

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengambilan Data

Data hasil penelitian *sling pump* skala laboratorium dengan *manifold* segaris disajikan seperti pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian *sling pump* dengan *manifold* segaris

Pengukuran Debit <i>Sling Pump</i>						
Jumlah inlet	Jumlah lilitan selang	Kecepatan Putaran (rpm)	Kondisi tercelup <i>sling pump</i> (%)	Tekanan Indikator (bar)	Debit (liter/menit)	Debit rata-rata (liter/menit)
1	16	30	50	0,2	3,10	3,15
				0,2	3,15	
				0,2	3,20	
			60	0,2	3,32	3,31
				0,2	3,3	
				0,2	3,32	
			70	0,2	3,4	3,45
				0,2	3,45	
				0,2	3,50	
			80	0,2	3,55	3,48
				0,2	3,50	
				0,2	3,4	
			90	0,2	2,80	2,80
				0,2	2,70	
				0,2	2,9	

Tabel 4.1. Data hasil pengujian pengujian *sling pump* dengan *manifold* segaris
(Lanjutan)

Jumlah inlet	Jumlah lilitan selang	Kecepatan Putaran (rpm)	Kondisi tercelup <i>sling pump</i> (%)	Tekanan Indikator (bar)	Debit (liter/menit)	Debit rata-rata (liter/menit)
1	16	40	50	0,2	4,15	4,18
				0,2	4,2	
				0,2	4,18	
			60	0,2	4,65	4,70
				0,2	4,7	
				0,2	4,75	
			70	0,2	5,35	5,35
				0,2	5,3	
				0,2	5,4	
			80	0,2	5,7	5,78
				0,2	5,75	
				0,2	5,9	
			90	0,2	6,2	6,22
				0,2	6,25	
				0,2	6,2	
1	16	50	50	0,3	5,42	5,42
				0,3	5,3	
				0,3	5,55	
			60	0,3	6,35	6,35
				0,3	6,25	
				0,3	6,45	
			70	0,3	6,89	6,80
				0,3	6,7	
				0,3	6,8	
			80	0,3	7,9	7,88
				0,3	7,95	
				0,3	7,8	
			90	0,3	7,3	7,42
				0,3	7,4	
				0,3	7,55	

4.2. Perhitungan Kecepatan Aliran

Perhitungan kecepatan aliran air pada *sling pump* meliputi kecepatan aliran air pada komponen *major* dan komponen *minor*.

4.2.1 Perhitungan kecepatan aliran air pada komponen *major* dengan kecepatan putaran 30 rpm dan kondisi tercelup *sling pump* 50%

Debit aktual rata-rata

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

$$Q = \frac{3,10 \text{ l/menit} + 3,15 \text{ l/menit} + 3,20 \text{ l/menit}}{3}$$

$$Q = 3,15 \text{ l/menit} = 0,0525 \text{ dm}^3/\text{s} = 5,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

a. Kecepatan aliran air pada pipa *delivery* ($v_{my,4}$)

Diketahui:

- Diameter dalam pipa, $d_4 = \frac{3}{4} \text{ inch} = 0,022 \text{ m}$

Dihitung:

$$v_{my,4} = \frac{4 \cdot Q_{\text{aktual}}}{\pi \cdot (D_{i,my,4})^2}$$

$$v_{my,4} = \frac{4 \times 5,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times 0,022^2}$$

$$v_{my,4} = 0,138 \text{ m/s}$$

b. Kecepatan aliran air pada pipa 1 inch ($v_{my,3}$)

Diketahui:

- Diameter dalam pipa, $d_3 = 1 \text{ inch} = 0,026 \text{ m}$

Dihitung:

$$v_{my,3} = \frac{4 \cdot Q_{\text{aktual}}}{\pi \cdot (D_{i,my,3})^2}$$

$$v_{my,3} = \frac{4 \times 5,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times 0,026^2}$$

$$v_{my,3} = 0,098 \text{ m/s}$$

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

Diketahui:

- Diameter dalam pipa *hollow shaft*, $d_2 = 0,016$ m

Dihitung:

$$v_{my,2} = \frac{4 \cdot Q_{\text{aktual}}}{\pi \cdot (D_{i,my,2})^2}$$

$$v_{my,2} = \frac{4 \times 5,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,016)^2}$$

$$v_{my,2} = 0,277 \text{ m/s}$$

d. Kecepatan aliran air pada selang plastik $\frac{3}{4}$ inch (v_1)

Diketahui:

- Diameter dalam Selang $d_1 = \frac{3}{4}$ inch = 0,0181 m

Dihitung:

$$v_{my,1} = \frac{4 \cdot Q_{\text{aktual}}}{\pi \cdot (D_{i,my,1})^2}$$

$$v_{my,1} = \frac{4 \times 5,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,0181)^2}$$

$$v_{my,1} = 0,203 \text{ m/s}$$

Dengan rumus dan metode seperti di atas, maka kecepatan aliran air pada putaran 30, 40, dan 50 rpm dengan kondisi pencelupan *sling pump* 50 %, 60 %, 70%, 80 %, dan 90 % didalam air disajikan dalam tabel berikut

Tabel 4.2. Hasil perhitungan kecepatan air pada putaran 30, 40, dan 50 rpm pada komponen *mayor* dengan kondisi pencelupan *sling pump* 50%, 60%, 70%, 80%, dan 90%.

Jumlah Inlet	Putaran (rpm)	Kondisi Tercelup <i>Sling Pump</i> (%)	Kecepatan Aliran (m/s) Komponen <i>Mayor</i>				
			Pipa <i>Delivery</i>	Pipa 3/4"	Pipa 1"	Pipa <i>Hollow Shaft</i>	Selang 3/4"
1	30	50	0,138	0,138	0,098	0,277	0,203
		60	0,145	0,145	0,104	0,292	0,214
		70	0,151	0,151	0,108	0,304	0,223
		80	0,153	0,153	0,109	0,307	0,225
		90	0,123	0,123	0,087	0,246	0,181
1	40	50	0,183	0,183	0,131	0,368	0,270
		60	0,206	0,206	0,147	0,414	0,303
		70	0,235	0,235	0,167	0,471	0,345
		80	0,254	0,254	0,181	0,509	0,373
		90	0,273	0,273	0,194	0,547	0,401
1	50	50	0,238	0,238	0,169	0,477	0,350
		60	0,279	0,279	0,198	0,559	0,410
		70	0,298	0,298	0,212	0,598	0,439
		80	0,346	0,346	0,246	0,694	0,509
		90	0,325	0,325	0,232	0,653	0,479

4.2.2. Perhitungan Kecepatan Aliran Air Komponen *Minor* Dengan Kecepatan Putaran 30 rpm Pada Kondisi Tercelup *Sling Pump* 50%

- a. Kecepatan aliran air pada komponen selang, belokan siku lekuk panjang, dan belokan balik berdekatan.

Diketahui:

- Diameter dalam Selang $d_1 = \frac{3}{4}$ inch = 0,0181 m

Dihitung:

$$v_{my} = \frac{4 \cdot Q_{aktual}}{\pi \cdot (D_{i,my,1})^2}$$

$$v_{my} = \frac{4 \times 5,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,0181)^2}$$

$$v_{my} = 0,203 \text{ m/s}$$

- b. Kecepatan aliran air pada penyempitan mendadak (*sudden contraction*) pada selang dengan *hollow shaft*

Diketahui:

- Diameter dalam Selang $d_1 = \frac{3}{4}$ inch = 0,0181 m

Dihitung:

$$v_{my,1} = \frac{4 \cdot Q_{\text{aktual}}}{\pi \cdot (D_{i,my,1})^2}$$

$$v_{my,1} = \frac{4 \times 5,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,0181)^2}$$

$$v_{my,1} = 0,203 \text{ m/s}$$

Diketahui:

- Diameter dalam *hollow shaft* $d_2 = 0,016$ m

Dihitung:

$$v_{my,2} = \frac{4 \cdot Q_{\text{aktual}}}{\pi \cdot (D_{i,my,1})^2}$$

$$v_{my,2} = \frac{4 \times 5,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,016)^2}$$

$$v_{my,2} = 0,277 \text{ m/s}$$

- c. Kecepatan aliran air pada pembesaran mendadak (*sudden expansion*) *hollow shaft* dengan pipa 1 inch.

Diketahui :

Diameter dalam pipa *hollow shaft*, $d_1 = 0,016$ m

$$v_{my,1} = \frac{4 \cdot Q_{\text{aktual}}}{\pi \cdot (D_{i,my,1})^2}$$

$$v_{my,1} = \frac{4 \times 5,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,016)^2}$$

$$v_{my,1} = 0,277 \text{ m/s}$$

Diketahui:

- Diameter dalam pipa, $d_2 = 1 \text{ inch} = 0,026 \text{ m}$

Dihitung:

$$v_{my,2} = \frac{4 \cdot Q_{\text{aktual}}}{\pi \cdot (D_{i,my,1})^2}$$

$$v_{my,2} = \frac{4 \times 5,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,026)^2}$$

$$v_{my,2} = 0,098 \text{ m/s}$$

- d. Kecepatan aliran air pada penyempitan mendadak (*sudden contraction*) pipa 1 inch dengan pipa $\frac{3}{4}$ inch.

Diketahui:

- Diameter dalam pipa, $d_1 = 1 \text{ inch} = 0,026 \text{ m}$

Dihitung:

$$v_{my,1} = \frac{4 \cdot Q_{\text{aktual}}}{\pi \cdot (D_{i,my,1})^2}$$

$$v_{my,1} = \frac{4 \times 5,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,026)^2}$$

$$v_{my,1} = 0,098 \text{ m/s}$$

Diketahui:

- Diameter dalam pipa $\frac{3}{4}$ inch, $d_2 = 0,022 \text{ m}$

Dihitung:

$$v_{my,2} = \frac{4 \cdot Q_{\text{aktual}}}{\pi \cdot (D_{i,my,2})^2}$$

$$v_{my,2} = \frac{4 \times 5,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times 0,022^2}$$

$$v_{my,2} = 0,138 \text{ m/s}$$

- e. Kecepatan aliran air pada belokan pipa *delivery*

Diketahui:

- Diameter dalam pipa, $d_1 = 0,022 \text{ m}$

Dihitung:

$$v_{my,1} = \frac{4 \cdot Q_{\text{aktual}}}{\pi \cdot (D_{i,my,4})^2}$$

$$v_{my,1} = \frac{4 \times 5,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,022)^2}$$

$$v_{my,1} = 0,138 \text{ m/s}$$

- f. Kecepatan aliran air pada pembesaran mendadak (*sudden expansion*) pipa $\frac{3}{4}$ inch dengan pipa 1 inch

Diketahui:

- Diameter dalam pipa $\frac{3}{4}$ inch, $d_4 = 0,022 \text{ m}$

Dihitung:

$$v_{my,1} = \frac{4 \cdot Q_{\text{aktual}}}{\pi \cdot (D_{i,my,1})^2}$$

$$v_{my,1} = \frac{4 \times 5,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,022)^2}$$

$$v_{my,1} = 0,138 \text{ m/s}$$

Diketahui:

- Diameter dalam pipa, $d_3 = 1 \text{ inch} = 0,026 \text{ m}$

Dihitung:

$$v_{my,2} = \frac{4 \cdot Q_{\text{aktual}}}{\pi \cdot (D_{i,my,2})^2}$$

$$v_{my,2} = \frac{4 \times 5,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,026)^2}$$

$$v_{my,2} = 0,098 \text{ m/s}$$

- g. Kecepatan aliran air pada penyempitan mendadak (*sudden contraction*) pipa 1 inch dengan pipa $\frac{3}{4}$ inch

Diketahui:

- Diameter dalam pipa, $d_1 = 1 \text{ inch} = 0,026 \text{ m}$

Dihitung:

$$v_{my,1} = \frac{4 \cdot Q_{\text{aktual}}}{\pi \cdot (D_{i,my,1})^2}$$

$$v_{my,1} = \frac{4 \times 5,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,026)^2}$$

$$v_{my,1} = 0,098 \text{ m/s}$$

Diketahui:

- Diameter dalam pipa $\frac{3}{4}$ inch, $d_2 = 0,022$ m

Dihitung:

$$v_{my,2} = \frac{4 \cdot Q_{\text{aktual}}}{\pi \cdot (D_{i,my,2})^2}$$

$$v_{my,2} = \frac{4 \times 5,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,022)^2}$$

$$v_{my,2} = 0,138 \text{ m/s}$$

Dengan rumus dan metode seperti di atas, maka kecepatan aliran air pada putaran 30, 40, dan 50 rpm dengan kondisi tercelup *sling pump* 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, dan 90 % di dalam air disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4.3. Hasil perhitungan kecepatan aliran air pada putaran 30, 40, dan 50 rpm pada komponen *minor* dengan kondisi tercelup *sling pump* 50 %, 60%, 70 %, 80 %, dan 90 %.

Jumlah Inlet	Putaran (rpm)	Kondisi Pencelupan (%)	Kecepatan Aliran (m/s) Pada Komponen Minor														
			Selang	Belokan siku lekuk panjang	Belokan balik berdekatan	Penyempitan mendadak selang vs <i>hollow shaft</i>		Pembesaran mendadak <i>hollow shaft</i> vs pipa 1"		Penyempitan mendadak pipa 1" vs pipa 3/4"			Belokan pipa <i>delivery</i>	Pembesaran mendadak pipa 3/4" vs pipa 1"		Penyempitan mendadak pipa 1" vs pipa 3/4"	
						selang	<i>hollow shaft</i>	<i>hollow shaft</i>	1"	1"	3/4"	3/4"		1"	1/2"	3/4"	
1	30	50	0,203	0,203	0,203	0,203	0,277	0,277	0,098	0,098	0,138	0,138	0,138	0,098	0,415	0,138	
		60	0,214	0,214	0,214	0,214	0,292	0,292	0,104	0,104	0,145	0,145	0,145	0,104	0,436	0,145	
		70	0,223	0,223	0,223	0,223	0,304	0,304	0,108	0,108	0,151	0,151	0,151	0,108	0,454	0,151	
		80	0,225	0,225	0,225	0,225	0,307	0,307	0,109	0,109	0,153	0,153	0,153	0,109	0,459	0,153	
		90	0,181	0,181	0,181	0,181	0,246	0,246	0,087	0,087	0,123	0,123	0,123	0,087	0,369	0,123	
1	40	50	0,27	0,27	0,27	0,27	0,368	0,368	0,131	0,131	0,183	0,183	0,183	0,131	0,55	0,183	
		60	0,303	0,303	0,303	0,303	0,414	0,414	0,147	0,147	0,206	0,206	0,206	0,147	0,619	0,206	
		70	0,345	0,345	0,345	0,345	0,471	0,471	0,167	0,167	0,235	0,235	0,235	0,167	0,704	0,235	
		80	0,373	0,373	0,373	0,373	0,509	0,509	0,181	0,181	0,254	0,254	0,254	0,181	0,761	0,254	
		90	0,401	0,401	0,401	0,401	0,547	0,547	0,194	0,194	0,273	0,273	0,273	0,194	0,818	0,273	
1	50	50	0,35	0,35	0,35	0,35	0,477	0,477	0,169	0,169	0,238	0,238	0,238	0,169	0,714	0,238	
		60	0,41	0,41	0,41	0,41	0,559	0,559	0,198	0,198	0,279	0,279	0,279	0,198	0,836	0,279	
		70	0,439	0,439	0,439	0,439	0,598	0,598	0,212	0,212	0,298	0,298	0,298	0,212	0,895	0,298	
		80	0,509	0,509	0,509	0,509	0,694	0,694	0,246	0,246	0,346	0,346	0,346	0,246	1,038	0,346	
		90	0,479	0,479	0,479	0,479	0,653	0,653	0,232	0,232	0,325	0,325	0,325	0,232	0,976	0,325	

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 30 rpm dengan persentase pencelupan *sling pump* 50%.

1. Perhitungan head kerugian pada pipa *hollow shaft*

Diketahui:

- Kecepatan aliran air dalam pipa (v) = 0,277 m/s
- Panjang pipa, $L = 12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$
- Diameter dalam pipa, $d_i = 1,6 \text{ cm} = 0,016 \text{ m}$
- $\rho = 996,59 \text{ kg/m}^3$
- $\mu = 0,000852 \text{ kg/ms}$

Dihitung:

a. Bilangan *Reynolds* (Re)

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu}$$
$$\text{Re} = \frac{996,59 \text{ kg/m}^3 \times 0,277 \text{ m/s} \times 0,016 \text{ m}}{0,000852 \text{ kg/ms}}$$
$$\text{Re} = 5184,13$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa aliran air pada pipa *hollow shaft* adalah turbulenta karena nilai $\text{Re} > 4000$.

b. Angka kekasaran relatif

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

$$k = \frac{\varepsilon}{d}$$
$$k = \frac{0,00015 \text{ m}}{0,016 \text{ m}}$$
$$k = 0,0093$$

c. Koefisien gesek (f)

Berdasarkan bilangan *Reynolds* dan angka kekasaran di atas, maka kerugian gesek (f) diketahui dari diagram *Moody* sehingga diperoleh kerugian gesek $f = 0,046$

d. Head kerugian pada pipa selang (h_l)

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

$$h_l = 0,0475 \times \frac{0,12 \text{ m}}{0,016 \text{ m}} \times \frac{(0,277 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_l = 0,00139 \text{ m}$$

2. Perhitungan head kerugian pada pipa 1 inch

Diketahui:

- Kecepatan aliran air dalam pipa, $v = 0,098 \text{ m/s}$
- Panjang pipa, $L = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$
- Diameter dalam pipa, $d_i = 1 \text{ inch} = 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ m}$

Dihitung:

a. Bilangan *Reynolds* (Re)

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu}$$

$$\text{Re} = \frac{996,59 \text{ kg/m}^3 \times 0,098 \text{ m/s} \times 0,026 \text{ m}}{0,000852 \text{ kg/m.s}}$$

$$\text{Re} = 2980,41$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa aliran air pada pipa 1 inch adalah *transisi* karena nilai $\text{Re} < 4000$

b. Angka kekasaran relatif

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

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

$$k = \frac{0,0000015 \text{ m}}{0,026 \text{ m}}$$

$$k = 0,000057$$

c. Koefesien gesek (f)

Berdasarkan bilangan *Reynolds* dan angka kekasaran diatas, maka kerugian gesek (f) diketahui dari diagram *Moody* sehingga diperoleh kerugian gesek $f = 0,0437$

d. Head kerugian pada pipa selang (h_l)

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

$$h_l = 0,0437 \times \frac{0,15 \text{ m}}{0,026 \text{ m}} \times \frac{(0,098 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_l = 0,0000123 \text{ m}$$

3. Perhitungan head kerugian pada pipa $\frac{3}{4}$ inch

Diketahui:

- Kecepatan aliran air dalam pipa (v) = 0,138 m/s
- Panjang pipa, $L = 19,5 \text{ cm} = 0,195 \text{ m}$
- Diameter dalam pipa, $d_i = \frac{3}{4} \text{ inch} = 2,2 \text{ cm} = 0,022 \text{ m}$

Dihitung:

a. Bilangan *Reynolds* (Re)

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

$$Re = \frac{996,59 \text{ kg/m}^3 \times 0,138 \text{ m/s} \times 0,022 \text{ m}}{0,000852 \text{ kg/ms}}$$

$$Re = 3551,22$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa aliran air pada pipa $\frac{3}{4}$ inch adalah *transisi* karena nilai $Re < 4000$.

b. Angka kekasaran relatif

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

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

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

$$k = 0,000068$$

c. Koefesien gesek (f)

Berdasarkan bilangan *Reynolds* dan angka kekasaran di atas, maka kerugian gesek (f) diketahui dari diagram *Moody* sehingga diperoleh kerugian gesek $f = 0,0421$

d. Head kerugian pada pipa selang (h_l)

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

$$h_l = 0,0421 \times \frac{0,195 \text{ m}}{0,022 \text{ m}} \times \frac{(0,138 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_l = 0,00036 \text{ m}$$

4. Perhitungan head kerugian pada pipa *delivery*

Diketahui:

- Kecepatan aliran air dalam pipa, $v = 0,138 \text{ m/s}$
- Panjang pipa, $L = 6 \text{ m}$
- Diameter dalam pipa, $d_i = \frac{3}{4} \text{ inch} = 0.022 \text{ m}$

Dihitung:

a. Bilangan *Reynolds* (Re)

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

$$Re = \frac{996,59 \text{ kg/m}^3 \times 0,138 \text{ m/s} \times 0,022 \text{ m}}{0,000852 \text{ kg/m} \cdot \text{s}}$$

$$Re = 3551,22$$

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

b. Angka kekasaran relatif

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

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

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

$$k = 0,000068$$

c. Koefisien gesek (f)

Berdasarkan bilangan *Reynolds* dan angka kekasaran di atas, maka kerugian gesek (f) diketahui dari diagram *Moody* sehingga diperoleh kerugian gesek $f = 0,0421$.

d. Head kerugian pada pipa selang (h_1)

$$h_1 = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{(2 \cdot g)}$$

$$h_1 = 0,0421 \times \frac{6 \text{ m}}{0,022 \text{ m}} \times \frac{(0,138 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

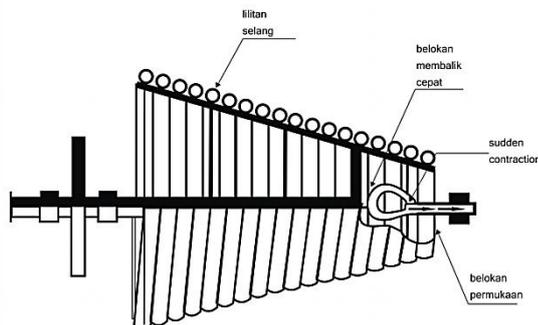
$$h_1 = 0,0111 \text{ m}$$

Head loss mayor pada kecepatan putar 30 rpm dengan kondisi *sling pump* tercelup 50%, 60%, 70%, 80%, dan 90%. Dengan menggunakan langkah yang sama seperti di atas, hasil perhitungan untuk kecepatan putaran *sling pump* lainnya disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4.4. Hasil perhitungan *head loss mayor sling pump* pada kecepatan putaran 30, 40, dan 50 rpm dalam kondisi tercelup *sling pump* 50%, 60%, 70%, 80%, dan 90%.

Jumlah Inlet	Putaran (rpm)	Kondisi Tercelup <i>Sling Pump</i> (%)	<i>Head Loss Mayor (h_l)</i> (m)				Σh_l
			Pipa				
			<i>Hollow Shaft</i>	1''	3/4''	Delivery	
1	30	50	0,0014	0,000012	0,00036	0,0110	0,0128
		60	0,0015	0,000014	0,00039	0,0119	0,0138
		70	0,0016	0,000015	0,00042	0,0128	0,0149
		80	0,0017	0,000148	0,00043	0,0131	0,0153
		90	0,0011	0,000101	0,00029	0,0090	0,0105
1	40	50	0,0023	0,000201	0,00057	0,0177	0,0208
		60	0,0029	0,000245	0,00071	0,0217	0,0256
		70	0,0037	0,000305	0,00089	0,0272	0,0321
		80	0,0043	0,000350	0,00101	0,0311	0,0368
		90	0,0049	0,000395	0,00114	0,0353	0,0417
1	50	50	0,0038	0,000310	0,00090	0,0278	0,0328
		60	0,0051	0,000430	0,00119	0,0366	0,0433
		70	0,0058	0,000460	0,00133	0,0411	0,0487
		80	0,0078	0,000600	0,00173	0,0532	0,0633
		90	0,0069	0,000540	0,00155	0,0477	0,0567

4.3.2. Head Kerugian Gesek Sebagai Rugi Minor



Gambar 4.1 Rugi-rugi *minor* pada *sling pump*

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

Diketahui:

- 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, $d_i = 2,505$ cm

Dihitung:

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

$$D_a = D_1 + (2 \cdot r_r) + (2 \cdot d_i)$$

$$D_a = 40 \text{ cm} + (2 \times 0,4 \text{ cm}) + (2 \times 2,505 \text{ cm})$$

$$D_a = 45,81 \text{ cm}$$

Diameter lingkaran kecil *sling pump* (D_b)

$$D_b = D_2 + (2 \cdot r_r) + (2 \cdot d_i)$$

$$D_b = 13,2 \text{ cm} + (2 \times 0,4 \text{ cm}) + (2 \times 2,505 \text{ cm})$$

$$D_b = 19,01 \text{ cm}$$

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

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

$$\bar{D} = \frac{45,81 \text{ cm} + 19,01 \text{ cm}}{2}$$

$$\bar{D} = 32,41 \text{ cm}$$

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

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

$$\bar{R} = \frac{32,41 \text{ cm}}{2}$$

$$\bar{R} = 16,205 \text{ cm}$$

Head loss minor pada kecepatan putaran 30 rpm dengan kondisi pencelupan *sling pump* 50%.

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

Diketahui:

- Kecepatan pada selang = 0,203 m/s
- Diameter selang (d_i) = $\frac{3}{4}$ inch = 1,81 cm = 0,0181 m

- Jari-jari rata-rata *sling pump* = 16,205 cm

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

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot v_1 \cdot D}{\mu}$$

$$\text{Re} = \frac{996,59 \text{ kg/m}^3 \times 0,203 \text{ m/s} \times 0,0181 \text{ m}}{0,000852 \text{ kg/ms}}$$

$$\text{Re} = 4297,85$$

Karena bilangan $\text{Re} > 4000$, maka alirannya adalah *turbulent*, sehingga dengan mengasumsikan selang adalah pipa plastik, dari diagram *Moody* didapat faktor kekasaran selang adalah:

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

$$k = \frac{0,0000015 \text{ m}}{0,0181 \text{ m}}$$

$$k = 0.000828$$

Berdasarkan bilangan *Reynolds* dan angka kekasaran di atas, maka kerugian gesek (f) diketahui dari diagram *Moody* sehingga diperoleh kerugian gesek, $f = 0,0399$

Dengan menggunakan gambar (2.14) panjang *ekuivalen* di dapat harga L_e/D adalah:

$$\frac{L_e}{d} = \frac{16,205 \text{ cm}}{1,81 \text{ cm}}$$

$$= 8,95 \text{ cm}$$

Dari gambar (2.14) perbandingan panjang *ekuivalen* selang di dapatkan harga L_e/D :

$$\frac{L_e}{D} = 28$$

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

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

$$K = 0,0399 \times 28$$

$$K = 1,117$$

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

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

Dimana :

K_{total} : Koefesien tahan seluru lilitan selang.

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

N : Jumlah lilitan selang pada *sling pump*.

$$\sum K_{total} = 1,117 \times 16 \times 4$$

$$\sum K_{total} = 71,50$$

Kerugian aliran di sepanjang lilitan selang adalah:

$$h_1 = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$h_1 = 71,50 \times \frac{(0,203 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_1 = 0,150 \text{ m}$$

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 $K = 0,60$
- Kecepatan air, $v = 0,203 \text{ m/s}$.

Dihitung :

Head kerugian pada belokan permukaan *sling pump* (h_1)

$$h_1 = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$h_1 = 0,60 \times \frac{(0,203 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_1 = 0,00126 \text{ m}$$

3) Perhitungan *head* kerugian pada belokan selang di dalam *sling pump*.

Diketahui :

- Belokan diasumsikan sebagai jenis belokan balik berdekatan, dimana menurut tabel koefisien kerugian tinggi-tekan di peroleh nilai $K = 2,2$
- Kecepatan air, $v = 0,203$ m/s

Dihitung :

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

$$h_l = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$h_l = 2,2 \times \frac{(0,203 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_l = 0,00462 \text{ m}$$

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

Diketahui :

- Diameter pipa selang (d_1) : $d_1 = 0,0181$ m
- Diameter *hollow shaft* (d_2) : $d_2 = 0,016$ m
- Kecepatan air pada *hollow shaft*, $v = 0,277$ m/s

Dihitung :

a. Luas penampang selang (A_1)

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

$$A_1 = \frac{1}{4} \times \pi \times (0,0181 \text{ m})^2$$

$$A_1 = 0,00025 \text{ m}^2$$

b. Luas penampang *hollow shaft* (A_2)

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

$$A_2 = \frac{1}{4} \times \pi \times (0,016 \text{ m})^2$$

$$A_2 = 0,00020 \text{ m}^2$$

c. Koefisien penyempitan

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{0,00020 \text{ m}^2}{0,00025 \text{ m}^2}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = 0,78$$

Maka harga koefisien penyempitan (C_c) untuk air telah di tentukan oleh *Weishbach* dengan harga 0,805.

d. Head kerugian pada penyempitan selang dan *hollow shaft*

$$h_1 = \left(\frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 \cdot \left(\frac{(v)^2}{(2 \cdot g)} \right)$$

$$h_1 = \left(\frac{1}{0,805} - 1 \right)^2 \times \left(\frac{(0,277 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)} \right)$$

$$h_1 = 0,000229 \text{ m}$$

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

Diketahui :

- Diameter pipa *hollow shaft* (d_i) : $d_2 = 0,016 \text{ m}$
- Diameter pipa 1 inch (d_i) : $d_3 = 0,026 \text{ m}$
- Kecepatan air pada pipa 1 inch : $v = 0,098 \text{ m/s}$

Dihitung :

Head kerugian pada pembesaran *hollow shaft* dengan pipa 1 inch

$$h_1 = \frac{(v)^2}{(2 \cdot g)} \cdot \left[1 - \left(\frac{d_2}{d_3} \right)^2 \right]^2$$

$$h_1 = \frac{(0,098 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)} \times \left[1 - \left(\frac{0,016 \text{ m}}{0,026 \text{ m}} \right)^2 \right]^2$$

$$h_1 = 0,000188 \text{ m}$$

6) Perhitungan kerugian tinggi-tekan akibat penyempitan mendadak (*sudden contraction*) antara pipa 1 inch dengan pipa ¾ inch.

Diketahui :

- Diameter pipa ¾ inch (d_i) : $d_4 = 0,022 \text{ m}$
- Diameter pipa 1 inch (d_i) : $d_3 = 0,026 \text{ m}$
- Kecepatan air pada pipa ¾ inch : $v = 0,138 \text{ m/s}$

Dihitung :

a. Luas penampang pipa 1 inch

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

$$A_3 = \frac{1}{4} \times \pi \times (0,026 \text{ m})^2$$

$$A_3 = 0,00053 \text{ m}^2$$

b. Luas penampang pipa $\frac{3}{4}$ inch

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

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

$$A_4 = 0,00037 \text{ m}^2$$

c. Koefisien penyempitan (C_c)

$$\frac{A_4}{A_3} = \frac{0,00037 \text{ m}^2}{0,00053 \text{ m}^2}$$

$$\frac{A_4}{A_3} = 0,72$$

Maka dari harga koefisien penyempitan (C_c) untuk air telah ditentukan oleh *Weishbach* dengan harga 0,780

d. Head kerugian pada penyempitan pipa 1" dengan pipa $\frac{3}{4}$ inch

$$h_1 = \left(\frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 \cdot \left(\frac{(v)^2}{(2 \cdot g)} \right)$$

$$h_1 = \left(\frac{1}{0,780} - 1 \right)^2 \times \left(\frac{(0,138 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)} \right)$$

$$h_1 = 0,000077 \text{ m}$$

7) Perhitungan kerugian pada belokan pipa *delivery*

Diketahui :

- Kecepatan air pada pipa $\frac{3}{4}$ inch : $v = 0,138 \text{ m/s}$
- Diameter pipa : $d = 0,022 \text{ m}$
- Tinggi *delivery* : $z_2 = 1 \text{ m}$
- Panjang *delivery* : $L = 6 \text{ m}$

Dihitung :

a. Sudut belokan (θ)

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

$$\text{Maka : } \sin \theta = \frac{z}{L}$$

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

$$\theta = 9,59^\circ$$

b. Koefisien kerugian

Berdasarkan sudut belokan diatas dan diketahui permukaan pipa halus maka kerugian gesek (f) diketahui dari tabel koefisien kerugian belokan pada sehingga diperoleh kerugian gesek : $f = 0,032$

c. Kerugian pada belokan pipa *delivery* (h_l)

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

$$h_l = 0,032 \times \frac{6 \text{ m}}{0,022 \text{ m}} \times \left(\frac{(0,138 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)} \right)$$

$$h_l = 0,00847 \text{ m}$$

8) Perhitungan kerugian tinggi-tekan akibat pembesaran mendadak (*sudden expansion*) antara $\frac{3}{4}$ inch dan pipa 1 inch

Diketahui :

- Diameter pipa $\frac{3}{4}$ inch (d_2) : $d_2 = 0,022 \text{ m}$
- Diameter pipa 1 inch (d_1) : $d_3 = 0,026 \text{ m}$
- Kecepatan air pada pipa 1 inch : $v = 0,098 \text{ m/s}$

Dihitung :

Head kerugian pada pembesaran antara $\frac{3}{4}$ inch dengan pipa 1 inch

$$h_1 = \frac{(v)^2}{(2 \cdot g)} \cdot \left[1 - \left(\frac{d_2}{d_3} \right)^2 \right]^2$$

$$h_1 = \frac{(0,098 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)} \times \left[1 - \left(\frac{0,022 \text{ m}}{0,026 \text{ m}} \right)^2 \right]^2$$

$$h_1 = 0,0000394 \text{ m}$$

9) Perhitungan *sudden contraction* pipa 1 inch dengan pipa *delivery*

Diketahui :

- Diameter pipa 1 inch (d_i) : $d_4 = 0,026 \text{ m}$
- Diameter pipa *delivery* (d_i) : $d_5 = \frac{3}{4} \text{ inch} = 0,022 \text{ m}$
- Kecepatan aliran pada pipa *delivery* : $v = 0,138 \text{ m/s}$

a. Luas penampang pipa $\frac{3}{4}$ inch

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

$$A_4 = \frac{1}{4} \times \pi \times (0,026 \text{ m})^2$$

$$A_4 = 0,00037 \text{ m}^2$$

b. Luas penampang pipa *delivery* 1 inch

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

$$A_5 = \frac{1}{4} \times \pi \times (0,022 \text{ m})^2$$

$$A_5 = 0,00053 \text{ m}^2$$

c. Koefisien penyempitan (C_c)

$$\frac{A_5}{A_4} = \frac{0,00053 \text{ m}^2}{0,00037 \text{ m}^2}$$

$$\frac{A_5}{A_4} = 0,72$$

Maka dari harga koefisien penyempitan (C_c) untuk air dapat diketahui dari tabel koefisien kontraksi (C_c) dengan harga 0,780.

d. *Head* kerugian pada penyempitan

$$h_1 = \left(\frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 \cdot \left(\frac{(v)^2}{(2 \cdot g)} \right)$$

$$h_1 = \left(\frac{1}{0,780} - 1 \right)^2 \times \left(\frac{(0,138 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)} \right)$$

$$h_1 = 0,000077 \text{ m}$$

Dengan menggunakan langkah yang sama seperti diatas, maka hasil perhitungan untuk kecepatan putar dan kondisi tercelup *sling pump* lainnya disajikan dalam tabel berikut.

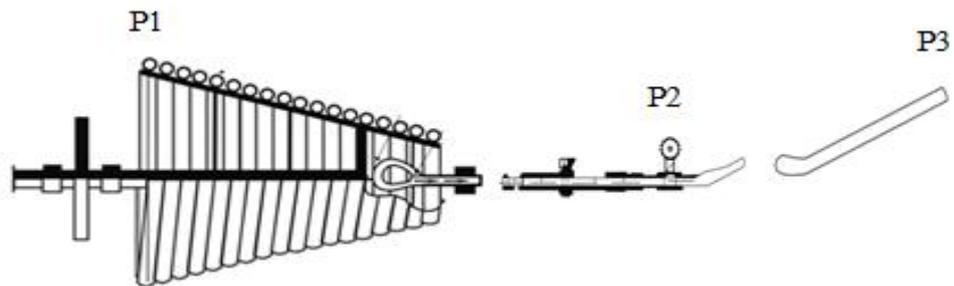
Tabel 4.5 Hasil perhitungan *Head Loss Minor* pada kecepatan putaran *sling pump* 30, 40, dan 50 rpm dalam kondisi tercelup *sling pump* 50%, 60%, 70%, 80%, dan 90%.

Jumlah inlet	Putaran (rpm)	Kondisi tercelup <i>sling pump</i> (%)	Head loss minor (h) (m)									Σ Head loss minor
			Lilitan Selang	Belokan siku lekuk 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"	Belokan pipa delivery	Pembesaran mendadak pipa 3/4" vs pipa 1"	Penyempitan mendadak pipa 1" vs pipa 3/4"	
1	30	50	0,150	0,00126	0,0046	0,000229	0,000189	0,000077	0,0085	0,000039	0,000077	0,1651
		60	0,164	0,00140	0,0051	0,000255	0,000213	0,000083	0,0094	0,000044	0,000083	0,1805
		70	0,177	0,00152	0,0056	0,000276	0,000229	0,000090	0,0101	0,000047	0,000090	0,1947
		80	0,179	0,00155	0,0057	0,000282	0,000234	0,000092	0,0104	0,000049	0,000092	0,1978
		90	0,123	0,00100	0,0037	0,000181	0,000149	0,000059	0,0067	0,000031	0,000059	0,1352
1	40	50	0,246	0,00223	0,0082	0,000405	0,000338	0,000131	0,0149	0,000071	0,000131	0,2726
		60	0,301	0,00281	0,0103	0,000513	0,000425	0,000167	0,0189	0,000089	0,000167	0,3342
		70	0,377	0,00364	0,0133	0,000663	0,000549	0,000216	0,0246	0,000115	0,000216	0,4203
		80	0,432	0,00425	0,0156	0,000775	0,000645	0,000253	0,0287	0,000135	0,000253	0,4824
		90	0,491	0,00492	0,0180	0,000895	0,000740	0,000293	0,0332	0,000155	0,000293	0,5487
1	50	50	0,387	0,00375	0,0137	0,000680	0,000562	0,000222	0,0252	0,000117	0,000222	0,4314
		60	0,510	0,00514	0,0188	0,001073	0,000771	0,000304	0,0346	0,000161	0,000304	0,5707
		70	0,576	0,00589	0,0216	0,001070	0,000884	0,000350	0,0395	0,000185	0,000350	0,6451
		80	0,748	0,00792	0,0291	0,001440	0,001191	0,000471	0,0533	0,000249	0,000471	0,8413
		90	0,671	0,00702	0,0257	0,001275	0,001059	0,000415	0,0470	0,000221	0,000415	0,7533

4.4. Perhitungan Tekanan Masuk dan Debit Teoritis

4.4.1. Tekanan Masuk, dan Debit Teoritis Pada Kecepatan Putaran *Sling Pump* 30 rpm Dengan Persentase Tercelup *Sling Pump* 50% Di Dalam Air.

- a. Perhitungan tekanan pada saat air masuk (P_1)



Gambar 4.2. Tekanan (P) pada *sling pump*

Pada gambar 4.2 terdapat tiga sisi tekanan pada *sling pump* yaitu Tekanan P_1 pada sisi masuk air terletak di inlet *sling pump*, Tekanan P_2 terletak pada alat pengukur tekanan (*Pressure Gauge*), dan Tekanan P_3 pada sisi keluar terletak di pipa *delivery*. Tekanan (ΔP) berhubungan dengan *head loss* (h_L) pada sepanjang aliran *sling pump*.

Dimana :

$$h_{L,1,3} = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} = \frac{P_1 - P_3}{\rho \cdot g} = h_{L,mayor} + h_{L,minor}$$

$$P_1 = \rho \cdot g \cdot \left[\sum_{n=1}^4 f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\bar{v}^2}{2 \cdot g} + \sum_{n=1}^9 K \cdot \frac{\bar{v}}{2 \cdot g} \right]$$

Diketahui :

- $P_2 = 0,2 \text{ bar} = 0,2 \times 10^4 \text{ pa (g)}$
- $\Sigma hf_{mayor} = 0.0128 \text{ m}$
- $\Sigma hf_{minor} = 0.1651 \text{ m}$
- $\rho = 996,59 \text{ kg/m}^3$, air pada suhu ruangan 27°C .
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $P_3 = 1 \text{ atm}$

Dihitung :

$$P_1 = \rho \cdot g \cdot (\sum hf_{mayor} + \sum hf_{minor})$$

$$P_1 = 996,59 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times (0,0128 \text{ m} + 0,1651 \text{ m})$$

$$P_1 = 1739,286 \text{ Pa(g)}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm} + 0,01739 \text{ bar (g)}$$

$$P_1 = 1,01739 \text{ bar (abs)}$$

b. Perhitungan Debit Teoritis

Fluida yang berada pada debit teoritis diasumsikan sebagai fluida satu fasa yaitu fasa cair dan dihitung antara titik 2 dan titik 3. Kedua titik tersebut diasumsikan hanya pada pipa *delivery* karena yang lebih dominan.

Diketahui :

- $f = 0,0403$, diambil dari rata-rata semua koefisien gesek pada perhitungan *head loss mayor*.
- $P_2 = 0,2 \text{ bar} = 20000 \text{ Pa}$
- $\rho = 996,59 \text{ kg/m}^3$, diasumsikan air pada suhu ruangan $= 27^\circ \text{C}$
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $d = \frac{3}{4} \text{ inch} = 0,0181 \text{ m}$, pipa *delivery*
- $L = 6 \text{ meter}$

Dihitung :

Hubungan ΔP dengan h_L

$$h_{L,2,3} = \frac{\Delta P}{(\rho \cdot g)}$$

$$h_{L,2,3} = f \cdot \frac{L}{D_i} \cdot \frac{\bar{v}^2}{2 \cdot g} = \frac{p_2 - p_3}{\rho \cdot g}$$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{2 \cdot p_2 \cdot d}{\rho \cdot f \cdot L}}$$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{2 \times 20000 \text{ Pa} \times 0,0181 \text{ m}}{996,59 \text{ kg/m}^2 \times 0,0403 \times 6 \text{ m}}}$$

$$\bar{v} = 1,67 \text{ m/s}$$

Maka debit teoritis dapat dicari dengan rumus berikut:

$$Q_{\text{Teoritis}} = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \bar{v}$$

$$Q_{\text{Teoritis}} = \frac{3,14}{4} \times 0,022^2 \text{ m} \times 1,67 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{Teoritis}} = 0,000637 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dengan menggunakan langkah yang sama seperti diatas, maka hasil perhitungan untuk tekanan masuk, dan debit teoritis pada kecepatan putaran *sling pump* 30, 40, dan 50 rpm dengan kondisi tercelup *sling pump* lainnya disajikan dalam tabel berikut.

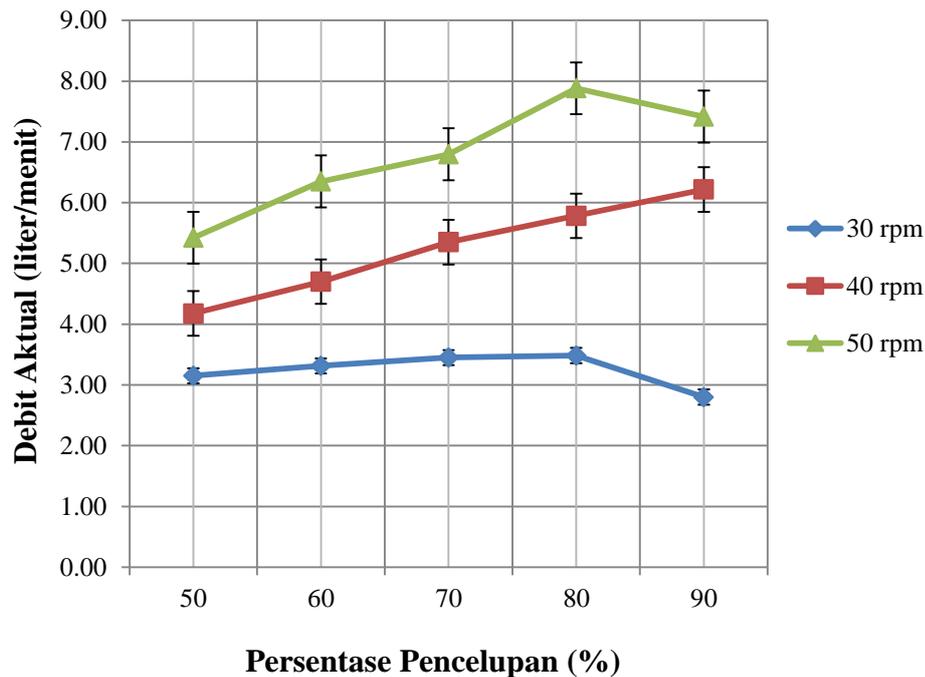
Tabel 4.6. Hasil perhitungan tekanan masuk, debit aktual dan debit teoritis

Jumlah inlet	Putaran (rpm)	Kondisi tercelup <i>sling pump</i> (%)	Tekanan Indikator P2 (bar) (g)	Tekanan masuk P1 bar (abs)	Debit Aktual (m ³ /s) (10 ⁻⁵)	Debit Teoritis (m ³ /s) (10 ⁻⁵)
1	30	50	0,2	0,01739	5,25	63,7
		60	0,2	0,01900	5,52	65,4
		70	0,2	0,02048	5,75	66,1
		80	0,2	0,02084	5,81	66,2
		90	0,2	0,01424	4,67	64,4
1	40	50	0,2	0,02868	6,96	69,5
		60	0,2	0,03517	7,83	72,6
		70	0,2	0,04423	8,92	66,1
		80	0,2	0,05076	9,64	74,6
		90	0,2	0,05773	10,36	76,1
1	50	50	0,3	0,04538	9,04	111,8
		60	0,3	0,06003	10,58	117,3
		70	0,3	0,06783	11,33	119,8
		80	0,3	0,08844	13,14	120,7
		90	0,3	0,07919	12,36	119,8

4.5. Pembahasan Berdasarkan Grafik

4.5.1. Debit Aktual

Hasil dari penelitian dapat digambarkan dalam grafik debit yang diperoleh berdasarkan variasi kecepatan putaran *sling pump* dengan persentase pencelupan seperti pada grafik 4.2 di bawah ini :

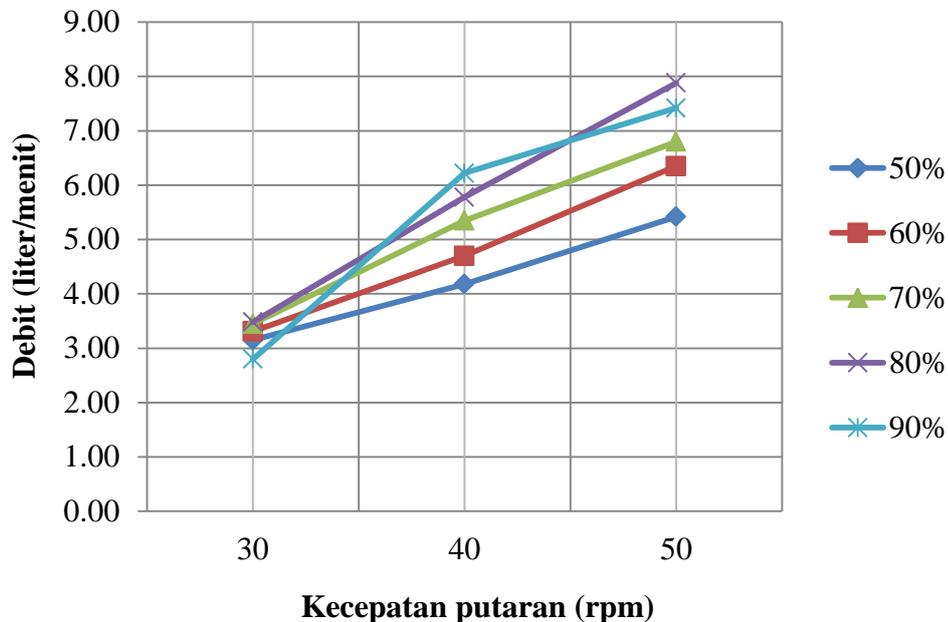


Grafik 4.1. Pengaruh kondisi pencelupan dan kecepatan putaran *sling pump* terhadap debit aktual

Grafik 4.1. menunjukkan bahwa debit air yang dihasilkan cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya persentase pencelupan, begitu juga dengan naiknya kecepatan putar *sling pump*. Persentase pencelupan lebih besar maka debit juga semakin besar. Hal ini dikarenakan meningkatnya volume air yang masuk pada lilitan selang. Semakin tinggi kecepatan putaran *sling pump* juga menghasilkan debit yang lebih besar. Hal ini terjadi karena bertambahnya volume air dan udara yang masuk ke corong pada lilitan selang.

Saat putaran *sling pump* 30 rpm dan 50 rpm terjadi fenomena menurunnya debit yang dihasilkan setelah pencelupan 80%. Fenomena ini terjadi karena berkurangnya volume udara di dalam aliran fluida pada lilitan dan selang yang

dimana fungsi udara ini adala mendorong air keluar dari dalam lilitan selang menuju pipa *delivery* pada ketinggian 1 m.

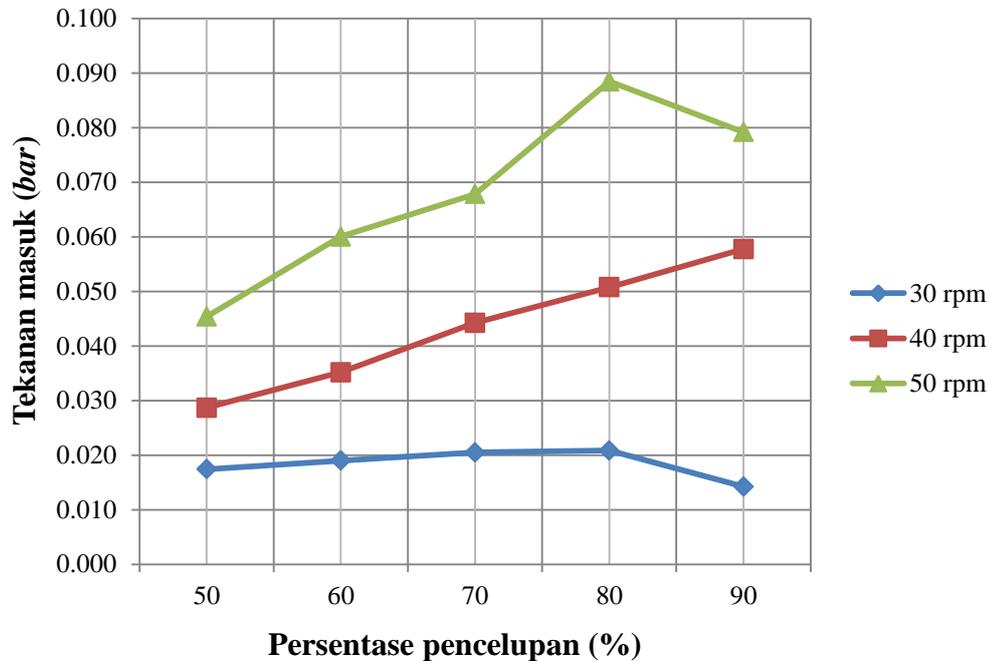


Grafik 4.2. Perbandingan antara kecepatan putaran terhadap debit *sling pump*

Berdasarkan grafik 4.2, kecepatan aliran (v) di dalam pipa dapat dipengaruhi oleh perbedaan kecepatan putaran, jika kecepatan putaran bertambah, maka kecepatan aliran air juga bertambah dan debit yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini berdasarkan rumus kapasitas aliran air (debit) $Q = v \times A$, dimana volume fluida yang mengalir persatuan waktu melalui pipa dengan luas penampang A dan dengan kecepatan v . Semakin besar debit fluida yang mengalir pada sisi masuk dan sisi keluar pipa, maka semakin besar pula kecepatan fluida yang terjadi pada masing-masing sisi pipa. Hal ini sesuai dengan persamaan *kontinuitas*.

4.5.2. Tekanan Masuk

Tekanan masuk fluida berdasarkan variasi kecepatan putaran *sling pump* dan persentase pencelupan *sling pump* ditampilkan pada grafik 4.3.



Grafik 4.3. Pengaruh kondisi pencelupan dan kecepatan putaran *sling pump* terhadap tekanan masuk

Berdasarkan grafik 4.3 di atas, diketahui bahwa semakin bertambahnya persentase pencelupan *sling pump* didalam air maka tekanan sisi masuk (P_1) juga semakin meningkat. Semakin cepat kecepatan putaran, tekanan yang terjadi pada sisi masuk (P_2) juga akan semakin besar.

Seiring dengan meningkatnya putaran (rpm), kecepatan aliran air di dalam pipa akan semakin cepat dan *head loss* yang terjadi juga semakin besar sehingga untuk mengatasi *head loss* tekanan yang diperlukan pada sisi masuk akan semakin besar. Tekanan inlet (P_1) untuk mengalirkan air ke tempat yang lebih tinggi harus lebih besar dari pada tekanan pada sisi keluaran air (P_3), karena harus melawan gaya gravitasi dan *head loss* (Rahkman, 2009).

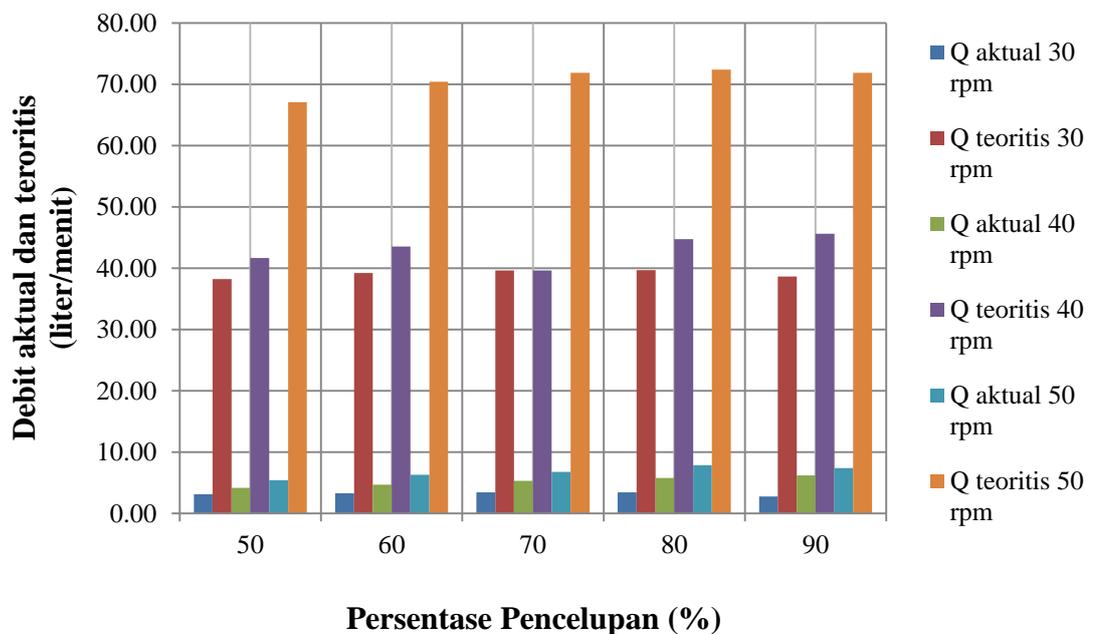
Kondisi tercelup *sling pump* 50% sampai 80% memiliki tekanan sisi masuk yang semakin bertambah untuk semua variasi kecepatan putaran, sedangkan pada kecepatan putaran 30 rpm dan 50 rpm terjadi penurunan tekanan

sisi masuk (P_1) pada kondisi tercelup 90 %. Purunan tekanan sisi masuk (P_1) ini disebabkan karena *head loss* di sepanjang aliran juga menurun. Pada kecepatan putaran 40 rpm mengalami peningkatan tekanan sisi masuk (P_1) yang semakin bertambah hingga kondisi *sling pump* tercelup 90 % didalam air. Hal ini dikarenakan penggunaan variasi kecepatan putaran 40 rpm dapat mengatasi *head loss* sepanjang aliran selang, seiring dengan bertambah besarnya tekanan sisi masuk maka debit yang dihasilkan *sling pump* juga akan bertambah besar.

Tekanan yang terjadi pada sisi masuk (P_1) berbeda dengan sisi keluar (P_3). Hal ini sesuai dengan persamaan *Bernaoulli* yang dapat dijelaskan bahwa semakin besar kecepatan fluida, maka tekanan yang terjadi akan semakin kecil. Semakin besar debit yang dialirkan, maka semakin kecil koefisien rugi-ruginya, dikarenakan semakin besar debit maka semakin besar pula kecepatan fluida.

4.5.3. Debit aktual dan Debit Teoritis

Perbandingan persentase pencelupan *sling pump* terhadap debit air teoritis dan aktual dengan variasi kecepatan putaran disajikan seperti pada grafik 4.4 di bawah ini:



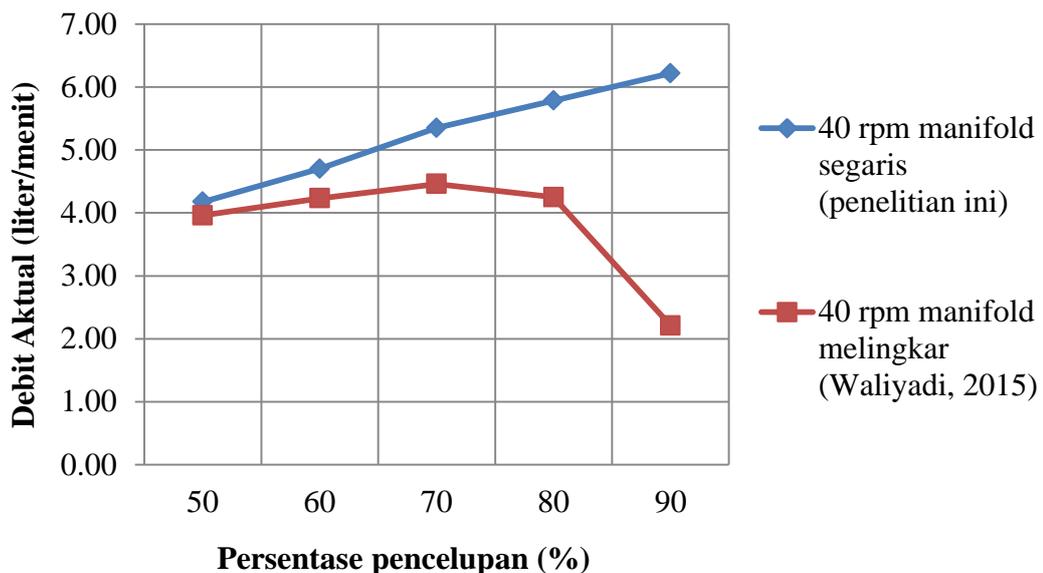
Grafik 4.4. Perbandingan debit aktual dan debit teoritis

Persentase pencelupan dan kecepatan aliran air pada masing-masing variasi kecepatan putaran *sling pump* berpengaruh terhadap debit aktual maupun debit teoritis seperti pada grafik 4.4. Perhitungan debit air berdasarkan pengukuran (Q_{aktual}) berbeda dengan perhitungan debit air berdasarkan perhitungan rumus ($Q_{teoritis}$). Pada grafik di atas terlihat perbedaan antara debit aktual yang ternyata rata-rata lebih rendah dibandingkan dengan debit teoritis. Sepanjang aliran pipa terdapat gelembung-gelembung udara, dimana gelembung udara ini akan menghambat aliran air sehingga debit aktual kecil.

Selain itu, debit aktual hanya menghitung volume air di dalam tempat penampungan dibagi dengan rata-rata waktu yang ditentukan sedangkan pada debit teoritis melibatkan kecepatan aliran, luas penampang, maupun tekanan yang menjadi indikator pengukuran debit air yang lebih kompleks sehingga hasil yang didapat lebih rendah dari debit air yang dihitung berdasarkan pengukuran (Q_{aktual}). Beberapa faktor yang mempengaruhi adalah kebocoran yang terdapat pada sambungan-sambungan pipa seperti *water mur* dan sambungan pipa *hollow shaft* juga menjadi penyebab menurunnya tekanan air disepanjang pipa dan putaran *sling pump* yang cepat menyebabkan air tidak masuk ke dalam lilitan selang melainkan kembali keluar atau semakin tinggi putaran *sling pump* maka semakin besar pula gaya *sentrifugalnya*.

4.5.4. Grafik Perbandingan Penelitian *Sling Pump Manifold Segaris* Dengan *Manifold Melingkr*

Hasil dari penelitian yang digambarkan dalam grafik diperoleh seperti pada grafik 4.5 di bawah ini:



Gambar 4.5. Perbandingan debit aktual dan persentase pencelupan pada penelitian *sling pump* dengan *manifold* segaris dan *manifold* melingkar

Sebelumnya juga dilakukan penelitian unjuk kerja *sling pump* oleh Waliyadi (2015) dengan variasi tinggi delivery dan persentase pencelupan. Penelitian yang dilakukan oleh Waliyadi (2015) menggunakan *manifold* melingkar dan tinggi *delivery* 1 m, sedangkan pada penelitian ini menggunakan *manifold* segaris dan tinggi *delivery* 1 m. Berdasarkan grafik 4.6 menunjukkan perbedaan debit yang dihasilkan sangat signifikan. Penelitian *sling pump* dengan *manifold* segaris menghasilkan debit air yang besar bila dibandingkan dengan penelitian *sling pump* dengan *manifold* melingkar. Pada *manifold* segaris terjadi peningkatan debit yang semakin bertambah dari kondisi pencelupan 50%-90% sedangkan untuk *manifold* melingkar terjadi penurunan debit pada kondisi pencelupan 70%-90%. Hal ini memberi pemahaman dalam pemilihan *manifold* pada *sling pump* mengingat manfaat dari *sling pump* adalah untuk mengalirkan air

dari tempat rendah ke tempat lebih tinggi. Penggunaan *manifold* segaris pada *sling pump* ternyata lebih efektif daripada *manifold* melingkar untuk ketinggian delivery 1 m.