

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Penelitian

Penelitian *sling pump* jenis kerucut variasi ketinggian *delivery* dengan menggunakan presentase pengecelupan 80%, 16 lilitan, 1 *inlet* dan putaran 40 rpm. Berikut data hasil penelitian disajikan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Data hasil pengujian pada variasi ketinggian *delivery* 1, 2, 3 dan 4 meter.

Ketinggian <i>delivery</i> (meter)	Tekanan Indikator (<i>bar</i>)	Debit (Q) (liter/menit)	Debit rata-rata (Q) (liter/menit)
1	0,1	7,6	7,83
	0,1	7,8	
	0,1	8,1	
2	0,2	7,5	7,33
	0,2	6,9	
	0,2	7,6	
3	0,3	3,4	3,53
	0,3	3,6	
	0,3	3,6	
4	0,4	1,8	2,03
	0,4	2,1	
	0,4	2,2	

4.2. Perhitungan Kecepatan Aliran

- a. Kecepatan aliran air pada ketinggian *delivery* 1 meter pada pipa *delivery* (v_6)

Diketahui:

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

Dihitung:

- Debit aktual rata-rata

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

$$Q = \frac{7,6 \text{ liter/menit} + 7,8 \text{ liter/menit} + 8,1 \text{ liter/menit}}{3}$$

$$Q = 7,83 \text{ liter/menit} = 1,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

- Luas penampang pipa (A)

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

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

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

- Kecepatan aliran air

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

$$v = \frac{13 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{3,8 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$v = 0,34 \text{ m/s}$$

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

Diketahui:

- Diameter dalam selang, $d_5 = 1'' = 2,54 \text{ cm} = 0,0254 \text{ m}$

Dihitung:

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

Maka:

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

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

$$v_5 = \frac{0,34 \text{ m/s} \times (0,022 \text{ m}^2)}{(0,0254 \text{ m})^2}$$

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

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:

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

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

$$v_4 = \frac{0,25 \text{ m/s} \times (0,0254 \text{ m}^2)}{(0,022 \text{ m})^2}$$

$$v_4 = 0,33 \text{ m/s}$$

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:

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

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

$$v_3 = \frac{0,33 \text{ m/s} \times (0,022 \text{ m}^2)}{(0,028 \text{ m})^2}$$

$$v_3 = 0,2 \text{ m/s}$$

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

Diketahui:

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

Dihitung:

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

Maka:

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

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

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

$$v_2 = 0,69 \text{ m/s}$$

f. Kecepatan aliran air pada selang $\frac{3}{4}$ " (v_1)

Diketahui:

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

Dihitung:

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

Maka:

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

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

$$v_1 = \frac{0,69 \text{ m/s} \times (0,0175 \text{ m}^2)}{(0,0175 \text{ m})^2}$$

$$v_1 = 0,5 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran air pada *sling pump* variasi ketinggian *delivery* 1, 2, 3, dan 4 meter dengan kondisi *sling pump* tercelup 80% di dalam air dan kecepatan 40 rpm. Dengan menggunakan langkah yang sama seperti diatas, hasil perhitungan untuk jumlah *inlet* lainnya disajikan dalam tabel 4.2.

Tabel 4.2. Kecepatan air pada ketinggian *delivery* 1, 2, 3, dan 4 meter

Ketinggian (m)	Kecepatan Aliran (m/s)					
	Pipa <i>Delivery</i>	Selang 1"	Pipa 3/4"	Pipa 1"	Pipa <i>Hollow shaft</i>	Selang 3/4"
1	0,34	0,25	0,33	0,2	0,69	0,5
2	0,32	0,24	0,31	0,19	0,66	0,48
3	0,15	0,11	0,14	0,08	0,27	0,19
4	0,08	0,06	0,07	0,04	0,13	0,09

4.3. Perhitungan *Head Kerugian (Head Loss)*

4.3.1. *Head Kerugian Gesek Sebagai Rugi Mayor*

Head kerugian gesek sebagai rugi *mayor* pada kecepatan putaran 40 rpm dengan kondisi *sling pump* tercelup 80% di dalam air dan ketinggian *delivery* 1 meter.

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

Diketahui:

- Kecepatan aliran air dalam pipa (v) = 0,69 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)

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

$$Re = \frac{996,59 \text{ kg/m}^3 \times 0,69 \text{ m/s} \times 0,015 \text{ m}}{0,000852 \text{ m.s}}$$

$$Re = 12106,46$$

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 $\varepsilon = 0,15 \text{ mm}$

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

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

$$K = 0,01 \text{ m}$$

- c. Koefesien gesek (*f*)

Berdasarkan bilangan *Reynolds* dan angka kekasaran di atas, maka kerugian gesek (*f*) diketahui dari diagram *Moody* sehingga diperoleh kerugian gesek $f = 0,04232$

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

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

$$h_{lmy} = 0,04232 \times \frac{0,12 \text{ m}}{0,015 \text{ m}} \times \frac{(0,69 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{lmy} = 0,00821 \text{ m}$$

2. Perhitungan head kerugian pada pipa 1''

Diketahui:

- Kecepatan aliran air dalam pipa, $v = 0,2$ m/s
- Panjang pipa, $L = 8$ cm = 0,08 m
- Diameter dalam pipa, $d_i = 1'' = 2,8$ cm = 0,028 m
- Suhu air = 27°C
- $\rho = 996,59$ kg/m³ (Lampiran 1)
- $\mu = 0,000852$ kg/m³ (Lampiran 1)

Dihitung:

a. Bilangan *Reynolds* (Re)

$$Re = \frac{\rho \times v \times d}{\mu}$$
$$Re = \frac{996,59 \text{ kg/m}^3 \times 0,2 \text{ m/s} \times 0,028 \text{ m}}{0,000852 \text{ m. s}}$$
$$Re = 6550,15$$

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

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

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

c. Koefisien gesek (f)

Berdasarkan bilangan *Reynolds* dan angka kekasaran diatas, maka kerugian gesek (f) diketahui dari diagram *Moody* sehingga diperoleh kerugian gesek $f = 0,03471$

d. *Head* kerugian pada pipa (h_l)

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

$$h_{lmy} = 0,03471 \times \frac{0,08 \text{ m}}{0,028 \text{ m}} \times \frac{(0,2 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{lmy} = 0,0002 \text{ m}$$

3. Perhitungan *head* kerugian pada *water swivel join* pipa 3/4"

Diketahui:

- Kecepatan aliran air dalam pipa (v) = 0,33 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)

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

$$Re = \frac{996,59 \text{ kg/m}^3 \times 0,33 \text{ m/s} \times 0,022 \text{ m}}{0,000852 \text{ m.s}}$$

$$Re = 8492,06$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa aliran air pada pipa 3/4'' adalah *turbulen* karena nilai $Re > 4000$.

b. Angka kekasaran relatif (k)

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

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

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

$$k = 0,00006 \text{ m}$$

c. Koefisien gesek (f)

Berdasarkan bilangan *Reynolds* dan angka kekasaran di atas, maka kerugian gesek (f) diketahui dari diagram *Moody* sehingga diperoleh kerugian gesek $f = 0,03236$.

d. *Head* kerugian pada pipa (h_l)

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

$$h_{lmy} = 0,03236 \times \frac{0,42 \text{ m}}{0,022 \text{ m}} \times \frac{(0,33 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{lmy} = 0,00342 \text{ m}$$

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

Diketahui:

- Kecepatan aliran air dalam pipa, $v = 0,34 \text{ m/s}$
- 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)

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

$$Re = \frac{996,59 \text{ kg/m}^3 \times 0,34 \text{ m/s} \times 0,022 \text{ m}}{0,000852 \text{ m.s}}$$

$$Re = 8749,40$$

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

b. Angka kekasaran relatif (*k*)

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

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

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

$$k = 0,00006 \text{ m}$$

c. Koefisien gesek (*f*)

Berdasarkan bilangan *Reynolds* dan angka kekasaran di atas, maka kerugian gesek (*f*) diketahui dari diagram *Moody* sehingga diperoleh kerugian gesek $f = 0,03209$.

d. *Head* kerugian pada pipa (h_l)

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

$$h_l = 0,03209 \times \frac{6 \text{ m}}{0,022 \text{ m}} \times \frac{(0,34 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_l = 0,05156 \text{ m}$$

Head loss mayor pada *sling pump* variasi ketinggian 1, 2, 3 dan 4 meter menggunakan kecepatan putar 40 rpm dengan kondisi *sling pump* tercelup 80% di dalam air. Dengan menggunakan langkah yang sama seperti di atas, hasil perhitungan untuk ketinggian 1 meter dan lainnya disajikan dalam tabel 4.3.

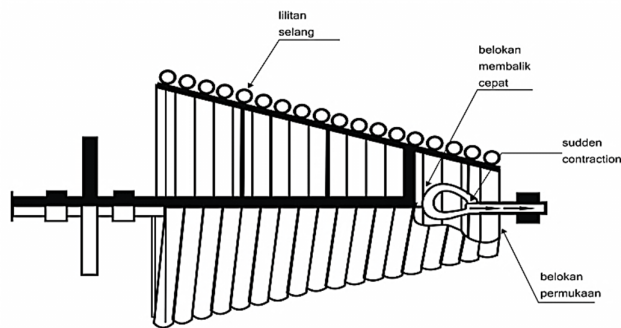
Tabel 4.3 *Head loss mayor* pada ketinggian *delivery* 1, 2, 3 dan 4 meter pada kecepatan putar 40 rpm dengan kondisi *sling pump* tercelup 80% di dalam air.

Ketinggian <i>Delivery</i> (m)	<i>Head Loss Mayor</i> (h_i) (m)				Σ <i>Head loss Mayor</i>
	Pipa <i>Hollow Shaft</i>	Pipa 1''	Pipa 3/4"	Pipa <i>Delivery</i>	
1	0,01486	0,00033	0,00564	0,08721	0,108
2	0,01366	0,00031	0,00650	0,07754	0,098
3	0,00266	0,00007	0,00132	0,02065	0,025
4	0,00082	0,00001	0,00044	0,00746	0,008

4.3.2. Head Kerugian Gesek Sebagai Rugi Minor

Diketahui berdasarkan Gambar 4.1.

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



Gambar 4.1. Kerangka *sling pump*

Dihitung:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

d. 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* dengan 1 *inlet*, putaran 40 rpm kondisi *sling pump* tercelup 80% di dalam air pada ketinggian *delivery* 1 meter.

1) Perhitungan rugi *minor* pada lilitan selang plastik

Diketahui:

- Kecepatan aliran air pada selang = 0,5 m/s
- Diameter selang (d_i) = 3/4" = 1,75 cm = 0,0175 m
- Jari-jari rata-rata *sling pump* = 15,45 cm

Lilitan selang diasumsikan sebagai *elbow* 90⁰, dengan bilangan *Reynolds* adalah:

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

$$Re = \frac{996,59 \text{ kg/m}^3 \times 0,5 \text{ m/s} \times 0,0175 \text{ m}}{0,000852 \text{ m.s}}$$

$$Re = 10234,93$$

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:

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

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

$$k = 0,000085 \text{ m}$$

Berdasarkan bilangan *Reynolds* dan angka kekasaran (*k*) di atas, maka kerugian gesek (*f*) diketahui dari diagram *Moody* sehingga diperoleh kerugian gesek, $f = 0,03083$

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:

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

$$K = 0,03 \times 25$$

$$K = 0,75$$

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 ¼ lilitan selang.
- N : Jumlah lilitan selang pada *sling pump*.

$$\sum K_{total} = 0,75 \times 16 \times 4$$

$$\sum K_{total} = 48$$

Kerugian aliran disepanjang lilitan selang adalah:

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

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

$$h_{LM} = 48 \times \frac{v^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{LM} = 0,61 \text{ m}$$

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, $v = 0,5 \text{ m/s}$.

Dihitung :

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

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

$$h_{LM} = 0,60 \times \frac{0,5^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{LM} = 0,00764 \text{ m}$$

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, $v = 0,5 \text{ m/s}$

Dihitung :

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

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

$$h_{LM} = 2,2 \times \frac{(0,5 \text{ m/s}^2)}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{LM} = 0,0280 \text{ m}$$

- 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 = 0,69 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

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

$$h_{lm} = \left(\frac{1}{0,775} - 1 \right)^2 \times \left(\frac{(0,69 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)} \right)$$

$$h_{lm} = 0,002045 \text{ m}$$

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

Diketahui :

- Diameter pipa *hollow shaft* (d_i) : $d_2 = 0,015 \text{ m}$
- Diameter pipa 1'' (d_i) : $d_3 = 0,028 \text{ m}$
- Kecepatan air pada pipa 1 : $v = 0,2 \text{ m/s}$

Dihitung :

Head kerugian pada pembesaran penampang

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

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

$$h_{lm} = 0,001036 \text{ m}$$

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

Diketahui :

- Diameter pipa 3/4'' (d_i) : $d_4 = 0,022 \text{ m}$
- Diameter pipa 1'' (d_i) : $d_3 = 0,028 \text{ m}$
- Kecepatan air pada pipa 3/4'' : $v = 0,33 \text{ m/s}$

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)

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

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

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

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

$$h_l = \left(\frac{1}{0,712} - 1 \right)^2 \times \left(\frac{(0,33 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)} \right)$$

$$h_l = 0,0009081 \text{ m}$$

7) Perhitungan kerugian tinggi-tekan akibat Pembesaran mendadak (*sudden expansion*) antara pipa ¾ dan selang 1"

Diketahui :

- Diameter pipa ¾" $d_4 = 0,022$ m
- Diameter Selang 1" (d_5) $d_5 = 0,0254$ m
- Kecepatan air pada selang 1" : $v = 0,25$ m/s

Dihitung :

Head kerugian pada pembesaran penampang

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

$$h_{tm} = \frac{(0,25 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)} \times \left(1 - \left(\frac{0,022 \text{ m}}{0,0254 \text{ m}}\right)^2\right)^2$$

$$h_{tm} = 0,0001987 \text{ m}$$

8) Perhitungan kerugian belokan *delivery*

Diketahui :

- Tinggi *delivery* : $z = 1$ m
- Panjang *delivery* : $L = 6,30$ m

Dihitung :

a. Sudut belokan (θ)

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

Maka :

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

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

$$\theta = 9,13^\circ$$

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: $f = 0,031$.

c. Kerugian belokan pada selang 1”

- Kecepatan air pada selang 1” : $v = 0,25$ m/s
- Diameter selang : $d = 0,0254$ m
- Kerugian belokan *delivery* (h_l)

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

$$h_{lm} = 0,031 \times \frac{0,30 \text{ m}}{0,0254 \text{ m}} \times \left(\frac{(0,25 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)} \right)$$

$$h_{lm} = 0,001166 \text{ m}$$

d. Kerugian belokan pada Pipa 3/4”

Diketahui:

- Kecepatan air pada Pipa 3/4” : $v = 0,34$ m/s
- Diameter pipa : $d = 0,022$ m
- Kerugian belokan pipa *delivery* (h_l)

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

$$h_{lm} = 0,031 \times \frac{6 \text{ m}}{0,022 \text{ m}} \times \left(\frac{(0,34 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)} \right)$$

$$h_{lm} = 0,04981 \text{ m}$$

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

Diketahui:

- Diameter selang (d_5) : $d_5 = 0,0254$ m
- Diameter pipa *delivery* (d_6) : $d_6 = 3/4" = 0,022$ m
- Kecepatan aliran pada pipa *delivery* : $v = 0,34$ m/s

Dihitung:

a. Luas penampang selang 1"

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

$$A_5 = \frac{1}{4} \times \pi \times (0,0254 \text{ m})^2$$

$$A_5 = 0,0005 \text{ m}^2$$

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)

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{0,00038 \text{ m}^2}{0,0005 \text{ m}^2}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = 0,76$$

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

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

$$h_{lm} = \left(\frac{1}{0,775} - 1 \right)^2 \times \left(\frac{(0,34 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)} \right)$$

$$h_{lm} = 0,0004966 \text{ m}$$

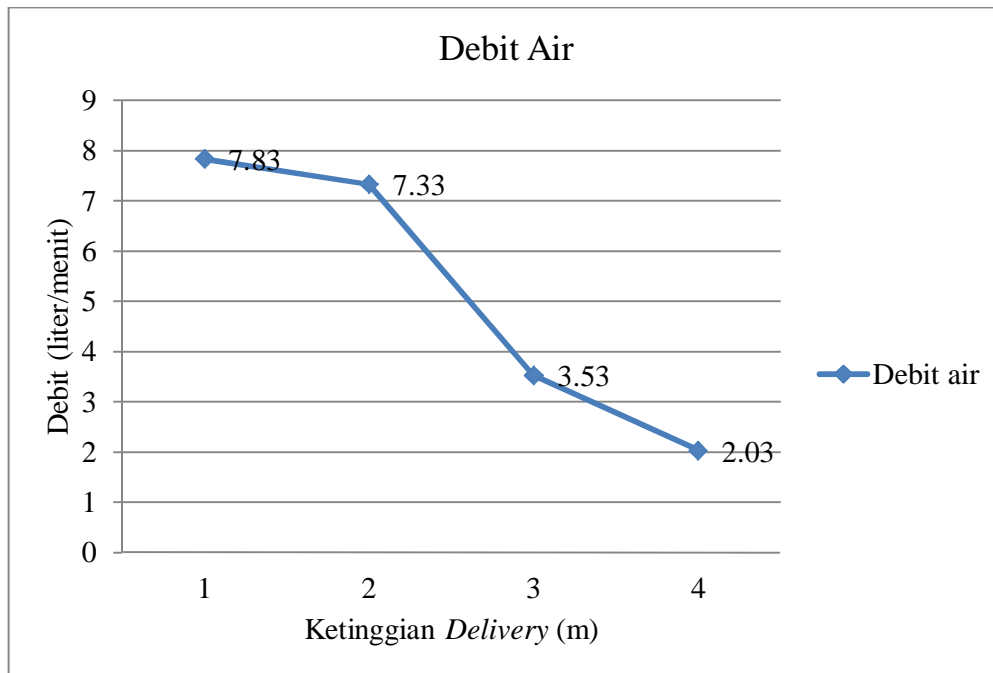
Head loss minor pada *Sling pump* variasi ketinggian *delivery* 1, 2, 3 dan 4 meter dengan kecepatan putar 40 rpm pada kondisi *sling pump* tercelup 80% di dalam air. Dengan menggunakan langkah yang sama seperti di atas, hasil perhitungan untuk jumlah inlet dan kondisi tercelup *sling pump* lainnya disajikan dalam tabel 4.4, berikut.

Tabel 4.4. Hasil perhitungan *head loss minor* pada variasi ketinggian *delivery* 1, 2, 3 dan 4 meter dengan kondisi pencelupan *sling* 80% di dalam air pada kecepatan putar konstan 40 rpm.

Ketinggian <i>Delivery</i> (m)	<i>Head loss minor</i> (h) (m)									Σ <i>Head loss minor</i>
	Selang	Belokan siku tekuk panjang	Belokan balik berdekatan	Penyempitan mendadak selang vs Hollow shaft	Pembesaran mendadak hollow shaft vs pipa 1	Penyempitan mendadak pipa 1" vs pipa 3/4"	Pembesaran Mendadak pipa 3/4" vs Selang 1"	Belokan Pipa <i>delivery</i> Pipa 3/4"	Penyempitan mendadak selang 1" vs pipa 3/4"	
1	0,61	0,00764	0,028	0,00204	0,00103	0,0009	0,000198	0,0509	0,000496	0,701
2	0,57	0,00704	0,0258	0,00187	0,00093	0,0008	0,000183	0,0772	0,000439	0,677
3	0,11	0,0011	0,004	0,00031	0,000165	0,00016	0,000038	0,0383	0,000096	0,154
4	0,02	0,00024	0,0009	0,00007	0,00004	0,00005	0,000014	0,0181	0,000027	0,039

4.5. Debit air

Hasil dari penelitian dapat digambarkan dalam grafik debit yang diperoleh berdasarkan variasi ketinggian *delivery* seperti pada Gambar 4.2, di bawah ini:



Gambar 4.2. Grafik pengaruh ketinggian *delivery* terhadap debit air

Berdasarkan Gambar 4.2 diperoleh hasil bahwa debit (Q) sangat dipengaruhi oleh kondisi Tinggi *delivery*.

- Kondisi ketinggian *delivery* mempengaruhi debit yang dihasilkan, karena semakin tinggi pipa *delivery* maka kecepatan aliran juga akan menurun.
- Titik debit maksimum berada pada kondisi ketinggian *delivery* 1 meter yang mencapai 7,83 liter dalam 1 menit pada kondisi tersebut kecepatan aliran memiliki nilai tertinggi
- Pada penelitian ini *sling pump* dapat mencapai ketinggian maksimal 4 meter dengan debit 2,03 liter/menit

4.6. Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya

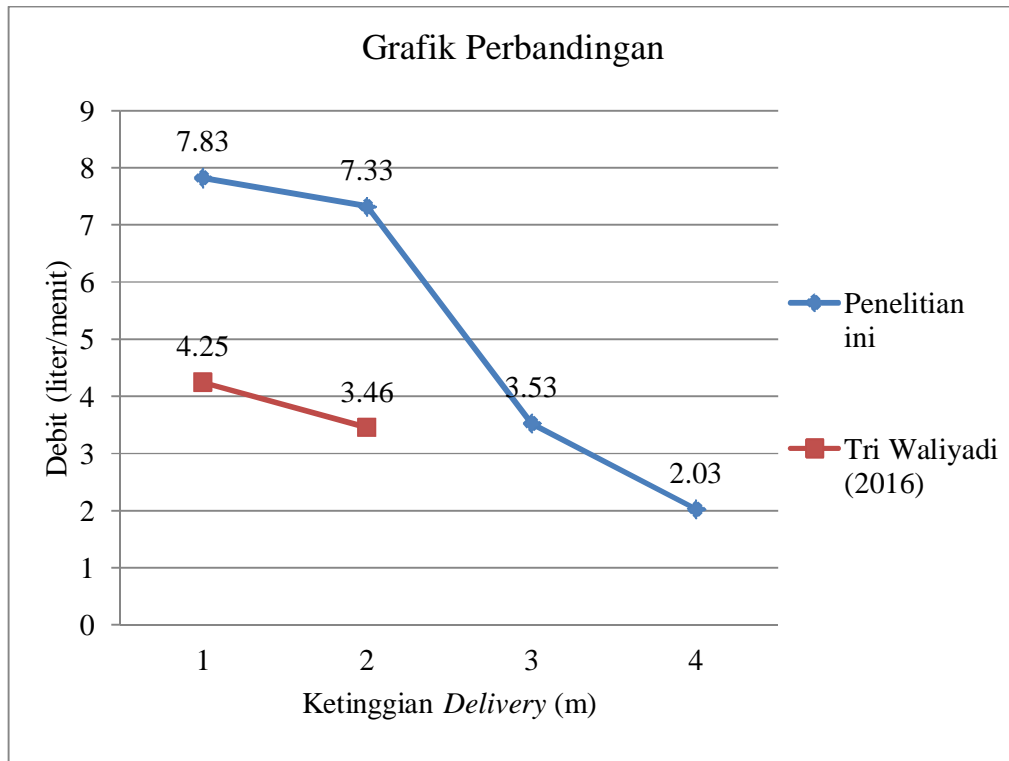
Dari penelitian ini didapatkan hasil yang biasa dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Tri Waliyadi (2016) dan digambarkan melalui grafik seperti pada tabel 4.5, dibawah ini :

Tabel 4.5. Tabel perbandingan Q aktual penelitian sekarang dengan Q aktual yang dihasilkan oleh Tri Waliyadi (2016).

Ketinggian Pipa <i>Delivery</i> (m)	Tekanan Indikator (bar)	Kondisi terecelup <i>sling pump</i> (%)	Penelitian ini	Tri Waliyadi (2016)
			Q _{aktual} (liter/menit)	Q _{aktual} (liter/menit)
1	0,1	80%	7,83	4,25
2	0,2		7,33	3,46
3	0,3		3,53	-
4	0,4		2,03	-

Pada Tabel 4.5, tabel perbandingan jumlah debit yang dihasilkan dengan penelitian sebelumnya , dengan menggunakan data *input* yang sama yaitu:

- Jumlah inlet : 1 inlet
- Kecepatan putar : 40 rpm
- Jumlah lilitan : 16 lilitan
- Ukuran selang : 3/4" inch
- Pencelupan kerangka : 80%



Gambar 4.3. Perbandingan debit dan ketinggian *delivery* dengan penelitian sebelumnya

Berdasarkan Grafik 4.3, perbandingan debit dan ketinggian dengan penelitian sebelumnya dianalisa bahwa:

- Untuk debit maksimal yang dihasilkan cukup jauh berbeda 7,83 liter berbanding 4,25 liter dalam 1 menit dengan ketinggian *delivery* 1 meter.
- Pada penelitian ini ketinggian *delivery* yang dapat dicapai hingga 4 meter sedangkan untuk penelitian sebelumnya hanya 2 meter.
- Penggunaan *water swivel joint* membuat *sling pump* dapat mencapai ketinggian melebihi penelitian sebelumnya, pada penelitian sebelumnya terjadi kebocoran pada bagian tersebut.