

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MODEL *SLING PUMP* JENIS KERUCUT UNTUK APLIKASI DI SUNGAI

(Design and Model Making of The Cone Type Sling Pump For River Application)

EKO RATMONO, MUHAMMAD NADJIB, TITO HADJI AGUNG S*

*Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik UMY

ABSTRACT

Indonesian including areas that have abundant water supply so that from this energy can be utilized in order to diversify energy. One of the tools that utilize water energy is a sling pump. The equipment consists of propellers, to twist, coil pipe and pipe delivery. Sling pump can be applied as irrigation, fish ponds, ponds and fields. Until now sling pump has not been used by many people because it is still in development. For that need to be made sling pump model that will be applied in a river. Model can be used to study the performance of the experimental study of cone sling pump with pipe diameter variations, variations in the number of inlet pipe, variations in the number of coils of pipe, variations in the height of delivery. Model making sling pump preceded by a planning which includes a survey of the river flow velocity, determining the rotation speed, dimensions sling pump, the selection of propellers, shafts, bearings, rotary seals, tools and measuring instruments vest. After the sling pump components are assembled, they were tried in the river to check in case of leakage in the rotary seal. If the sling pump has worked well, done taking the data in the form of water discharge and water pressure output. The materials used in making the framework sling pump is a solid aluminum pipe with a diameter of 8 mm, size of frame length 62.7 cm, diameter 47 cm large and small diameter of 13.82 cm. Models made slings pump has been operating well in the rivers. Based on experiments performed, the result is an average discharge of 5.915 liters / min, the hydraulic efficiency of 75.83% and 9% efficiency sling pump.

Keywords: cone-type sling pump, water flow energy, coil hose, water discharge, hydraulic efficiency.

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Saat ini sumber energi fosil yang terdapat di bumi kita sangat terbatas dan pada suatu saat akan habis. Oleh karena itu berbagai penelitian dilakukan para peneliti untuk menemukan sumber energi di luar energi fosil, sebagai sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sesuai kebutuhannya. *Sling pump* adalah salah satu pompa alternatif energi terbarukan dengan konstruksi lilitan selang yang memanfaatkan aliran sungai sebagai sumber penggerakannya. Pada bagian depan *sling pump* terdapat komponen *propeller* yang berfungsi sebagai pengubah (konversi) energi kinetik aliran air sungai menjadi gerak putaran. Efek dari putaran *sling pump* menyebabkan lilitan selang akan merauk air secara terus-menerus sehingga menimbulkan gaya tekan dan laju aliran massa air di sepanjang lilitan selang. Akibatnya, air dapat mengalir ke tempat yang elevasinya lebih tinggi dari elevasi aliran sungai melalui sebuah pipa *delivery*. Mengingat bahwa topografi sungai di Indonesia sangat mendukung, maka perlu dilakukan perancangan dan pembuatan *sling pump* guna diaplikasikan di sungai.

2. Rumusan Masalah

Energi aliran air sungai yang tersedia melimpah di Indonesia merupakan salah satu

potensi energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk irigasi. Alat yang digunakan diantaranya adalah *sling pump*. Mengingat penelitian dan aplikasi alat ini di lapangan yang masih minim, maka perlu dilakukan pengembangan alat tersebut.

3. Batasan Masalah

Agar tidak keluar dari tema perancangan dan pembuatan model *sling pump* jenis kerucut untuk aplikasikan di sungai, maka dibuat batasan masalah sebagai berikut :

1. Propeler tidak masuk dalam perancangan.

2. Sudut kemiringan kerucut *sling pump* adalah 15° .
3. Dimensi *sling pump* hanya disesuaikan agar dapat digunakan untuk penelitian.

4. Tujuan

Tujuan dari rancangan dan pembuatan model *sling pump* jenis kerucut untuk aplikasi di sungai adalah sebagai berikut:

1. Diperolehnya hasil rancangan model *sling pump*.
2. Terlaksananya pembuatan model *sling pump*.
3. Terlaksananya uji coba model *sling pump*.
4. Mendapatkan parameter-parameter penting dalam desain *sling pump* untuk pengembangan selanjutnya.

5. Manfaat

Perancangan dan pembuatan model *sling pump* ini dapat diambil manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi dan menambah referensi tentang aplikasi *sling pump* jenis kerucut.
2. Menyediakan alat untuk penelitian selanjutnya.
3. Membantu pengembangan teknologi *sling pump* sebagai salah satu alat energi terbarukan.
4. Memperkaya ketersediaan alat di Laboratorium yang dapat membantu promosi Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

LANDASAN TEORI

1. PENDAHULUAN

Pada kisaran tahun 287–212 SM seorang yang bernama *Archimedes* menemukan piranti untuk memindahkan air dari danau ke saluran irigasi pertanian *Syracuse* di *Sicily*. Alat ini kemudian dikenal dengan sebutan "*Archimedean Screw Pump*".

Mekanisme kerja *Archimedean Screw Pump* adalah dengan putaran ujung engkol, maka air akan naik dari ketinggian elevasi rendah ke elevasi yang lebih tinggi.

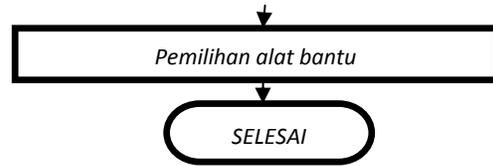
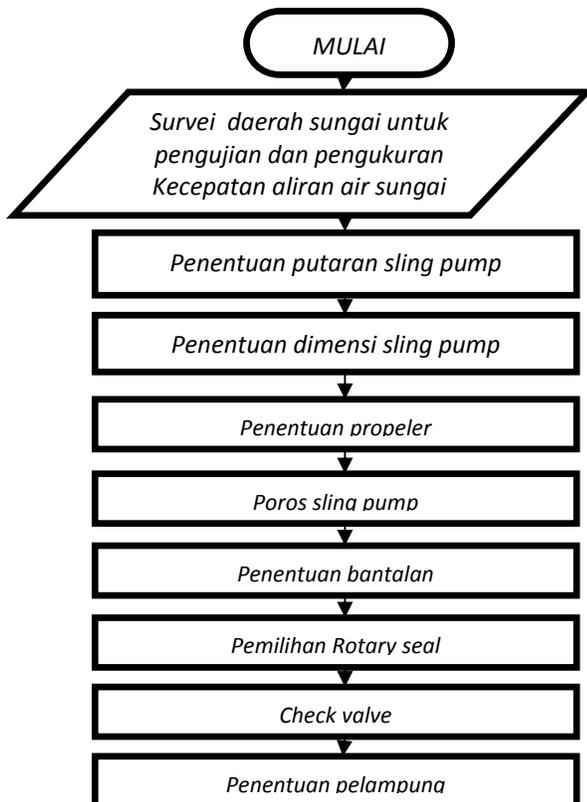
Dari prinsip kerja tersebut, diperlukannya beberapa modifikasi untuk memperoleh

sebuah pompa yang bersifat *non* konvensional serta tidak memerlukan energi dari minyak bumi. Pemodelan tersebut difokuskan pada penggantian ulir pompa dengan lilitan selang yang dililitkan ke rangka pompa, dan penggantian poros engkol dengan sebuah *propeler*.

Dengan adanya putaran *propeler*, maka selang sebagai pengganti ulir akan merauk air dan udara secara terus-menerus sehingga terjadi tekanan dan laju aliran massa air di sepanjang lilitan selang, sehingga air akan berpindah dari daerah yang elevasinya rendah menuju daerah yang elevasinya lebih tinggi. Pompa hasil modifikasi ini disebut dengan *sling pump*.

PERANCANGAN SLING PUMP JENIS KERUCUT

1. DIAGRAM ALIR PERANCANGAN SLING PUMP



Gambar 3.1. Diagram alir perancangan *sling pump* untuk aplikasi di sungai

2. PENGUKURAN KECEPATAN ALIRAN AIR SUNGAI

Sungai yang dipilih untuk pengujian *sling pump* adalah sungai Bedog yang terletak di dusun Patuk, desa Banyuraden, kecamatan Gamping, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Alasan pemilihan sungai Bedog sebagai tempat pengujian *sling pump* ini adalah lokasi sungai yang mudah di jangkau, lebar sungai cukup untuk pengujian *sling pump*, aliran air dan kedalaman sungai stabil. Hasil pengambilan data kecepatan air sungai adalah seperti pada tabel berikut:

Tabel 3.1. Data hasil pengukuran kecepatan air sungai Bedog.

No. Percobaan	Panjang lintasan, l (m)	Waktu, t (second)	Kecepatan, v (m/s)
1	10	12,30	0,81
2	10	13,00	0,77
3	10	14,63	0,68
4	10	16,24	0,62
5	10	12,95	0,77
6	10	12,11	0,83
7	10	15,51	0,64
8	10	12,37	0,80
9	10	12,69	0,78
10	10	14,73	0,67
Jumlah waktu		$\sum t = 136,53$ second	$\sum v = 7,37$ m/s

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

➤ Waktu tempuh (t) rata-rata:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{n=1}^{10} t}{10} = \frac{136,53}{10} = 13,653 \text{ s}$$

➤ Kecepatan (v) rata-rata aliran air sungai:

$$\bar{v} = \frac{\sum_{n=1}^{10} v}{10} = \frac{7,37}{10} = 0,737 \frac{m}{s}$$

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

$$v = \bar{v} \cdot f_c \Rightarrow 0,737 \frac{m}{s} \times 1,2 = 0,884 \frac{m}{s}$$

Debit aliran air sungai yang akan dipakai hanya seluas bidang *propeller* yang tercelup air. *Propeller* berbentuk lingkaran dengan diameter (d) = 60 cm, yang terdiri dari 5 buah *blade*. Direncanakan *propeler* hanya tercelup air 5 cm dibawah titik tengah poros.

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

$$A = L_{\text{swept area}} = \frac{2827}{3600} \times 161^0 - \left(2 \times \frac{1}{2} \times \frac{5}{\tan 9,5} \times 5 \right) = 1114,9 \text{ cm}^2$$

Selanjutnya akan diperoleh daya air sungai, yaitu sebesar:

$$P_{\text{air}} = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times v^3$$

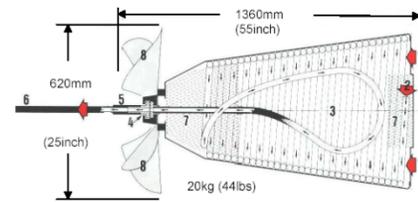
$$= \frac{1}{2} \times 1000 \frac{kg}{m^3} \times 0,11149 \text{ m}^2 \times \left(0,884 \frac{m}{s} \right)^3$$

$$P_{\text{air}} = 38,5 \text{ Joule/s} = 38,5 \text{ Watt}$$

Agar mempermudah analisa sub bagian penelitian dan untuk menjaga keseragaman data, maka kecepatan putar *sling pump* ditentukan. Untuk data awal kecepatan putaran adalah 27 rpm.

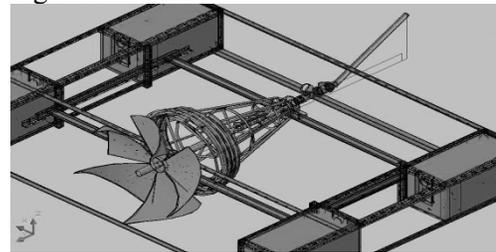
3. DIMENSI SLING PUMP

Sumber referensi sebagai dasar dalam perancangan dan pembuatan *sling pump* jenis kerucut untuk aplikasi di sungai adalah dari *Canadian Industrial Pumps*.



Gambar 3.2. Referensi dasar perancangan dan pembuatan *sling pump* Sumber: <http://www.riferam.com/sling/indek.html>.

Dalam perancangan dan pembuatan *sling pump* jenis kerucut untuk aplikasi di sungai saat ini, arah lilitan selang tetap disesuaikan dengan sumber referensinya. Dimensi rencana *sling pump* model kerucut adalah sebagai berikut:



Gambar 3.3. Rencana konstruksi *sling pump* Untuk Aplikasi di Sungai.

Material yang dibutuhkan dalam pembuatan *sling pump* jenis kerucut untuk aplikasi di sungai adalah sebagai berikut:

1. Pipa pejal Aluminium.
2. Plat aluminium
3. Selang.
4. Pipa *delivery*.
5. Besi segi empat berlubang guna dudukan *sling pump*.
6. Besi siku berlubang guna rangka pelampung.
7. Besi siku guna penghubung rangka *sling pump*.

4. Propeler

Dalam perancangan dan pembuatan *sling pump* jenis kerucut untuk aplikasi di sungai dibutuhkan sebuah *propeler* sebagai pengubah *energi kinetik* aliran air sungai menjadi gerak putaran. Perlu dilakukan analisa seluruh beban, gaya, dan daya *sling pump* ketika dioperasikan.

3.4.1. Perhitungan gaya air di dalam selang

Gaya-gaya air ketika masuk selang hingga keluar melalui pipa *delivery* merupakan akibat adanya tekanan air di sepanjang aliran. Untuk mengetahui gaya tekan air yang bekerja di sepanjang lilitan selang dan pipa *delivery*, maka terlebih dahulu dicari faktor-faktor kehilangan energi di sepanjang penampang aliran.

3.4.1.1. Perhitungan *head loss* (h_L)

Sebelum dilakukan analisis kerugian aliran, terlebih dahulu dilakukan pengambilan sampel air di sungai Bodog. Pengambilan sampel air ini bertujuan untuk mengetahui suhu air yang kedepan akan digunakan dalam pengujian *sling pump*. Setelah diuji dengan menggunakan termometer sampel air tersebut berada pada kondisi antara $\pm 27-28$ °C. Ukuran nominal diameter selang pelastik yang digunakan adalah 1".

Untuk mencari kerugian aliran di sepanjang penampang *sling pump*, maka terlebih dahulu dianalisa kecepatan aliran air di sepanjang lilitan selang dan pipa *delivery*.

$$v = n \times \bar{R}_s$$

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

Dengan: \bar{R}_s : Jari-jari rata skema lilitan selang *sling pump* (cm), v : Kecepatan aliran (m/s), n : Putaran *sling pump* (rpm).

$$\bar{D}_s = \frac{49,64 + 42,94}{2} = 46,29 \text{ cm}$$

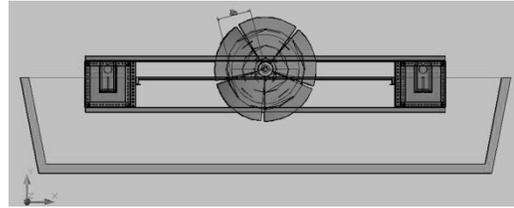
$$= 46,29 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\bar{R}_s = \frac{46,29 \times 10^{-2}}{2} = 0,23145 \text{ m}$$

Dengan demikian, kecepatan aliran air di dalam selang adalah sebagai berikut:

$$v = \left(27 \times \frac{\text{put}}{1 \text{ menit}} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{\text{put}} \times \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ s}} \right) \times 0,23145 \text{ m}$$

$$= 0,655 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



Gambar 3.4. Skema *sling pump* tercelup air.

Sedangkan volum (V) air pada lilitan selang pertama *sling pump* menurut gambar (3.13) adalah:

$$Q = \frac{n(\text{rpm}) \times V(\text{m}^3)}{60 \text{ s}}$$

Dengan: Q : Debit (m^3/s), V : Volum air (m^3)

Panjang air berada di dalam lilitan selang pertama adalah sama dengan panjang busur lingkaran yaitu:

► Panjang air di dalam selang:

$$L_{\text{air}} = \frac{\alpha}{360^\circ} \times \pi d_i$$

Dengan α adalah: $\alpha = 180^\circ - (2 \times \theta)$

Sedangkan θ adalah:

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{y}{R_s} \right) = \sin^{-1} \left(\frac{5 \text{ cm}}{23,145 \text{ cm}} \right) = 12,48^\circ$$

$$\alpha = 180^\circ - (2 \times 12,48^\circ) = 155,04^\circ$$

$$L_{\text{air}} = \frac{155,04^\circ}{360^\circ} \times (\pi \times 46,29 \text{ cm}) = 62,63 \text{ cm}$$

► Luas penampang selang:

$$A_p = \frac{\pi}{4} \times d_i^2 = \frac{\pi}{4} \times (2,425)^2 = 4,62 \text{ cm}^2$$

► Volum air di dalam selang:

$$V = A_p \times L_{\text{air}}$$

$$V = 4,62 \text{ cm}^2 \times 62,63 \text{ cm} = 289 \text{ cm}^3$$

Setelah diketahui volum air ketika masuk pada lilitan selang pertama, maka debit teoritis (Q) adalah sebagai berikut:

$$Q_s = n \times V_s$$

Keterangan: n : jumlah siklus putaran (Rpm), V_s : volume air dalam selang (cm^3)

Sehingga:

$$Q_s = 27 \text{ Rpm} \times 289 \text{ cm}^3$$

$$Q_s = 7803 \text{ cm}^3 / \text{menit}$$

= 7,8 liter/menit

A. Rugi-rugi aliran dari selang *input* (P_1) hingga *pressure gauge* (P_2)

Total kerugian aliran pada interval P_1 dan P_2 adalah:

$$\begin{aligned} \sum h_{L(1-2)} &= h_{LMY} + h_{LM} \\ \sum h_{L(1-2)} &= 0,00875 + 0,259 + 0,00117 + 0,00139 + \\ &0,002818 + 0,00059 + 0,0530 + 0,0366 + \\ &0,001457 + 0,001 \\ \sum h_{L(1-2)} &= 0,365734 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, total kerugian aliran pada interval P_1 sampai dengan P_2 adalah sebesar 0,365734 meter.

B. Rugi-rugi aliran ($h_{L(2-3)}$) pada interval *pressure gauge* (P_2) hingga ke pipa *delivery output* (P_3)

Total kerugian aliran pada interval P_2 hingga P_3 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sum h_{L(2-3)} &= h_{LMY} + h_{LM} \\ \sum h_{L(2-3)} &= 0,000264 + 0,000148 + 0,002395 \\ &+ 0,000339 + 0,00133 + 0,000158 + 0,0048 \\ &+ 0,003065 + 0,01598 + 0,008311 + 0,00000049 \\ &+ 0,3074 \\ \sum h_{L(1-2)} &= 0,34418949 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, total kerugian aliran pada interval P_2 sampai dengan P_3 adalah sebesar 0,34418949 m.

Dengan demikian tekanan P_2 teoritis dapat dicari melalui persamaan (2.24), yaitu:

$$H_2 = H_3 + h_{L(2-3)}$$

$$\frac{P_2}{\gamma} + z_2 = \frac{P_3}{\gamma} + z_3 + h_{L(2-3)}$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = \frac{P_3}{\gamma} + (z_3 - z_2) + h_{L(2-3)}$$

Titik P_3 merupakan tekanan atmosfer yaitu tekanannya adalah sebesar 1 atm (*absolute*) = 0 bar (*gauge*) sehingga: $P_{2(gauge)} = \gamma(z_3 - z_2) + h_{L(2-3)}$

$$P_2 = 996,59 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \left[(2\text{m} - 0,05\text{m}) + 0,34418949\text{m} \right]$$

$$P_2 = 22429 \text{ Pa (gauge)} = 0,22 \text{ bar (gauge)}$$

Selanjutnya, dengan menggunakan persamaan (2.24) tekanan pada titik isap (P_1) adalah:

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma} = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} = h_{L(1-2)}$$

$$P_1 = P_2 + (\rho \cdot g \times h_{L(1-2)})$$

$$P_1 = 22429 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} + \left(996,59 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,365734\text{m} \right)$$

$$P_1 = 35781 \text{ Pa (gauge)} = 0,36 \text{ bar (gauge)}$$

Selanjutnya pemilihan manometer skala indikator tekanan (*pressure gauge*) pada titik 2 adalah sebagai berikut:

$$P_{bar} = 996,59 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 2\text{m}$$

$$P_{bar} = 19553,0958 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0,195\text{bar (gauge)}$$

Skala tekanan yang digunakan sebagai referensi adalah tekanan *bar*. Dari pasaran diperoleh spesifikasi indikator skala tekanan (*pressure gauge*) dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Merek : Wipro
- Skala tekanan: 0 – 3 bar atau 0 – 38 lb/in²

Jika pada tekanan titik isap (P_1) dalam terukur (*gauge*) dijadikan ke satuan mutlak (*absolute*), maka:

$$1 \text{ bar} = 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}, \text{ sehingga } P_1$$

$$P_1 = 0,36 + 1 \text{ atm (absolute)} = 1,36 \text{ Pa (absolute)}$$

Selanjutnya, dengan menggunakan hukum *Pascal* gaya air ketika masuk ke lilitan selang adalah sebagai berikut:

$$P_1 = \frac{F}{A} \Rightarrow F = P_1 \times A$$

Dengan,

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} \times (2,425 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2 = 0,00046 \text{ m}^2$$

$$F = 1,36 N / m^2 \times 46 m^2 = 62,56 N$$

Torsi akibat gaya air yang mengalir di sepanjang selang adalah:

$$T = F \times L, \text{ sehingga } T = F \times \bar{R}_s$$

$$T = 62,56 N \times 0,23145 m = 14,48 N.m$$

Selanjutnya, daya rencana yang ditransmisikan ke poros *sling pump* (P) adalah:

$$P = T \times n$$

$$= 14,48 N.m \times \left(27 \times \frac{\text{put}}{1 \text{ menit}} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{\text{put}} \times \frac{1 \text{ menit}}{60 s} \right)$$

$$= 40,94 \text{ watt}$$

Head total *sling pump* ($H_{sling pump}$) adalah:

$$H_{Pump} = \frac{\Delta P}{\gamma} + z + h_{Ltotal}$$

$$H_{Pump} = \frac{(0,655 - 1,06 m/s)^2}{(2 \times 9,81 m/s^2)} + 2m + 0,71m$$

$$= 2,718 m$$

Sedangkan daya air efektif (P_w) *sling pump* melalui persamaan (2.34) adalah:

$$P_w = \rho \times g \times Q \times H_{pump}$$

$$P_w$$

$$= 996,59 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 1,305 \cdot 10^{-4} \frac{m^3}{s} \times 2,718 m$$

$$= 3,468 \text{ Watt}$$

Jadi, daya efektif yang diterima oleh air sebagai energi untuk mengalir dari elevasi rendah ke elevasi lebih tinggi adalah sebesar 3,468 Watt dari daya *sling pump* sebesar 40,94 Watt.

5. POROS SLING PUMP

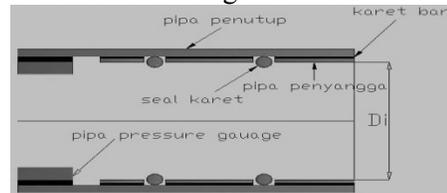
Poros *sling pump* terdiri dari dua bentuk poros yaitu poros pejal dan poros berongga (*hollow shaft*).

6. BANTALAN

Bantalan yang digunakan adalah bantalan gelinding. Nomor nominal bantalan dipilih berdasarkan pada diameter poros *sling pump* yaitu 32 mm.

7. ROTARY SEAL

Rotary seal adalah komponen penghubung antara poros berongga yang berputar dengan pipa *pressure gauge*. Skema dari *rotary seal* yang akan digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.5. Belahan penampang *rotary seal*

Konstruksi dari sambungan pipa jenis *rotary seal* ini terdiri dari dua buah belahan pipa guna penutup, pipa penyangga, karet ban, dan terdapat *seal* karet yang berfungsi untuk memampatkan air agar tidak bocor melalui celah antara poros dengan pipa penyangga.

Dalam aplikasinya, poros berongga memiliki gerak putaran. Jadi, dengan konstruksi *rotary seal* seperti yang telah disebutkan di atas maka pipa penyangga dan pipa penutup yang sudah dilapisi dengan karet ban akan tetap diam dan *seal* akan berputar bersamaan dengan poros.

8. CHECK VALVE

Check valve adalah komponen yang digunakan untuk mencegah arus balik dari *delivery*.

9. PELAMPUNG

Sling pump jenis kerucut untuk aplikasi di sungai pengaplikasiannya adalah dioperasikan di sungai maka membutuhkan sebuah pelampung guna mengapungkan *sling pump* di air. Agar tidak salah dalam pemilihan pelampung maka dilakukan penjumlahan seluruh beban yang akan ditopang oleh pelampung. Berat keseluruhan rangkaian *sling pump* ini adalah 35 Kg.

Agar dapat mendapatkan gaya keatas untuk mengapungkan rangkaian *sling pump*.

$$F_a = \rho_f V_{bt} g \longrightarrow F_a = W$$

$W = \text{berat benda.}$
 $= 35 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 343,35 \text{ N}$
 $343,35 \text{ N} = 996,59 \text{ kg/m}^3 \times V_{bt} \times 9,81 \text{ m/s}^2$
 $V_{bt} = \frac{343,35 \text{ N}}{996,59 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \text{ m/s}^2}$
 $V_{bt} = 0,03512 \text{ m}^3 = 35,12 \text{ liter}$

Jadi untuk mengapungkan *slin pump* dalam air memerlukan sebuah pelampung dengan ukuran 35,12 liter. Agar *sling pump* dapat mengapung dengan posisi seimbang maka tiap-tiap pelampung berukuran 8,78 liter.

10. ALAT BANTU

Alat bantu yang digunakan pada penelitian ini terdiri-dari:

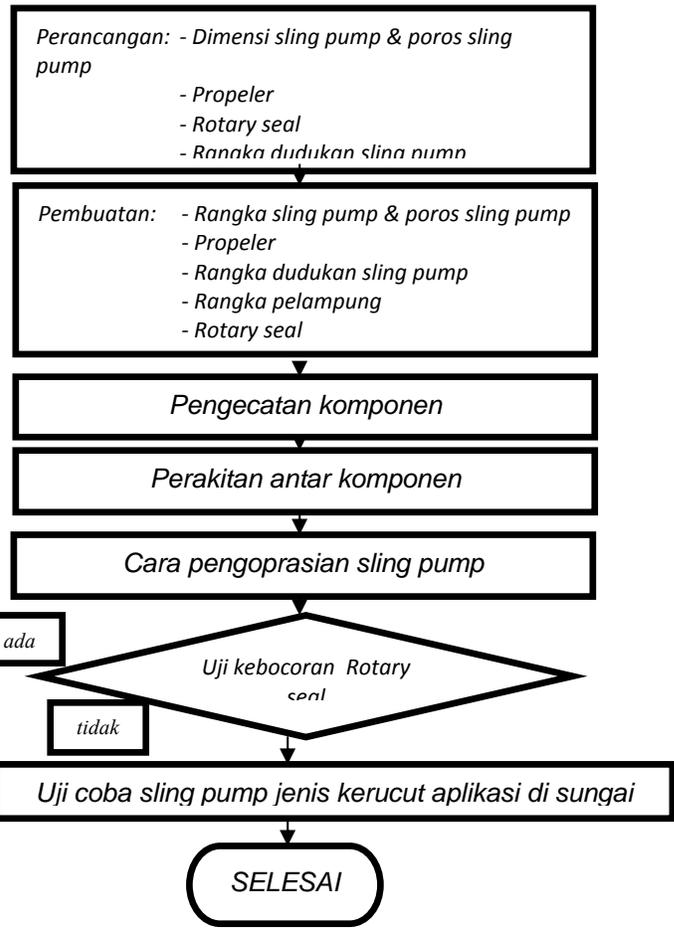
- 1) Ember penampung
Ember penampung digunakan untuk menampung air hasil kerja *sling pump*.
- 2) Termometer
Termometer digunakan untuk mengukur suhu air sungai.
- 3) Meteran
Meteran digunakan untuk mengukur ketinggian *delivery* dan jarak pada pengukuran kecepatan arus sungai.
- 4) Gelas Ukur
Gelas ukur digunakan untuk mengukur kapasitas air yang dihasilkan dari kerja *sling pump*.

FABRIKASI PEMBUATANDAN

UJI COBA SLING PUMP

1. DIAGRAM ALIR FABRIKASI

Setelah proses perancangan dilakukan maka tahap selanjutnya adalah proses fabrikasi yang secara garis besar terdapat dalam diagram alir sebagai berikut:



Gambar 4.1. Diagram alir fabrikasi dan perakitan *sling pump*

2. PEMBUATAN RANGKA SLING PUMP

Rangka *sling pump* dibuat di bengkel tepat guna yang terletak di daerah ring road barat Yogyakarta.. Bahan poros tersebut menggunakan pipa pejal aluminium sepanjang 100 cm. Untuk mendapatkan ukuran diameter poros $d_o = 3,2 \text{ cm}$ yang sesuai dengan gambar maka dilakukan pembubutan menggunakan mesin bubut. Setelah dilakukan pembubutan, pipa pejal aluminium sepanjang 100 cm dilakukan pengeboran sedalam 40 cm dengan $d_i = 2 \text{ cm}$ untuk poros berlubang. Pada ujung sebelah dalam poros berlubang, dilakukan pembubutan guna pembuatan manipol inlet dengan diameter dalam $d_i = 2 \text{ cm}$, pada sisi luar lubang manipol inlet diberi tambahan dudukan guna pemasangan konektor dari lilitan slang ke manipol.

3. PEMBUATAN PROPELER SLING PUMP

Bahan yang digunakan untuk membuat *propeler* adalah plat aluminium dengan tebal

3 mm dan diameter lingkaran 60 cm. Dipilih menggunakan plat aluminium karena plat ini mudah untuk dibentuk tetapi tidak mudah lentur dan tekstur permukannya halus jadi dapat mengurangi rugi-rugi gesekan terhadap aliran arus air.

4. PEMBUATAN RANGKA DUDUKAN SLING PUMP

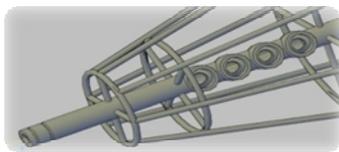
Pada pembuatan rangka dudukan *sling pump*, dibuat di Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin UMY. Hal ini karena dalam pembuatan komponen-komponen tersebut tidak terlalu sulit seperti pada pembuatan rangka *sling pump*.

5. PEMBUATAN RANGKA PELAMPUNG SLING PUMP

Dipilih besi siku berlubang guna rangka pelampung karena agar dapat mudah dirangkai dengan hanya menggunakan baut. Besar rangka pelampung ini harus disesuaikan dengan besar jerigen yang akan digunakan sebagai pelampung. Agar rangkaian kerangka ini konstruksinya kuat dan tidak mudah bergeser maka tiap-tiap sudut dalam rangkaian ini diberi siku-siku sebagai penguat dan ditengah kerangka diberi potongan besi siku agar kerangka tidak melengkung.

6. PEMBUATAN KOMPONEN ROTARY SEAL SLING PUMP

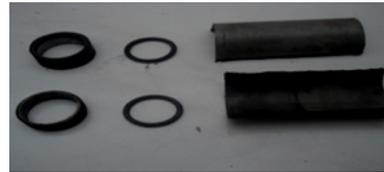
Bahan utama yang digunakan untuk pembuatan rotari seal adalah menggunakan seal karet berdiameter 3 mm. Langkah pertama dalam proses pembuatan rotari seal ini adalah ujung poros pipa holosaf pada kerangka *sling pump* diberi dua buah alur melingkar buat dudukan seal karet seperti terlihat pada gambar (4.9).



Gambar 4.2. Alur pada poros *sling pump*

Setelah dudukan *seal* pada poros jadi maka proses selanjutnya adalah memotong pipa PVC yang berdiameter dalam 3,2 cm sepanjang jarak antara coakan, pipa ini

digunakan sebagai penopang/penyangga agar pipa penutup *seal* tidak terlalu menghimpit seal yang sudah terpasang pada poros *sling pump*, karena pipa penyangga yang dibuat harus sejajar dengan tinggi sisa *seal* yang sudah masuk dalam coakan maka pipa penyangga ini ditambah lagi dengan menggunakan lilitan karet, agar karet tetap melekat pada pipa maka digunakan lem untuk merekatkan karet tersebut pada pipa. Pipa penutup ini di buat dari pipa PVC yang berdiameter dalam 3,5 cm, agar pemasangan penutup ini mudah maka pipa ini di belah menjadi dua bagian. Agar penutupan *seal* ini tidak ada kebocoran maka sisi pipa penutup juga dikasih lapisan karet dan setelah di tutupkan pipa penutup di klem.



Gamb

ar 4.3. Komponen *rotari seal*

7. PENGECATAN KOMPONEN

Pelapisan komponen rangka dengan cat bertujuan untuk melindungi komponen tersebut dari serangan korosi. Lapisan cat ini berfungsi sebagai pelindung besi agar komponen besi tidak terkontaminasi langsung dengan air atau udara bebas.

8. PERAKITAN ANTAR KOMPONEN

Setelah tahap pengecatan selesai, maka komponen-komponen tersebut siap untuk di rakit. Proses perakitan adalah proses terakhir dalam pembuatan *sling pump*. Tahap-tahap perakitan antar komponen adalah:

- 1) Perakitan kerangka pelampung.
- 2) Pemasangan rangka dudukan *sling pump* terhadap kerangka pelampung.
- 3) Pemasangan *propeler* ke poros *sling pump*.
- 4) Pemasangan *sling pump* ke rangka dudukan.
- 5) Pemasangan *rotary seal*, *pressure gauge*, dan *chek valve*.
- 6) Memasang lilitan selang 1" pada rangka *sling pump* dengan cara dililitkan.

- 7) Memasang tali sebagai pengunci lilitan selang pada rangka *sling pump*.
- 8) Pemasangan pelampung dan pipa *delivery* dilakukan jika *sling pump* akan dioperasikan.

9. CARA PENGOPERASIAN SLING PUMP UNTUK APLIKASI DI SUNGAI

Setelah proses perakitan antar komponen selesai dilakukan tahap selanjutnya adalah pengoperasian alat uji. Cara pengoperasian dijelaskan dengan langkah-langkah berikut :

- 1) Membawa rangkaian *sling pump* yang sudah selesai di rakit ke lokasi uji coba (sungai).
- 2) Menurunkan *sling pump* yang sudah ada pelampung ke sungai.
- 3) Mengikat tali di ujung depan *sling pump* dengan mengaitkannya pada batu yang berada di dasar sungai agar pada saat *sling pump* dilepas tidak hanyut terbawa arus air sungai.
- 4) Memasang tiang penyangga pipa *delivery*.
- 5) Memasang pipa *delivery* pada tiang penyangga sesuai dengan tinggi *output*.
- 6) Meyabungkan ujung bawah pipa *delivery* dengan ujung rangkaian *check valve*.
- 7) Menyiapkan ember dan gelas ukur untuk penampung dan mengukur debit air hasil pemompaan *sling pump* dan *Stopwatch* untuk memberi waktu pada proses pengambilan data.
- 8) Biarkan *sling pump* berputar stabil sesuai *Rpm* yang di inginkan sampai debit air keluar dari saluran pipa *delivery output*.
- 9) Untuk mendapatkan putaran *sling pump* yang setabil adalah dengan cara menggeser maju-mundur *sling pump* terhadap penyempitan atau pembesaran lebar sungai.
- 10) Proses pengambilan data diawali pada variasi diameter selang dengan putaran 27 *Rpm* dengan diameter pipa selang 1" dan ketinggian *output* 2 m, pengambilan data dilakukan setiap 1 menit sekali dan untuk 1 data dilakukan pengambilan data sebanyak 10 kali.

- 11) Setiap pergantian variasi percobaan, *sling pump* harus dihentikan putarannya dengan cara manual yaitu dengan cara menahan putaran *sling pump* menggunakan tangan dan menutup aliran arus air di depan *propeler*.

10. UJI KEBOCORAN PADA ROTARY SEAL

Setelah pemasangan seluruh komponen *sling pump*, maka tahap selanjutnya adalah pengujian kebocoran pada *rotary seal*. Jika terdapat kebocoran, maka kembali *rotary seal* dirakit. Namun jika tidak terdapat kebocoran, maka siap untuk dilakukan pengujian.

11. PENGUJIAN SLING PUMP DAN HASIL UJI COBA

Setelah proses perakitan dan pengujian kebocoran pada *rotary seal* selesai, maka dilanjutkan dengan tahap pengujian dan pengambilan data awal menggunakan selang 1 ". Uji coba dilakukan di sungai Bedog, Dusun Patuk, Desa Banyuraden, Kecamatan Gamping, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Pengambilan lokasis dipilih karena dekat dengan kampus, akses mudah, dapat dilihat masyarakat luas mengingat sungai berada di jalan utama. Uji coba ini dilaksanakan pada bulan Desember 2009 sampai Mei 2010. Data-data hasil pengujian ditampilkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian untuk selang 1"

No	Putaran (rpm)	Panjang Delivery (m)	Ketinggian Delivery (m)	Tekanan (bar)	Panjang Selang (m)	Debit Air keluar (l/menit)
1	27	4	2	0,086	6	5,830
2				0,086		5,820
3				0,086		5,930
4				0,086		5,760
5				0,086		5,780
6				0,086		6,000
7				0,086		5,890
8				0,086		6,100
9				0,086		5,940
10				0,086		6,100
Jumlah Debit selama 10 menit						59,15

Mengacu dari pengujian *sling pump* pada putaran 27 rpm, dan ketinggian 2 meter maka dapat dilakukan analisa sebagai berikut:

1. Debit aktual yang dihasilkan dari pengujian *sling pump* bentuk kerucut yaitu sebagai berikut:

$$Q_{\text{aktual}} = \frac{59,15 \frac{l}{\text{menit}}}{10} = 5,915 \frac{l}{\text{mnt}}$$

Sedangkan debit yang direncanakan adalah sebesar:

$$Q_{\text{teoritis}} = 7,8 \frac{l}{\text{menit}}$$

Ternyata terjadi penurunan debit yang dihasilkan karena tidak sesuai rencana. Fenomena ini terjadi karena keruhnya air sungai dan terlalu banyaknya heda loss yang terjadi, sesuai dengan teori bahwa ketika *head loss* aliran besar, maka debit yang dihasilkan menjadi kecil dan sebaliknya. Dari hasil pengujian awal tersebut, diperoleh efisiensi hidrolis *sling pump* sebesar:

$$\eta_{\text{Hidrolis}} = \frac{Q_{\text{aktual}}}{Q_{\text{teoritis}}} \times 100\% = \frac{5,915 l / \text{menit}}{7,8 l / \text{menit}} \times 100\% = 75,83\%$$

2. Perhitungan efisiensi *sling pump* pada pengujian awal adalah:

$$\eta_{\text{sling pump}} = \frac{P_w}{P_{\text{Air}}} \times 100\%$$

$$\eta_{\text{sling - pump}} = \frac{3,468 W}{38,5 W} \times 100\% = 9\%$$

3. Perubahan debit tidak mempengaruhi tekanan yang terbaca oleh *pressure gauge*, hal ini karena kebutuhan untuk menaikkan air pada ketinggian pipa *delivery* 2 meter dibutuhkan tekanan sebesar 0,086 bar.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. KESIMPULAN

Dari perancangan dan pembuatan *sling pump* jenis kerucut yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Hasil rancangan model *sling pump* jenis kerucut dengan spesifikasi:
 - Rangka dengan ukuran diameter besar $D_1 = 470 \text{ mm}$, diameter kecil $D_2 = 138,2 \text{ mm}$, panjang 627 mm, dan mempunyai berat total 105,48 N. Bahan rangka adalah pipa aluminium dengan diameter 8 mm.
 - Sudut kemiringan kerucut rangka *sling pump* terhadap sumbu adalah 15° .
 - Empat buah lubang manifold dengan ukuran (d_i) = 20 mm yang terdapat pada sisi dalam *sling pump*.
 - Propeler terbuat dari plat aluminium dengan diameter 600 mm, dan tebal plat 3 mm.
 - Selang lilitan jenis *Elastic* dengan diameter nominal 1" dan panjang selang adalah 6 meter.
 - Pressure Gauge* dengan skala ukuran tekanan 0 - 3 bar.

- Pipa *delivery* menggunakan pipa PVC dengan ukuran 1/2”.
 - Pelampung menggunakan 4 buah jirigen dengan kapasitas masing-masing jirigen adalah 30 liter.
2. *Propeler* yang digunakan dengan diameter *blade* 600 mm, jumlah *blade* sebanyak 5 buah dan sudut kemiringan *blade* 45⁰, pada kecepatan air 0,73 m/s mampu berputar 60 putaran/menit pada keadaan saluran ke pipa *delivery* belum disambung.
 3. Model *sling pump* jenis kerucut skala lapangan telah diuji coba dan telah beroperasi dengan baik dimana diperoleh efisiensi hidrolis sebesar 75,83 % dan efisiensi *sling pump* 9 %. Hal ini menunjukkan bahwa *sling pump* dapat digunakan untuk penelitian variasi diameter selang plastik, variasi jumlah inlet, variasi jumlah lilitan, variasi ketinggian *deliivery output*. variasi diameter pipa tembaga, dan variasi jumlah inlet untuk pipa tembaga.
 4. Pada perancangan dan pembuatan *sling pump* jenis kerucut skala lapangan, banyaknya terdapat pengecilan dan pembesaran diameter saluran pada manifold sampe ke pipa *delivery*, akibatnya berpengaruh terhadap nilai *head loss* yang menjadi tinggi sehingga menyebabkan debit air yang diinginkan tidak tercapai.

Daftar Pustaka

- <http://www.riferam.com/sling/indek.html>.
 Giles Ranald (1986). *Mekanika Fluida dan hidraulika*, Jakarta: Erlangga
 Streeter and Wylie (1993). *Mekanika fluida*, Jakarta: Erlangga
 Sears Francis W. (1944). *Mekanika panas dan bunyi*, Jakarta: Binacipta.

UCAPAN TERIMA KASIH

- Penulis menyampaikan terima kasih kepada:
1. Team Sling Pump skala lapangan, atas kerja samanya dan bantuannya selama ini.

PENULIS :

Eko Ratmono
 S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta
 ekoratmono@gmail.com