

KAJIAN EKSPERIMENTAL *SLING PUMP* KERUCUT MENGGUNAKAN *WATER SWIVEL JOINT* SEBAGAI PENGGANTI *WATER MUR* DENGAN VARIASI KECEPATAN PUTAR

Awet Setiawan

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Teknik Mesin, Yogyakarta 55138, Indonesia

Awet.Setiawan@gmail.com

Intisari

Energi terbarukan di Indonesia perlu dioptimalkan, salah satunya adalah aliran sungai yang digunakan sebagai penggerak *sling pump*, yaitu pompa dengan lilitan selang dan komponen *propeller* untuk mengkonversi aliran sungai menjadi energi putaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi unjuk kerja *sling pump* dengan mengganti *water mur* yang bocor menggunakan *water swivel joint* dan mencari debit optimal dengan variasi kecepatan putar.

Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium menggunakan selang plastik 3/4". Jumlah lilitan 16, kondisi pencelupan 80%, Panjang pipa *delivery* 6 m dengan ketinggian 2 m. Kemudian *sling pump* diputar menggunakan motor listrik dengan variasi kecepatan putar 30, 40, dan 50 (rpm). Data yang diperoleh adalah debit air yang keluar.

Berdasarkan penelitian diketahui debit air optimal diperoleh pada kecepatan putar *sling pump* 50 rpm yaitu sebesar 7 liter/menit. Serta dari hasil pengujian diketahui bahwa penggunaan *water swivel joint* memiliki debit air yang lebih besar daripada *sling pump* yang menggunakan *water mur*.

Kata kunci: *Sling pump*, *water swivel joint*, variasi kecepatan putar.

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Energi fosil yang sering kita pakai sehari-hari semakin lama semakin berkurang atau menipis. Karena banyaknya pemakaian yang tidak terkontrol sehingga menimbulkan kelangkaan atau bahkan habis sama sekali. Untuk itu sekarang perlu dipikirkan adanya energi alternatif untuk pengganti dari energi yang biasanya sering dipakai. Salah satu pemanfaatan energi terbarukan adalah energi air.

Indonesia yang merupakan negara tropis, memiliki curah hujan yang sangat tinggi sehingga dijumpai banyak sungai, maka pemanfaatan aliran sungai dapat dikembangkan sebagai sumber energi. Pemanfaatan aliran sungai sudah banyak berkembang dan salah satunya untuk menggerakkan *sling pump*. *Sling pump* berfungsi untuk mengalirkan air dari satu tempat ke tempat lain dengan tanpa menggunakan energi listrik sama sekali.

Sling pump konstruksinya terdiri dari lilitan selang pada sebuah kerangka yang berbentuk baik kerucut maupun tabung. Bagian depan rangka terdapat komponen *propeller* yang berfungsi sebagai pengubah (konversi) energi kinetik aliran sungai menjadi energi putaran. Ketika *sling pump* berputar maka air akan masuk ke dalam selang dan ikut berputar. Akibat dari putaran lilitan selang tersebut, air yang berada dalam selang akan tertekan sehingga air termampatkan. Efek termampatkannya air di dalam selang, air dapat dialirkan ketempat yang lebih tinggi dari permukaan air sungai. Karakteristik khusus *sling pump* adalah untuk mengalirkan air dari elevasi rendah ke elevasi lebih tinggi, serta Karakteristik yang lain dari *sling pump* adalah terbatasnya debit dan *head* yang dihasilkan.

Penelitian tentang *sling pump* terus dilakukan guna memperoleh kinerja optimal. Sebelumnya unjuk kerja *sling pump* dengan menggunakan variasi Kecepatan Putar *sling pump* pernah diteliti oleh Kurniawan (2015) hasil yang diperoleh debit optimal pada

kecepatan 50 rpm dengan kondisi pencelupan 50% yaitu sebesar 4,71 liter/menit. Penelitian lain juga pernah dikembangkan oleh Purnama (2016) dengan variasi pencelupan dan kecepatan putaran *sling pump* serta menggunakan *manifold* sejajar. Hasil dari penelitiannya menunjukkan Debit air paling optimal diperoleh pada pencelupan 80% dengan kecepatan putaran *sling pump* 50 rpm yaitu sebesar 7,88 liter/menit.

Berdasarkan beberapa penelitian di atas, Tugas Akhir ini mengembangkan penelitian unjuk kerja *sling pump* dengan variasi kecepatan putar *sling pump* dan pengaruh penggunaan *water swivel joint* sebagai pengganti *water mur* terhadap debit yang dihasilkan. Hal ini dilakukan karena debit yang dihasilkan oleh penelitian sebelumnya masih relatif rendah. Sehingga dengan mengganti *water mur* menggunakan *water swivel joint*, kecil kemungkinan terjadinya kebocoran, dan diharapkan akan meningkatkan debit yang dihasilkan.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi unjuk kerja *sling pump* dengan mengganti *water mur* dengan *water swivel joint*.
2. Mendapatkan debit air yang optimal dengan variasi kecepatan putar terhadap penggunaan *water swivel joint*.
3. Membandingkan debit yang dihasilkan terhadap penelitian serupa yang pernah dilakukan.

2. Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

Rahkman (2009) pernah meneliti unjuk kerja *sling pump* dengan skala laboratorium. Penelitian ini menggunakan variasi kecepatan putar 30, 40, dan 50 rpm dengan pencelupan 50% di dalam air, menggunakan selang pastik 3/4". Hasil yang diperoleh adalah debit optimal sebesar 2.5 liter/menit pada putaran 50 rpm.

Syamsuddin (2015) meneliti unjuk kerja *sling pump* kerucut menggunakan variasi jumlah lilitan selang yaitu 5 lilitan, 6 lilitan, dan 7 lilitan. Dari hasil penelitian

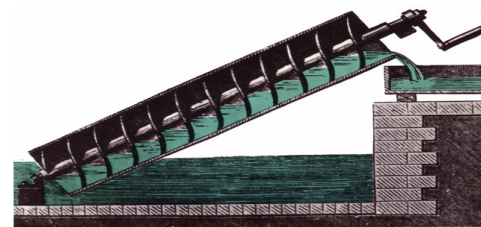
diperoleh debit terbesar pada jumlah lilitan 6, dengan debit air sebesar 7,29 liter/menit.

Kurniawan (2015) pernah melakukan penelitian unjuk kerja *sling pump* jenis kerucut menggunakan variasi kecepatan putar dan kondisi pencelupan 50-90%, serta ketinggian *delivery* 2 m. hasil diperoleh debit optimal pada kecepatan 50 rpm dengan kondisi pencelupan 50% yaitu sebesar 4,71 liter/menit.

Pada penelitian yang pernah dilakukan dengan menggunakan *water mur*, debit yang dihasilkan kurang optimal. Hal ini disebabkan oleh kebocoran yang terjadi pada *water mur*. Sehingga pada penelitian ini menggunakan *water swivel joint* untuk mengganti penggunaan *water mur*.

2.1. Pompa Ulir

Pompa *Screw* (ulir) pertama kali dikembangkan oleh *Archimedes*, ia menggunakan satu buah ulir untuk memindahkan air dari tempat yang rendah ke sawah-sawah untuk keperluan irigasi. Oleh karena hal inilah pompa ulir dengan satu ulir pada Gambar 2.1 disebut juga pompa ulir *Archimedes*.



Gambar 2.1. Pompa ulir *Archimedes*

Prinsip kerja pompa *Arcimedes* adalah fluida kerjanya masuk melalui sisi inlet pompa dipindahkan oleh ulir melalui sela-sela ulir ketika ujung engkol diputar.

2.2. Sling Pump

Sling pump merupakan pompa air bebas energi fosil untuk memompa dan mentransfer air. Berdasarkan prinsip kerja pompa *Archimedes*, diperlukan beberapa modifikasi untuk memperoleh suatu pompa yang bersifat *non* konvensional namun tidak memerlukan energi listrik. Modifikasi ini terfokus pada penggantian ulir pipa pompa dengan lilitan selang yang dililitkan ke

rangka pompa dan penggantian poros engkol pompa dengan sebuah *propeller*. Pompa ini memerlukan energi aliran untuk memutar *propellernya* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. *Sling pump*

Sling pump memiliki beberapa kelebihan yaitu ramah lingkungan, mudah dalam perawatannya dan mampu beroperasi terus menerus selagi ada aliran sungai. Sedangkan kekurangan *sling pump* yaitu debit yang dihasilkan tergantung oleh kecepatan arus sungai, dan *head* yang dihasilkan rendah.

2.3. Water Swivel Joint

Dalam industri pengeboran, mesin bor yang digunakan untuk melakukan pengeboran ke dalam *reservoir* bawah tanah untuk memperoleh air, minyak, atau gas bumi, membutuhkan komponen *water swivel joint*. Alat ini berfungsi untuk melewatkan fluida seperti air, lumpur, dari pompa menuju ke dalam stang bor ketika proses pengeboran, dan *water swivel joint* tidak ikut berputar ketika pipa bor diputar, seperti Gambar 2.3.



Gambar 2.3. *Water swivel joint*

Penggunaan *water swivel joint* pada penelitian ini dimodifikasi dengan prinsip yang sama terhadap komponen mesin bor tersebut untuk memindahkan air dari *sling pump* menuju *delivery*. Letak *water swivel joint* berada diantara kerangka *sling pump* dan pipa *delivery*.

2.4. Aliran *Laminar* Dan *Turbulen*

Aliran *laminar* adalah suatu aliran fluida yang partikel fluidanya bergerak disepanjang lapisan-lapisan. Aliran *turbulen* adalah aliran fluida yang partikel fluidanya bergerak tidak sejajar dan saling bersilangan satu sama lain sehingga terbentuk pusaran di dalam fluida.

$$Re < 2300 \quad = \text{Laminar}$$

$$2300 < Re < 4000 \quad = \text{Transisi}$$

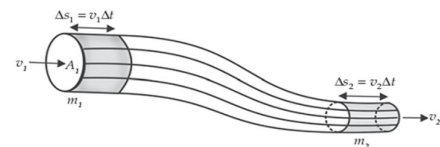
$$Re > 4000 \quad = \text{Turbulen}$$

$$Re = \frac{\rho \times V \times L}{\mu}$$

- Re : Bilangan *Reynolds*
- V : Kecepatan aliran (m/s)
- ρ : Massa jenis (kg/m^3)
- μ : Viskositas dinamik (kg/m.s)
- L : Panjang aliran

2.5. Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas merupakan salah satu penerapan hukum kelestarian massa.



Gambar 2.3. Aliran fluida *internal*

Pada suatu tabung alir seperti tampak pada Gambar 2.3. Air masuk dari ujung kiri dengan kecepatan v_1 dan keluar di ujung kanan dengan kecepatan v_2 . Jika kecepatan fluida konstan, maka dalam interval waktu Δt fluida telah menempuh jarak $\Delta s_1 = v_1 \Delta t$. Jika luas penampang tabung kiri A_1 maka massa fluida pada daerah yang diarsir adalah (Streeter, 1985).

$$m = \rho_1 \times v_1$$

$$m = \rho_1 \times A_1 \times \frac{x_1}{t}$$

$$m_1 = \rho_1 \times A_1 \times \Delta s_1 = \rho_1 \times A_1 \times v_1 \times \Delta t$$

Demikian juga untuk fluida yang terletak di ujung kanan tabung, massanya pada daerah yang diarsir adalah

$$m_2 = \rho_2 \times A_2 \times \Delta s_2 = \rho_2 \times A_2 \times v_2 \times \Delta t$$

Karena alirannya *steady* dan dan massa konstan, maka massa yang masuk penampang A1 harus sama dengan massa yang keluar A2. Sehingga menjadi.

$$\begin{aligned}\frac{m}{t} &= \dot{m} \\ \dot{m}_1 &= \dot{m}_2 \\ \rho_1 \times A_1 \times v_1 &= \rho_2 \times A_2 \times v_2 \\ A_1 \times v_1 &= A_2 \times v_2 = Q\end{aligned}$$

dengan, - Q : Debit (m³/s)
- v : Kecepatan aliran (m/s²)
- A : Luas penampang (m²)

2.6. Prinsip Bernoulli

Prinsip *Bernoulli* merupakan salah satu bentuk penerapan hukum kelestarian energi. Persamaan *Bernoulli* digunakan untuk menganalisa penurunan tekanan yang terjadi pada suatu aliran fluida akibat mengalami peningkatan kecepatan dan ketinggian fluida terhadap suatu referensi.

$$P + \rho \times g \times z_1 + \frac{1}{2} \times \rho \times v^2 = \text{tetap}$$

dengan, - v : Kecepatan fluida (m/s)
- g : Percepatan gravitasi bumi (m/s²)
- z : Ketinggian relatif (m)
- P : Tekanan fluida (Pa)

Persamaan diatas, disebut dengan persamaan *Bernoulli* yang digunakan untuk perhitungan aliran fluida ideal atau tanpa gesekan dan tak mampu mampat atau *incompressible*. Jika persamaan tersebut dikalikan dengan volum jenis (*Spesific Volume*) dari suatu fluida atau zat, maka persamaan *Bernoulli* akan menjadi:

$$\frac{P_1}{\rho} + g \times z_1 + \frac{1}{2} \times v_1^2 = \frac{P_2}{\rho} + g \times z_2 + \frac{1}{2} \times v_2^2$$

Selanjutnya, persamaan tersebut kembali dikalikan dengan percepatan gravitasi (1/g), maka bentuk persamaan *Bernoulli* menjadi:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2 \times g} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2 \times g}$$

2.7. Head Loss

Head Loss adalah kerugian tinggi tekan yang terjadi pada aliran internal dengan satuan meter. Aliran internal pada pemipaan sangat sering mengalami *head loss*. *Head loss* terjadi karena berbagai hal seperti

gesekan fluida dengan dinding pipa dan adanya hambatan pada pipa seperti belokan, percabangan, katup, dan lain sebagainya.

2.8. Head Loss Mayor

Head loss mayor merupakan kehilangan energi primer atau kehilangan energi akibat gesekan yang terjadi pada pipa lurus berdiameter konstan. Ada beberapa persamaan yang dapat digunakan dalam menentukan kehilangan longitudinal h_{LMY} apabila panjang pipa L meter dan diameter d mengalirkan kecepatan rata-rata V . Menurut White (1998), salah satu persamaan yang dapat digunakan adalah Persamaan Darcy-Weisbach yaitu: (Clifford, 1984)

$$h_{LMY} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

Dengan: - h_{LMY} : *Head loss mayor* (m)
- f : Koefisien gesek
- L : Panjang pipa (m)
- g : Percepatan gravitasi i (m/s²)
- D : Diameter dalam pipa (m)

Koefisien gesek (f) diperoleh berdasarkan bilangan *Reynolds* dan angka kekasaran relatif, sehingga koefisien gesek (f) dapat diketahui dari diagram *Moody*.

2.9. Head Loss Minor

Head loss minor merupakan kehilangan energi akibat perubahan penampang dan aksesoris lainnya. Misalnya terjadi pada pembesaran penampang (*expansion*), pengecilan penampang (*contraction*), dan belokan atau tikungan

$$h_L = K \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

Pada belokan dan katup, koefisien tahanan (K) merupakan fungsi dari (L_e/D), dan kekasaran relatif pipa (f).

$$h_L = f \times \frac{L_e}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

karena,

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

Dengan,

- h_L : *Head loss minor* (m)
- L_e : Panjang ekuivalen (m)
- D : Diameter komponen katup dan pipa (m)
- K : Koefisien tahanan

- f : Kekasaran relatif dari diagram *Moody*
- Untuk kerugian tinggi-tekan akibat penyempitan mendadak (*sudden contraction*) dapat dicari melalui persamaan:

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

Harga koefisien penyempitan (C_c) untuk air telah ditentukan oleh *Weishbach* pada Tabel koefisien kontraksi (C_c).

- Sedangkan kerugian tinggi-tekan akibat Pembesaran mendadak (*sudden expansion*)

$$h_l = \frac{v^2}{2 \times g} \times \left(1 - \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2\right)^2$$

3. Metode Penelitian

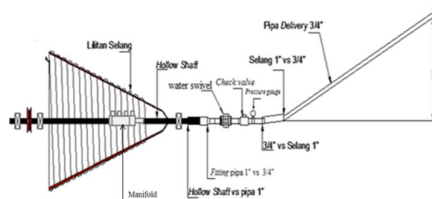
Dengan menggunakan *sling pump* skala laboratorium. Air dialirkan *sling pump* melalui selang 3/4'' menuju bak penampung pada ketinggian 2 m menggunakan variasi kecepatan putar seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Sling pump* skala laboratorium

3.1. Skema Alat Uji *Sling Pump*

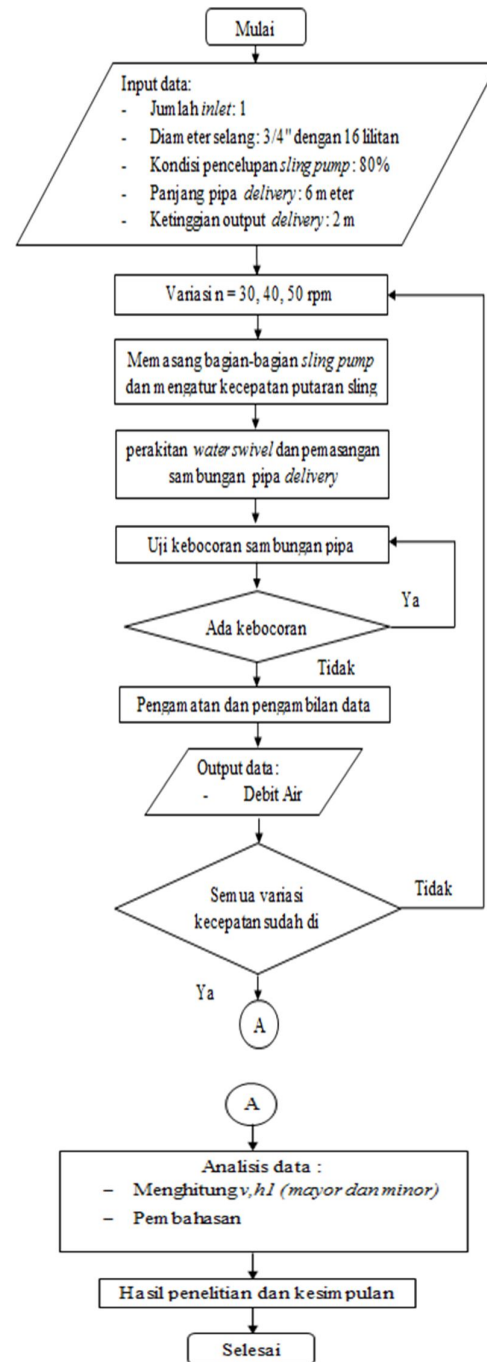
Berikut pada Gambar 3.1 skema alat uji *sling pump* dari sisi masuk ke sisi keluar.



Gambar 3.2. Skema alat uji *sling pump*

Sling pump di putar oleh motor listrik sehingga air masuk ke dalam lilitan selang. Kemudian air akan mengalir masuk ke sisi inlet pada *manifold* segaris, lalu air mengalir ke pipa *hollow shaft* menuju pipa *delivery*. Air yang keluar ditampung dengan bak penampungan pada ketinggian 2 meter.

3.2. Diagram alir



Gambar 3.21. Diagram alir penelitian

3.3. Tahap Input data

Input data ditentukan berdasarkan penelitian *sling pump* yang pernah dilakukan

oleh peneliti sebelumnya dengan beberapa variasi diantaranya:

1. Pemilihan selang plastik diameter 3/4", berdasarkan penelitian Wahyudi (2009) menyimpulkan bahwa ukuran selang terbaik pada selang berdiameter 3/4".
2. penggunaan 1 inlet dan 16 lilitan karena pada penelitian Rizky Irmansyah (2015), mendapatkan hasil debit maksimal 4,46 liter/menit dengan menggunakan 1 *inlet* dan 16 lilitan.
3. Kondisi pencelupan 80% dipilih berdasarkan penelitian Fahriansyah (2015) yang menunjukkan hasil maksimal dengan pencelupan 80%.
4. Pemilihan variasi kecepatan putar 30, 40, dan 50 rpm, serta panjang dan ketinggian *delivery* menyesuaikan dengan penelitian Kurniawan (2015) agar dapat dibandingkan hasil yang diperoleh.

4. Hasil dan Pembahasan

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 Sling Pump					
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

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 Delivery (3/4")	Belokan lekuk panjang (1")	Pipa (3/4")	Pipa (1")	Pipa Hollow shaft	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 loss mayor

Hasil perhitungan *head loss mayor* untuk variasi kecepatan 30, 40, dan 50 (rpm) disajikan dalam Tabel 4.3.

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

Kecepatan Putar (rpm)	Head Loss Mayor (h_f) (m)				Σ Head Loss Mayor (m)
	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

4.4. Perhitungan Head Loss Minor

Head loss minor menghitung kerugian tinggi tekan yang terjadi pada belokan, akibat penyempitan mendadak (*sudden contraction*), dan akibat Pembesaran mendadak (*sudden expansion*).

Hasil perhitungan head loss minor untuk kecepatan putar 30, 40, dan 50 (rpm) 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_i) (m)</i>		
		Lilitan Selang	Belokan Permukaan Selang	Belokan Balik Berdekatan
30	80	0,139	0,00134	0,00494
40		0,386	0,00441	0,0161
50		0,482	0,00565	0,02

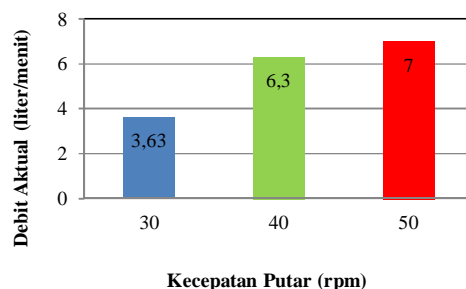
<i>Head Loss Minor (h_i) (m)</i>			
Penyempitan Selang vs <i>Hollow Shaft</i>	Pembesaran <i>Hollow Shaft</i> vs Pipa 1"	Penyempitan 1" vs Pipa 3/4" <i>Water Swivel</i>	Pembesaran Pipa 3/4" vs Belokan Selang 1"
0,000361	0,000191	0,000163	0,0000313
0,00116	0,000583	0,000521	0,000103
0,00149	0,000758	0,000137	0,000137

<i>Head Loss Minor (h_i) (m)</i>		Σ <i>Head Loss Minor (h_i) (m)</i>
Belokan Pipa <i>Delivery</i>	Penyempitan Belokan Selang vs <i>Delivery</i>	
0,0175	0,0000966	0,163
0,0567	0,000313	0,465
0,07	0,000386	0,58

4.5. Pembahasan Berdasarkan Grafik

a. Debit Aktual

Hasil dari penelitian digambarkan pada Gambar 4.1. yang diperoleh berdasarkan pengukuran debit.



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

b. Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

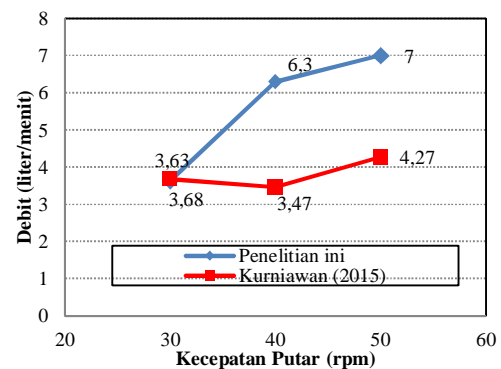
Tabel 4.5. Tabel perbandingan Q aktual penelitian sekarang dengan Q aktual yang dihasilkan oleh Kurniawan (2015).

Putaran (rpm)	Penelitian ini	Penelitian Kurniawan (2015)
	Q _{aktual} (liter/menit)	Q _{aktual} (liter/menit)
30	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

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa dengan mengganti *water mur* dengan *water swivel joint* berpengaruh pada debit yang dihasilkan, Debit maksimum yang dihasilkan pada kecepatan putar 50 rpm memiliki perbedaan yang cukup jauh berbeda yaitu 7 liter/menit berbanding 4,27 liter/menit.

5. Penutup

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kecepatan putaran *sling pump* merupakan faktor yang berpengaruh terhadap debit yang dihasilkan. Semakin besar kecepatan putar *sling pump* semakin besar pula debit yang dihasilkan.
2. Pada kecepatan putar 50 rpm, gaya *sentrifugal* yang terjadi besar sehingga kondisi ini menyebabkan air dalam penampungan banyak yang terbuang keluar, akan tetapi kecepatan ini masih direkomendasikan karena menghasilkan debit yang relatif besar.
3. Penelitian *sling pump* menggunakan *water swivel joint* sebagai pengganti *water mur* dapat mengatasi kebocoran pada *sling pump*. Pada kecepatan putar 50 rpm dengan ketinggian *delivery* 2 m debit air mencapai 7 liter/menit, sedangkan penelitian sebelumnya 4,27 liter /menit.

5.2. Saran

1. Bila ada penelitian lebih lanjut, diharapkan untuk aliran dalam pipa disimulasikan menggunakan *software* sehingga perhitungan menggunakan 2 fasa.
2. Untuk penelitian lebih lanjut diharapkan dapat di buat ulang versi *sling pump* untuk aliran sungai sehingga dapat bermanfaat bagi masyarakat yang belum dialiri listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Clifford, G. E., 1984. "*Heating ventilating and air conditioning*", Reston Publinsing company, America.
- Giancoli, D. C., 1996. "*Fisika*", Edisi Keempat, Erlangga. Jakarta.
- Giles, R.V., 1997. "*Mekanika Fluida Dan Hidraulika*", Erlangga. Jakarta.
- Irmansyah, R., 2015. "*Studi Eksperimental unjuk kerja sling pump jenis kerucut dengan variasi pengecelupan dan jumlah inlet menggunakan lilitan selang plastik dan redesain manifold*", UMY, Yogyakarta
- Kurniawan, D. E., 2015. "*Kajian Eksperimental Pengaruh Variasi Kecepatan Putar Sling Pump Jenis Kerucut Dan Kondisi Pencelupan Terhadap Unjuk Kerjanya*", UMY, Yogyakarta.
- Munson, B. R., Young, D.F., Okiishi, T.H., 2003. "*Mekanika Fluida*", Edisi ke-4, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Olson, R. M., Wright, S. J, 1990. "*Dasar-Dasar Mekanika Fluida Teknik*", Edisi Kelima. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Purnama, H. E., 2016. "*Investigasi Unjuk Kerja Sling Pump Jenis Kerucut Dengan Variasi Kecepatan Putar dan Kondisi Pencelupan Menggunakan Manifild Segaris*", UMY, Yogyakarta.
- Streeter, V. L., Wylie, E. B., 1985. "*Mekanika Fluida*", Edisi delapan jilid satu, Erlangga, Jakarta.
- Sularso, Tahara, H., 2006. "*Pompa dan Kompresor*", Cetakan ke-7, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sularso, Kiyokatsu, S., 1997. "*Dasar perencanaan dan penelitian Elemen Mesin*", Cetakan ke-9, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Syamsuddin, 2015. "*Studi Eksperimental Unjuk Kerja Sling Pump Jenis Kerucut dengan Variasi Jumlah Lilitan Selang Plastik dan Presentase Pencelupan*", UMY, Yogyakarta.
- White, F. M., 1998. "*Fluida Mechanics*", 4th ed, Mc. Graw-Hill, New York.