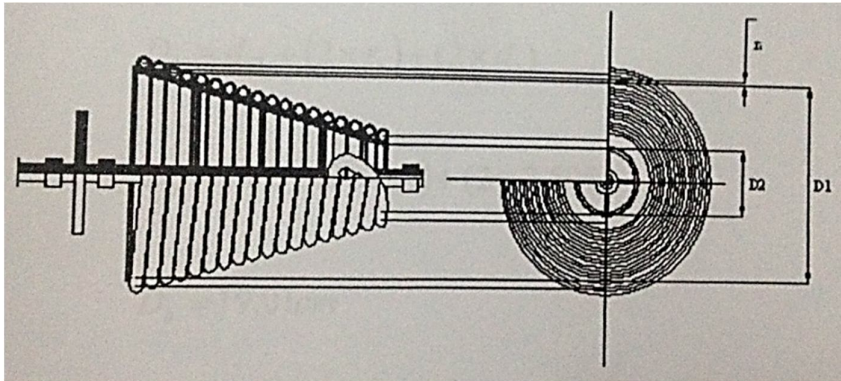
Dengan menggunakan langkah yang sama seperti di atas, hasil perhitungan *head loss mayor* untuk variasi kecepatan lainnya disajikan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 *Head loss mayor* pada kecepatan putar 30,40 dan 50 rpm

Kecepatan Putar (rpm)	<i>Head Loss Mayor (h_i) (m)</i>				Σ <i>Head Loss Mayor (m)</i>
	Pipa hollow shaft	Pipa 1''	Pipa 3/4'' water swivel	Pipa Delivery	
30	0,00161	0,0000478	0,00079	0,0126	0,01509
40	0,04365	0,000123	0,00212	0,0346	0,0806
50	0,04297	0,000152	0,00274	0,0415	0,0875

4.3.2. *Head Kerugian Gesek Sebagai Rugi Minor*

Perhitungan jari-jari rata-rata *sling pump* untuk menentukan panjang ekuivalen pada *head loss minor* lilitan selang ditunjukkan pada Gambar 4.1.

Gambar 4.1 Dimensi *sling pump*

Diketahui:

- Diameter lingkaran besar tirus, $D_1 = 40$ cm
- Diameter lingkaran kecil tirus, $D_2 = 13,2$ cm
- Diameter rangka, $r_1 = 0,4$ cm
- Diameter selang, $d_1 = 1,75$ cm
- Jari-jari selang, $r_1 = 0,875$ cm

Dihitung:

1. Diameter lingkaran besar *sling pump* (D_a)

$$D_a = D_1 + (2 \times r_1) + (2 \times d_1)$$

$$D_a = 40 \text{ cm} + (2 \times 0,4 \text{ cm}) + (2 \times 1,75 \text{ cm})$$

$$D_a = 44,3 \text{ cm}$$

2. Diameter lingkaran kecil *sling pump* (D_b)

$$D_b = D_2 + (2 \times r_1) + (2 \times d_1)$$

$$D_b = 13,2 \text{ cm} + (2 \times 0,4 \text{ cm}) + (2 \times 1,75 \text{ cm})$$

$$D_b = 17,5 \text{ cm}$$

3. Diameter rata-rata *sling pump* (\bar{D})

$$\bar{D} = \frac{D_a + D_b}{2}$$

$$\bar{D} = \frac{44,3 \text{ cm} + 17,5 \text{ cm}}{2}$$

$$\bar{D} = 30,9 \text{ cm}$$

4. Jari-jari rata-rata *sling pump* (\bar{R})

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

$$\bar{R} = \frac{30,9 \text{ cm}}{2}$$

$$\bar{R} = 15,45 \text{ cm}$$

- **Head loss minor pada putaran 30 rpm dengan kondisi *sling pump* tercelup 80% di dalam air.**

- 1) Perhitungan rugi *minor* pada lilitan selang plastik

Diketahui:

- Kecepatan aliran air pada selang = 0,21 m/s
- Diameter selang (d_i) = $3/4'' = 1,75 \text{ cm} = 0,0175 \text{ m}$
- Jari-jari rata-rata *sling pump* = 15,45 cm

Lilitan selang diasumsikan sebagai *elbow* 90^0 , dengan bilangan *Reynolds* adalah:

$$Re = \frac{\rho \times v \times d}{\mu}$$

$$Re = \frac{996,59 \text{ kg/m}^3 \times 0,21 \text{ m/s} \times 0,0175 \text{ m}}{0,000852 \text{ m.s}}$$

$$Re = 4298,67$$

Karena bilangan $Re > 4000$, maka alirannya adalah *turbulen*, sehingga dengan mengasumsikan selang adalah pipa plastik, dari diagram *Moody* di dapat faktor nilai kekasaran (k) selang adalah:

$$k = \frac{\varepsilon}{d}$$

$$k = \frac{0,0000015 \text{ m}}{0,0175 \text{ m}}$$

$$k = 0,000085$$

Berdasarkan bilangan *Reynolds* dan angka kekasaran (k) di atas, maka kerugian gesek (f) diketahui dari diagram *Moody* sehingga dipeoleh kerugian gesek, $f = 0,03916$

Dengan menggunakan Gambar 2.15 panjang *ekuivalen* didapat harga L_e/D adalah:

$$\frac{r}{d} = \frac{15,45 \text{ cm}}{1,75 \text{ cm}}$$

$$\frac{r}{d} = 8,85$$

Dari Gambar 2.15 perbandingan panjang *ekuivalen* selang didapatkan harga L_e/D :

$$\frac{L_e}{D} = 25$$

Harga koefisien tahanan lilitan selang sebagai fungsi bilangan *Reynolds* yaitu:

$$K = f \times \frac{L_e}{D}$$

$$K = 0,03916 \times 25$$

$$K = 1,09$$

Harga K diatas, adalah K untuk seperempat lilitan selang. Untuk harga koefisien tahanan seluruh lilitan selang adalah sebagai berikut:

$$\sum K_{total} = K \times N \times 4$$

Dimana :

K_{total} : Koefisien tahan seluru lilitan selang.

K : Koefisien tahanan untuk $\frac{1}{4}$ lilitan selang.

N : Jumlah lilitan selang pada *sling pump*.

$$\sum K_{total} = 1,09 \times 16 \times 4$$

$$\sum K_{total} = 62,08$$

Kerugian aliran disepanjang lilitan selang adalah:

$$h_l = K \times \frac{v^2}{(2 \times g)}$$

$$h_l = 62,08 \times \frac{(0,21 \text{ m/s}^2)}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_l = 0,139 \text{ m}$$

2) Perhitungan *head* kerugian pada belokan permukaan selang.

Diketahui:

- Belokan diasumsikan sebagai jenis belokan siku lekuk panjang, dimana menurut tabel koefisien kerugian tinggi-tekan diperoleh nilai $K = 0,60$ (lampiran 3).
- Kecepatan air, $v = 0,21$ m/s.

Dihitung :

Head kerugian pada belokan permukaan *sling pump* (h_l)

$$h_l = K \times \frac{v^2}{(2 \times g)}$$

$$h_l = 0,6 \times \frac{(0,21 \text{ m/s}^2)}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_l = 0,00134 \text{ m}$$

3) Perhitungan *head* kerugian pada belokan didalam *sling pump*.

Diketahui :

- Belokan diasumsikan sebagai jenis belokan balik berdekatan, dimana menurut tabel koefisien kerugian tinggi-tekan diperoleh nilai $K = 2,2$ (lampiran 3).
- Kecepatan air, $v = 0,21$ m/s

Dihitung :

Head kerugian pada belokan dalam *sling pump* (h_l)

$$h_l = K \times \frac{v^2}{(2 \times g)}$$

$$h_l = 2,2 \times \frac{(0,21 \text{ m/s}^2)}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_l = 0,00494 \text{ m}$$

- 4) Perhitungan kerugian tinggi-tekan akibat penyempitan mendadak (*sudden contraction*) antara selang dan *hollow shaft*.

Diketahui :

- Diameter selang (d_1) : $d_1 = 0,0175$ m
- Diameter *hollow shaft* (d_2) : $d_2 = 0,015$ m
- Kecepatan air pada *hollow shaft*, $v = 0,29$ m/s

Dihitung :

- a. Luas penampang selang (A_1)

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

$$A_1 = \frac{1}{4} \times \pi \times (0,0175 \text{ m})^2$$

$$A_1 = 0,00024 \text{ m}^2$$

- b. Luas penampang *hollow shaft* (A_2)

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

$$A_2 = \frac{1}{4} \times \pi \times (0,015 \text{ m})^2$$

$$A_2 = 0,00017 \text{ m}^2$$

- c. Koefisien penyempitan

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{0,00017 \text{ m}^2}{0,00024 \text{ m}^2}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = 0,7$$

Maka harga koefisien penyempitan (C_c) (lampiran 3) untuk air telah ditentukan oleh *Weishbach* dengan harga 0,775 .

d. *Head* kerugian pada penyempitan 1

$$h_l = \left(\frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 \times \left(\frac{(v)^2}{(2 \times g)} \right)$$

$$h_l = \left(\frac{1}{0,775} - 1 \right)^2 \times \left(\frac{(0,29 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)} \right)$$

$$h_l = 0,000361 \text{ m}$$

5) Perhitungan kerugian tinggi-tekan akibat Pembesaran mendadak (*sudden expansion*) antara *hollow shaft* dan pipa 1"

Diketahui :

- Diameter pipa *hollow shaft* (d_i) : d_2 = 0,015 m
- Diameter pipa 1" (d_i) : d_3 = 0,028 m
- Kecepatan air pada pipa 1 : v = 0,086 m/s

Dihitung :

Head kerugian pada pembesaran penampang

$$h_l = \frac{(v)^2}{(2 \times g)} \times \left(1 - \left(\frac{d_2}{d_3} \right)^2 \right)^2$$

$$h_l = \frac{(0,086 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)} \times \left(1 - \left(\frac{0,015 \text{ m}}{0,028 \text{ m}} \right)^2 \right)^2$$

$$h_l = 0,000191 \text{ m}$$

6) Perhitungan kerugian tinggi-tekan akibat penyempitan mendadak (*sudden contraction*) antara pipa 1" dengan pipa 3/4".

Diketahui :

- Diameter pipa 3/4" (d_i) : d_4 = 0,022 m
- Diameter pipa 1" (d_i) : d_3 = 0,028 m
- Kecepatan air pada pipa 3/4" : v = 0,14 m/s

Dihitung :

a. Luas penampang pipa 1"

$$A_3 = \frac{1}{4} \times \pi \times d_3^2$$

$$A_3 = \frac{1}{4} \times \pi \times (0,028 \text{ m})^2$$

$$A_3 = 0,00061 \text{ m}^2$$

b. Luas penampang pipa 3/4"

$$A_4 = \frac{1}{4} \times \pi \times d_4^2$$

$$A_4 = \frac{1}{4} \times \pi \times (0,022 \text{ m})^2$$

$$A_4 = 0,00038 \text{ m}^2$$

c. Koefisien penyempitan (C_c)

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{0,00038 \text{ m}^2}{0,00061 \text{ m}^2}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = 0,00038$$

Maka dari harga koefisien penyempitan (C_c) untuk air telah ditentukan oleh *Weishbach* dengan harga 0,712 (Tabel C_c , lampiran 3).

d. *Head* kerugian pada penyempitan

$$h_l = \left(\frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 \times \left(\frac{(v)^2}{(2 \times g)} \right)$$

$$h_l = \left(\frac{1}{0,712} - 1 \right)^2 \times \left(\frac{(0,14 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)} \right)$$

$$h_l = 0,000163 \text{ m}$$

- 7) Perhitungan kerugian tinggi-tekan akibat Pembesaran mendadak (*sudden expansion*) antara pipa 3/4" dan selang 1"

Diketahui :

- Diameter pipa 3/4" $d_4 = 0,022$ m
- Diameter Selang 1" (d_i) $d_5 = 0,025$ m
- Kecepatan air pada selang 1" $v = 0,11$ m/s

Dihitung :

Head kerugian pada pembesaran penampang

$$h_l = \frac{(v)^2}{(2 \times g)} \times \left(1 - \left(\frac{d_4}{d_5}\right)^2\right)^2$$

$$h_l = \frac{(0,11 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)} \times \left(1 - \left(\frac{0,022 \text{ m}}{0,025 \text{ m}}\right)^2\right)^2$$

$$h_l = 0,0000313 \text{ m}$$

- 8) Perhitungan kerugian belokan *delivery*

Diketahui :

- Kecepatan air pada pipa 3/4" : $v = 0,15$ m/s
- Diameter : $d = 0,022$ m
- Tinggi *delivery* : $z = 2$ m
- Panjang *delivery* : $L = 6$ m

Dihitung :

- a. Sudut belokan (θ)

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

Maka :

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

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{2 \text{ m}}{6,30 \text{ m}}\right)$$

$$\theta = 19,47^\circ$$

b. Koefisien kerugian

Berdasarkan sudut belokan di atas dan diketahui permukaan pipa halus maka kerugian gesek (f) diketahui dari tabel koefisien kerugian belokan pada (lampiran 3) sehingga diperoleh kerugian gesek: $f = 0,056$.

c. Kerugian belokan pipa *delivery* (h_l)

$$h_l = f \times \frac{L}{d} \times \left(\frac{v^2}{(2 \times g)} \right)$$

$$h_l = 0,056 \times \frac{0,6 \text{ m}}{0,022 \text{ m}} \times \left(\frac{(0,15 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)} \right)$$

$$h_l = 0,0175 \text{ m}$$

9) Perhitungan *sudden contraction* Selang 1 dengan pipa *delivery* 3/4"

Diketahui:

- Diameter selang (d_5) : $d_5 = 0,025 \text{ m}$
- Diameter pipa *delivery* (d_6) : $d_6 = 3/4" = 0,022 \text{ m}$
- Kecepatan aliran pada pipa *delivery* : $v = 0,15 \text{ m/s}$

Dihitung:

a. Luas penampang selang 1"

$$A_5 = \frac{1}{4} \times \pi \times d_5^2$$

$$A_5 = \frac{1}{4} \times \pi \times (0,025 \text{ m})^2$$

$$A_5 = 0,00049 \text{ m}^2$$

b. Luas penampang pipa *delivery* 3/4"

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

$$A_6 = \frac{1}{4} \times \pi \times (0,022 \text{ m})^2$$

$$A_6 = 0,00038 \text{ m}^2$$

c. Koefisien penyempitan (C_c)

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{0,00038 \text{ m}^2}{0,00049 \text{ m}^2}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = 0,0775$$

Maka dari harga koefisien penyempitan (C_c) untuk air dapat diketahui dari tabel koefisien kontraksi (C_c) dengan harga 0,775.

d. Head kerugian pada penyempitan

$$h_l = \left(\frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 \times \left(\frac{(v)^2}{(2 \times g)} \right)$$

$$h_l = \left(\frac{1}{0,775} - 1 \right)^2 \times \left(\frac{(0,15 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)} \right)$$

$$h_l = 0,0000966 \text{ m}$$

Dengan menggunakan langkah yang sama seperti diatas, maka hasil perhitungan untuk kecepatan putar dan kondisi tercelup *sling pump* 80% lainnya disajikan dalam Tabel 4.4:

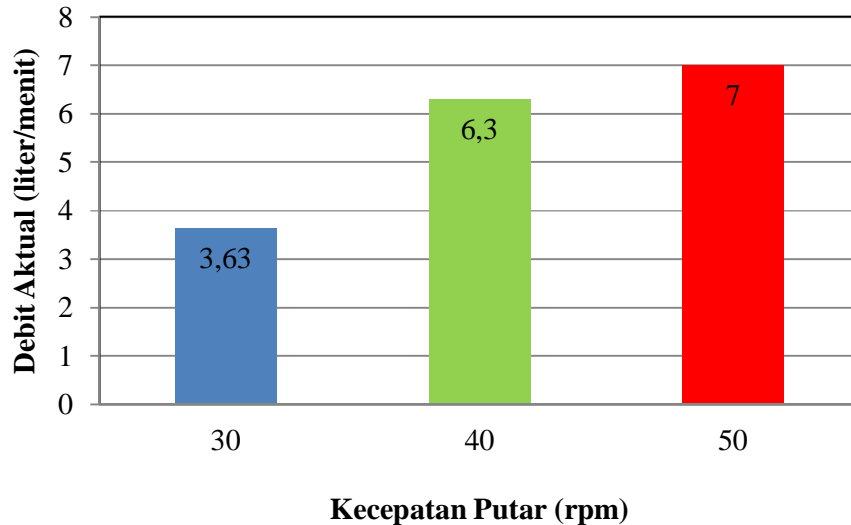
Tabel 4.4. Hasil perhitungan *Head Loss Minor Sling Pump* pada kecepatan putar 30, 40, dan 50 rpm dalam kondisi tercelup *sling pump* 80%.

Putaran (rpm)	Kondisi Tercelup <i>Sling Pump</i> (%)	<i>Head Loss Minor (h_l) (m)</i>									Σ <i>Head Loss Minor (h_l) (m)</i>
		Lilitan Selang	Belokan Permukaan Selang	Belokan Balik Berdekatan	Penyempitan Selang vs <i>Hollow Shaft</i>	Pembesaran <i>Hollow Shaft</i> vs Pipa 1"	Penyempitan 1" vs Pipa 3/4" <i>Water Swivel</i>	Pembesaran Pipa 3/4 " vs Belokan Selang 1"	Belokan Pipa <i>Delivery</i>	Penyempitan Belokan Selang vs <i>Delivery</i>	
30	80	0,139	0,00134	0,00494	0,000361	0,000191	0,000163	0,0000313	0,0175	0,0000966	0,163
40		0,386	0,00441	0,0161	0,00116	0,000583	0,000521	0,000103	0,0567	0,000313	0,465
50		0,482	0,00565	0,02	0,00149	0,000758	0,000137	0,000137	0,07	0,000386	0,58

4.4. Pembahasan Berdasarkan Grafik

4.4.1. Debit Aktual

Hasil dari penelitian digambarkan dalam grafik yang diperoleh berdasarkan pengukuran debit pada variasi kecepatan putaran 30,40 dan 50 rpm dengan persentase pencelupan 80% seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Pengaruh kecepatan putaran *sling pump* terhadap debit aktual.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa debit air yang dihasilkan cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan putar *sling pump*. Hal ini terjadi karena energi putaran yang terjadi besar sehingga air dan udara yang masuk ke corong pada lilitan selang semakin banyak membuat aliran dalam pipa semakin meningkat. Dari penelitian ini kondisi pencelupan di buat konstan yaitu 80% di dalam air dengan ketinggian 2 m, kondisi pencelupan tersebut dipilih karena dari hasil percobaan dan dari penelitian sebelumnya kondisi debit maksimum berada dalam kedalaman *sling pump* 80%.

Debit air yang dihasilkan pada kecepatan putar 50 rpm tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dari kecepatan putar 40 rpm, kecepatan putar 50 rpm dianggap besar gaya sentrifugalnya, sehingga kondisi ini menyebabkan air dalam penampungan banyak yang terbuang keluar ketika air masuk pada corong inlet.

4.4.2. Perbandingan Berdasarkan Penelitian Sebelumnya

Hasil dari penelitian yang terkait disajikan dalam Tabel 4.6.

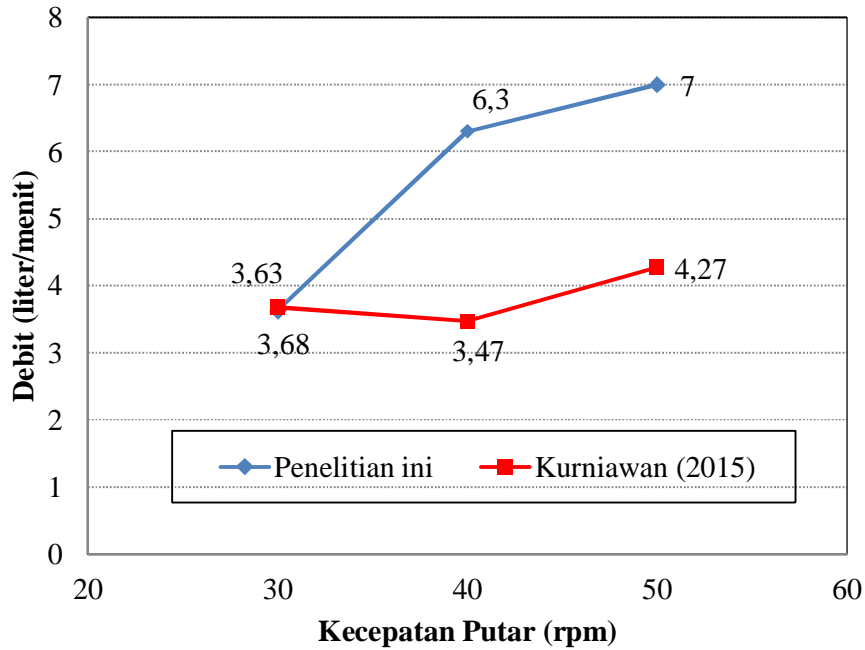
Tabel 4.5. Tabel perbandingan Q aktual penelitian sekarang dengan Q aktual yang dihasilkan oleh Kurniawan (2015).

Putaran (rpm)	Kondisi terecelup <i>sling pump</i> (%)	Panjang pipa <i>delivery</i> (Ld) (m)	Ketinggian <i>delivery</i> (m)	Penelitian ini	Penelitian Kurniawan (2015)
				Q _{aktual} (liter/menit)	Q _{aktual} (liter/menit)
30	80	6	2	3,63	3,68
40				6,3	3,47
50				7	4,27

Pada Tabel 4.6 perbandingan jumlah debit yang dihasilkan dengan penelitian sebelumnya menggunakan data *input* yang sama yaitu:

- Jumlah inlet : 1 inlet
- Jumlah lilitan : 16 lilitan
- Ukuran selang : 3/4" *inch*
- Pencelupan kerangka : 80%

Perbandingan hasil penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan (2015) digambarkan dalam grafik seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Perbandingan dengan penelitian sebelumnya

Sebelumnya juga dilakukan penelitian unjuk kerja *sling pump* oleh Kurniawan (2015) dengan variasi kecepatan dan persentase pencelupan menggunakan *water mur* dan tinggi *delivery* 2 m. Berdasarkan Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa dengan mengganti *water mur* dengan *water swivel joint* berpengaruh pada debit yang dihasilkan, penelitian menggunakan *water swivel joint* menghasilkan debit lebih besar. Hal ini disebabkan pada penelitian ini tidak terdapat kebocoran air yang terjadi pada *water swivel joint* yang mengakibatkan penurunan tekanan dan kecilnya debit air. Debit maksimum yang dihasilkan pada kecepatan putar 50 rpm memiliki perbedaan yang cukup jauh berbeda yaitu 7 liter/menit berbanding 4,27 liter/menit.