

Pengaruh Variasi Panjang Langkah Katup Limbah Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hydram

I Made Gita Paryatna, Made Surda, Ainul Guhri

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Email : gitaparyatna@yahoo.com

Abstract

Pompa hydram adalah alat untuk mengangkat air dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan memanfaatkan energi potensial dari sumber air yang sedang dikeringkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi katup buang terhadap kinerja pompa hydram. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm, dan 7 mm. Hasilnya menunjukkan bahwa variasi dari stroke katup buang mempengaruhi debit pemompaan yang dihasilkan oleh pompa hydram dan efisiensi pemompaan total. Efisiensi maksimum pompa dicapai dalam stroke antara 3 mm sampai 4 mm.

Kata Kunci: Pompa hidram, katup buang, kapasitas, efisiensi.

Abstrak

Hydrum pump is a device to lift water from a lower place to a higher place by utilizing the potential energy of a water source that is being drained. The purpose of this research is to know the influence of variation of stroke of waste valve to hydrum pump performance. The method used is experimental method with 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm, and 7 mm. The result show that the variation of the stroke of the waste valve influences the pumping discharges produced by the hydrum pump and the total pumping efficiency. The maximum efficiency of the pump is achieved in stroke between 3 mm to 4 mm.

Keywords: Flow measurement, orifice meter, pressure, differential

1. Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi manusia. Untuk memenuhi kebutuhan akan air dari sisi pemindahannya membutuhkan peralatan seperti pompa. Pada umumnya pompa membutuhkan energi listrik dalam pengoperasiannya. Energi listrik juga biasanya dihasilkan dari pembangkit listrik yang digerakkan oleh motor penggerak yang menggunakan bahan bakar dari fosil seperti bahan bakar minyak. Bahan bakar dari fosil memiliki permasalahan seperti harga yang relatif mahal dan polusi terhadap lingkungan. Sehingga perlu dicari alternatif pompa yang dalam pengoperasiannya tidak menggunakan energi listrik.

Pompa hydram adalah suatu alat untuk mengangkat air dari suatu tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan memanfaatkan energi potensial sumber air yang dialirkan.

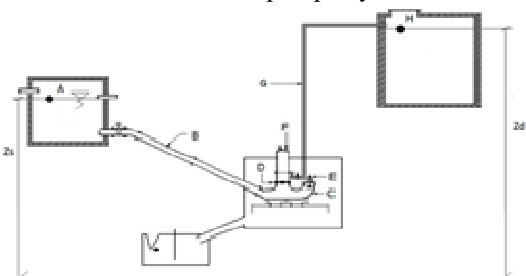
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi panjang langkah katup limbah pada berbagai tinggi untuk mendapatkan hasil head pemompaan yang optimal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pompa Hydram merupakan jenis pompa yang cara kerjanya secara otomatis. Komponen utama pompa hydram terdiri dari: bak penggerak, pipa inlet, badan pompa, katup tekan, katup limbah,

tabung tekan, pipa penghantar, tangki penampung, dan V- Notch Weir.

Gambar 1. Instalasi pompa hydram



Pada pompa hydram terjadi empat tahapan yaitu acceleration, compression, delivery, dan recoil (Tesemma, 2000).

Dasar – dasar dalam perencanaan pompa hydram dibutuhkan kajian mekanika fluida yang digunakan di dalam pengujian pompa yaitu :

- Persamaan Kontinuitas

$$Q = A_1 \cdot \bar{v}_1 = A_2 \cdot \bar{v}_2 = \text{konstan} \quad (1)$$

- Persamaan Energi

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + \sum h_{l_{1-2}} \quad (2)$$

- Kerugian-kerugian Head

$$\text{Mayor} : H_{LM} = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

$$\text{Minor} : H_{LM} = k \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

- Bilangan Reynold

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (5)$$

- Persamaan Momentum

$$M = m \cdot \Delta v \quad (6)$$

- Palu air

$$P = c \cdot \rho \cdot \Delta v \quad (7)$$

$$\text{Dimana } c = \sqrt{\frac{E v}{\rho}} \quad (8)$$

- Kapasitas Pompa Hydrum

$$Q_W = \frac{V_W}{T_o} \quad (9)$$

Dimana:

$$V_W = \left(\frac{A_d \cdot \bar{v}^2}{2g} \right) \left(\frac{L_d}{H_r} \right) \quad (10)$$

$$T_o = t_a + t_p \quad (11)$$

$$t_a = \left(\frac{V_o}{2g} \right) \left(\frac{L_d}{H_r} \right) K1 \quad (12)$$

$$t_p = \frac{L_d}{\bar{v}} \quad (13)$$

$$K1 = \frac{\ln[(1+a)/(1-a)]}{a} \quad (14)$$

$$K2 = \frac{\left[\cosh\left(\frac{K1}{2}\right) \right]}{a^2} \quad (15)$$

Kapasitas air hasil pemompaan :

$$Q_d = \frac{V_d}{t_o} \quad (16)$$

$$\text{Dimana : } V_p = \frac{v_t \cdot c \cdot a^2}{2 \cdot g \cdot H_d} \quad (17)$$

Kapasitas air yang masuk pipa penggerak

$$Q_s = Q_w + Q_d \quad (18)$$

- Efisiensi

$$\eta_D = \frac{Q_d \cdot H_d}{Q_s \cdot H_s} \times 100\% \quad (19)$$

ρ = Densitas (Kg/m³)

v = Kecepatan aliran (m/s)

Untuk aliran vertikal ketinggian atau elevasi h_1 dan h_2 harus dimasukkan dalam persamaan (1) di atas.

Asumsikan profil kecepatan aliran seragam pada sisi hulu dan hilir; maka persamaan kontinuitas berlaku sebagai berikut:

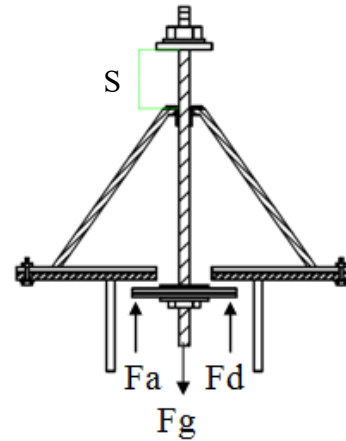
$$q = v_1 A_1 = v_2 A_2 \quad (2)$$

q = Laju alir volume atau kapasitas (m³/s)

A = Luas penampang aliran (m²)

Dengan mengkombinasikan (1) dan (2), $A_2 < A_1$, menghasilkan persamaan 'ideal':

Gaya Yang Bekerja Pada Katup Limbah dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. Gaya - gaya katup limbah ^(2,10)

- a. Katup Limbah Terbuka

$$F_g > F_a + F_d \quad (20)$$

- b. Katup Limbah Tertutup

$$F_g < F_a + F_d \quad (21)$$

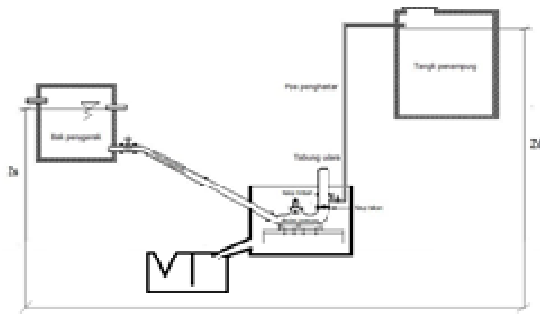
V - Notch Weir biasanya dipasang di saluran terbuka seperti aliran untuk menentukan debit aliran fluida (m³). Debit aliran melewati V - Notch Weir adalah :

$$Q = 4.28 C \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) (h + k)^{5/2} \quad (22)$$

3. METODE PENELITIAN

3.1 Skema Rencana penelitian

Sebelum melakukan pengujian terhadap pompa hydrum, perlu dilakukan persiapan untuk melakukan pengujian seperti persiapan bahan dan alat - alat yang digunakan untuk kemudian bisa dirakit menjadi pompa hydrum.



Gambar 3. Skema model test pompa hydam

Katup limbah merupakan salah satu bagian penting dari pompa hydam, dan harus dirancang dengan baik sehingga berat dan gerakannya dapat disesuaikan.

Pada panjang langkah katup limbah ini semua ukuran stroke berbeda – beda, agar dapat membandingkan hasil dari masing – masing pengujian untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Pengujian ini dilakukan pada katup limbah diameter lubang 42 mm, diameter piringan katup 52 mm dengan variasi panjang langkah katup (S), dari 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm, dan 7 mm.

3.2 Bahan Dan Peralatan Pengujian Pompa Hydam

Untuk melaksanakan penelitian ini dibutuhkan alat-alat penunjang, antara lain:

- Model sistem pompa hydam yang meliputi: tangki suplai, pipa penggerak, badan pompa, katup limbah, katup tekan, tabung tekan atau udara, pipa transmisi dan reservoir.
- Pompa air untuk mensirkulasikan kembali aliran air yang terbuang dari katup limbah ke tangki suplai.
- Model katup limbah dengan berbagai variasi panjang langkah atau stroke.
- Kunci pipa dan kunci pas.
- Alat ukur : jangka sorong dan timbangan

3.3 Prosedur Pengujian

Tahap - tahap pengujian katup limbah pada sistem pompa hydam di Laboratorium dilakukan melalui :

- Persiapan pompa dan alat bantu pengujian katup limbah, dengan ketinggian suplai $Z_s = 1,82$ meter, diameter pipa penggerak $1\frac{1}{4}$ inci dan panjang $L_s = 9$ meter.
- Setel pompa hydam dengan katup limbah berdiameter lubang katup 42 mm, diameter piringan 52 mm, massa beban 200 gram dan stel panjang langkah 3 mm.
- Setel ketinggian tekan $Z_d = 2$ meter

- Setel panjang stroke 3 mm
 - Alirkan air ke bak penggerak sampai penuh dan dijaga dalam kondisi selalu *over-flow* supaya ketinggian head penggeraknya konstan.
 - Buka *gate valve*, untuk mengalirkan air dari bak *drive* ke badan pompa.
 - Start kerja pompa dengan cara membuka dan menutup katup limbah agar pompa dapat bekerja dan biarkan pompa berjalan beberapa saat.
 - Setel tekanan manometer pada pipa penyalur $p_d = 0,5$ bar dengan mengat ur bukaan katup kontrol pada pipa penyalur
 - Setelah pompa bekerja dan telah stabil lakukan pencatatan data seperti tinggi elevasi air yang keluar dari V-Notch Weir (h_{vw}), waktu untuk volume air 1 liter yang keluar dari pipa penyalur (T_d) serta tekanan pada manometer (P_d), dan frekuensi siklus kerja pompa (F).
 - Ulangi langkah 9 sebanyak 3 (tiga) kali
 - Ulangi langkah 8 sampai dengan langkah 10 untuk head pemompaan dengan penambahan tekanan pada pipa penyalur p_d yaitu 1,0 bar, 1,5 bar, 2,0 bar, dan 2,5 bar.
- Ulangi langkah 4 sampai dengan 11 untuk variasi panjang langkah katup dari 4 mm, 5 mm, 6 mm, dan 7 mm.

3.4 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi, Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana dari bulan Februari 2017 sampai dengan Februari 2018.

4. Pembahasan

Dari pengujian yang telah dilakukan menggunakan alat uji maka diperoleh data berikut :

Tabel 1. Data pengujian pada head 0,5 bar

Stroke	Massa Katup Limbah	Diameter lubang Katup Limbah	Head Tekanan	t - 1 ltr pempaan	Frekuensi	h V-Notch Weir
mm	Gram	mm	bar	dt	Siklus/mnt	mm
3	200	42	0,5	10,85	87	31
				10,92	88	31
				10,93	88	31
Rata-rata				10,90	87,67	31
4	200	42	0,5	9,89	77	34
				9,71	77	34
				9,76	77	34
Rata-rata				9,79	77	34
5	200	42	0,5	9,38	74	35
				9,57	74	36
				9,65	74	36
Rata-rata				9,53	74	35,67
6	200	42	0,5	9,27	70	37
				9,32	70	37
				9,25	70	37
Rata-rata				9,26	70	37
7	200	42	0,5	9,33	64	39
				9,42	65	39
				9,57	65	39
Rata-rata				9,44	64,67	39

Tabel 2. Data pengujian pada head 1 bar

Stroke	Massa Katup Limbah	Diameter lubang Katup Limbah	Head Tekanan	t - 1 ltr pempaan	Frekuensi	h V-Notch Weir
mm	gram	mm	bar	dt	Siklus/mnt	mm
3	200	42	1	28,16	123	29
				28,26	123	29
				28	123	29
Rata-rata				28,14	123	29
4	200	42	1	22,73	106	32
				22,93	106	32
				22,65	105	32
Rata-rata				22,78	105,67	32
5	200	42	1	20,92	93	34
				20,30	94	34
				20,20	93	34
Rata-rata				20,47	93,33	34
6	200	42	1	20,40	90	36
				20,33	90	36
				20,27	90	36
Rata-rata				20,33	90	36
7	200	42	1	19,60	83	38
				19,80	83	38
				20,32	83	38
Rata-rata				19,91	83	38

Tabel 3. Data pengujian pada head 1,5 bar

Stroke	Massa Katup Limbah	Diameter lubang Katup Limbah	Head Tekanan	t - 1 ltr pempaan	Frekuensi	h V-Notch Weir
mm	gram	mm	bar	dt	Siklus/mnt	mm
3	200	42	1,5	57,36	122	27
				58,45	121	27
				57,80	120	27
Rata-rata				57,87	121	27
4	200	42	1,5	41,78	107	31
				41,78	107	31
				40,38	107	31
Rata-rata				41,32	107	31
5	200	42	1,5	36,09	99	34
				36,23	96	34
				36,05	97	34
Rata-rata				36,12	97,33	34
6	200	42	1,5	36,45	92	36
				34,57	91	36
				35,08	91	36
Rata-rata				35,36	91,33	36
7	200	42	1,5	34,49	83	37
				34,74	83	37
				34,36	84	37
Rata-rata				34,53	83,33	37

Tabel 4. Data pengujian pada head 2 bar

Stroke	Massa Katup Limbah	Diameter lubang Katup Limbah	Head Tekanan	t - 1 ltr pempaan	Frekuensi	h V-Notch Weir
mm	gram	mm	bar	dt	Siklus/mnt	mm
3	200	42	2	129,51	111	24
				132,28	111	24
				133,83	111	24
Rata-rata				131,87	111	24
4	200	42	2	68,53	103	30
				69,53	103	30
				69,08	103	30
Rata-rata				69,05	103	30
5	200	42	2	53,93	95	34
				53,50	95	34
				54,35	95	34
Rata-rata				53,93	95	34
6	200	42	2	54,36	91	35
				54,40	91	35
				54,45	91	35
Rata-rata				54,40	91	35
7	200	42	2	50,95	83	37
				51,24	84	37
				51,59	84	37
Rata-rata				51,26	83,67	37

Tabel 5. Data pengujian pada head 2,5 bar

Stroke	Massa Katup Limbah	Diameter Lubang Katup Limbah	Head Tekanan	t - 1 ltr pemompaan	Frekuensi	h _v - Notch Weir
mm	gram	mm	bar	dt	Siklus/mnt	mm
3	200	42	2,5		102	21
					103	21
					102	21
Rata-rata				102,33	21	
4	200	42	2,5		215,3	26
					214,2	26
					214,4	26
Rata-rata				214,63	26	
5	200	42	2,5		93,34	33
					94,41	33
					93,75	33
Rata-rata				93,83	33	
6	200	42	2,5		88,86	33
					88,60	33
					87,17	33
Rata-rata				88,21	33	
7	200	42	2,5		76,02	35
					75,64	35
					75,87	35
Rata-rata				75,84	35	

Sebagai contoh perhitungan yang digunakan data dari hasil pengujian pada head pemompaan (P_d)
Stroke = 3 mm,
Waktu = 131,87dt/(1 ltr),
h_vw = 24 mm.

Tabel 6. Hasil Pengolahan Data Pada Head 0,5 bar

St	Panjang langkah	Enkrenansi	Q ₁	Q ₂	Q ₃	h ₁	W ₁	W ₂	η ₁	η ₂
mm	mm	Siklus/mnt	l/dt	l/dt	l/dt	m	Watt	Watt	%	%
0,5	3	107,87	0,19	0,00	0,20	18,61	440,17	440,17	100,00	100,00
	4	77	0,19	0,10	0,11	18,50	330,04	330,04	100,00	100,00
	5	70	0,20	0,10	0,11	18,60	330,04	330,04	100,00	100,00
	6	70	0,20	0,11	0,10	18,60	330,04	330,04	100,00	100,00
	7	60,07	0,20	0,11	0,10	18,60	330,04	330,04	100,00	100,00

Tabel 7. Hasil Pengolahan Data Pada Head 1 bar

St	Panjang langkah	Enkrenansi	Q ₁	Q ₂	Q ₃	h ₁	W ₁	W ₂	η ₁	η ₂
mm	mm	Siklus/mnt	l/dt	l/dt	l/dt	m	Watt	Watt	%	%
1	3	120	0,24	0,04	0,17	18,50	590,36	941,91	62,64	118,14
	4	108,87	0,17	0,04	0,10	18,40	387,76	448,76	86,40	118,96
	5	93,50	0,20	0,05	0,14	18,40	445,07	490,07	90,83	118,91
	6	90	0,25	0,05	0,10	18,40	485,47	500,00	97,09	99,24
	7	90	0,27	0,05	0,10	18,40	590,07	617,00	95,78	90,20

Tabel 8. Hasil Pengolahan Data Pada Head 1,5 bar

St	Panjang langkah	Enkrenansi	Q ₁	Q ₂	Q ₃	h ₁	W ₁	W ₂	η ₁	η ₂
mm	mm	Siklus/mnt	l/dt	l/dt	l/dt	m	Watt	Watt	%	%
1,5	3	120	0,11	0,02	0,13	18,51	2342,06	2629,60	13,13	111,94
	4	107	0,16	0,02	0,19	18,51	3294,86	3694,34	13,04	111,15
	5	97,50	0,20	0,03	0,22	18,51	4080,84	4215,01	11,98	107,12
	6	91,30	0,23	0,03	0,24	18,51	4637,22	4925,63	10,76	94,72
	7	81,30	0,26	0,03	0,28	18,51	4824,16	4407,60	10,24	88,10

Tabel 9. Hasil Pengolahan Data Pada Head 2 bar

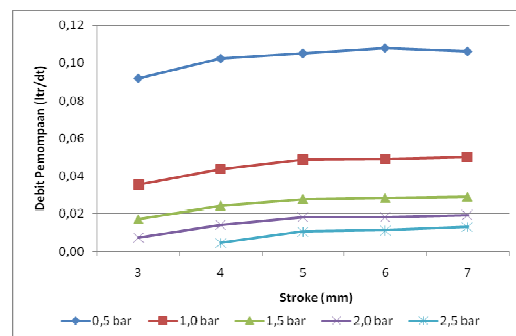
St	Panjang langkah	Enkrenansi	Q ₁	Q ₂	Q ₃	h ₁	W ₁	W ₂	η ₁	η ₂
mm	mm	Siklus/mnt	l/dt	l/dt	l/dt	m	Watt	Watt	%	%
2	3	111	0,09	0,01	0,09	18,61	1885,07	1535,27	8,18	92,61
	4	103	0,15	0,01	0,15	18,61	2900,56	1620,06	5,60	100,48
	5	95	0,20	0,01	0,21	18,61	3920,06	1749,09	5,56	94,61
	6	91	0,23	0,02	0,24	18,61	4180,61	1756,29	7,76	97,60
	7	85,07	0,25	0,02	0,27	18,61	4772,15	1844,37	7,11	81,58

Tabel 10. Hasil Pengolahan Data Pada Head 2,5 bar

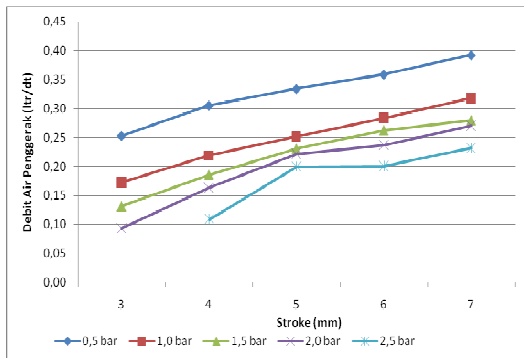
St	Panjang langkah	Enkrenansi	Q ₁	Q ₂	Q ₃	h ₁	W ₁	W ₂	η ₁	η ₂
mm	mm	Siklus/mnt	l/dt	l/dt	l/dt	m	Watt	Watt	%	%
2,5	3	107,50								
	4	91,30	0,10	0,006	0,11	20,70	1016,08	1174,88	4,39	60,56
	5	89,30	0,19	0,01	0,19	20,70	3338,33	3811,53	5,34	79,00
	6	86	0,19	0,01	0,20	20,70	3547,42	3956,88	5,87	80,01
	7	82,30	0,21	0,01	0,21	20,90	4106,01	3460,18	6,69	81,07

Dari Tabel hasil pengolahan data, maka dapat dibuat grafik hubungan antara panjang langkah katup limbah terhadap kapasitas air pemompaan (Q_d) :

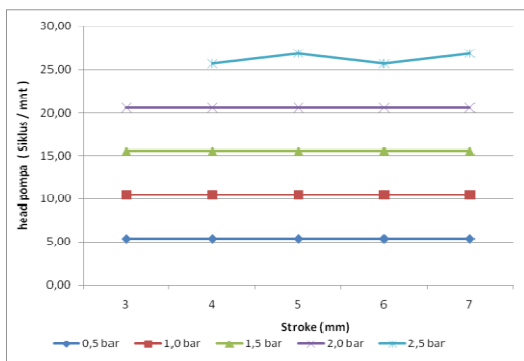
Secara umum, semakin panjang langkah katup limbah semakin besar debit pemompaan yang dihasilkan pompa hydam. Gambar 4. Grafik hubungan panjang langkah terhadap debit pemompaan



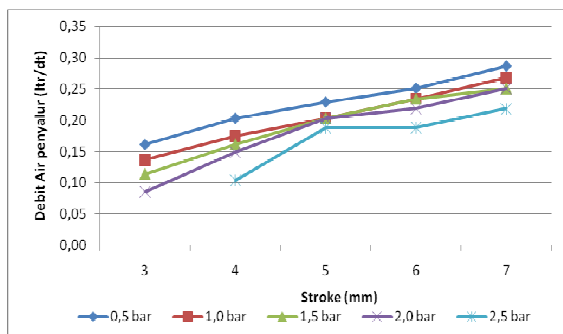
Secara umum, semakin panjang langkah katup limbah semakin besar debit pemompaan yang dihasilkan pompa hidram. Gambar 5. Grafik hubungan panjang langkah katup terhadap debit air penggerak pompa hidram (Q_s) :



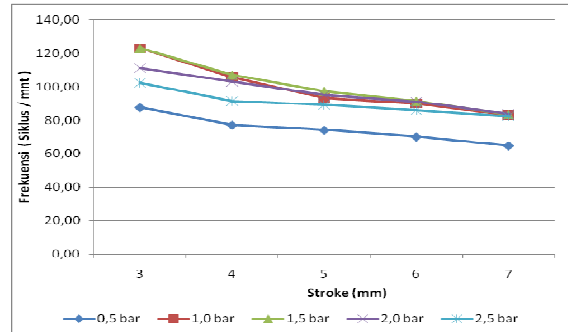
Secara umum, semakin besar head pemompaan maka semakin kecil kapasitas air penggerak pompa hidram yang dihasilkan. Namun semakin panjang langkah katup limbah maka semakin besar debit air penggerak pada pompa hidram. Gambar 6. Grafik hubungan panjang langkah katup terhadap head pompa (h_d) :



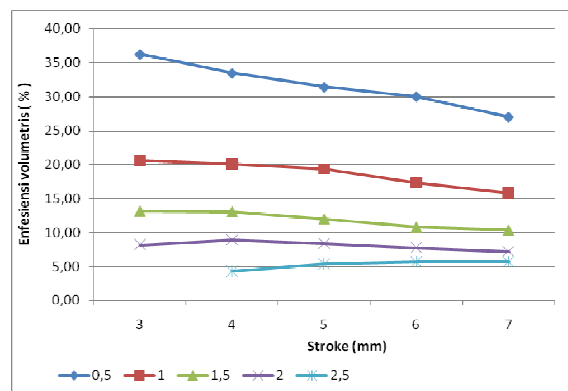
Secara umum, semakin besar head tekanan pemompaan terhadap panjang langkah tidak mempengaruhi head pompa. Gambar 7. Grafik hubungan panjang langkah katup terhadap debit air penyalur pompa hidram (Q_w) :



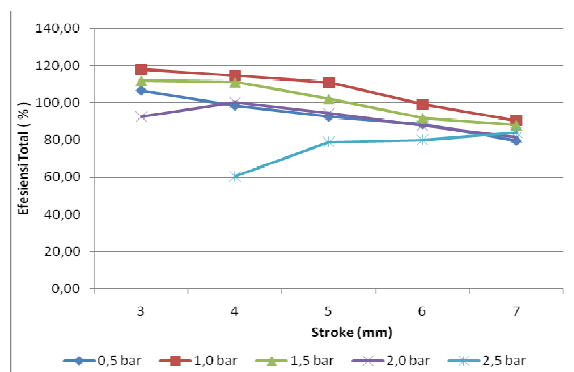
Secara umum, semakin besar head pemompaan maka dibutuhkan daya pompa yang lebih besar sehingga dibutuhkan debit air penyalur yang lebih besar pula. Gambar 8. Grafik hubungan panjang langkah katup terhadap frekuensi siklus kerja pompa hidram (siklus/menit) :



Secara umum, semakin besar head pemompaan maka semakin meningkat frekuensi siklus kerja pompa hidram yang dihasilkan. Namun semakin panjang langkah katup limbah maka semakin lambat frekuensi ketukan pada pompa hidram. Gambar 9. Grafik hubungan panjang langkah katup terhadap efisiensi volumetris (η_v) :



Secara umum, semakin panjang langkah katup limbah maka efisiensi volumetris yang dihasilkan pompa hidram cenderung turun. Namun kapasitas air yang dihasilkan yang paling maksimal pada head pemompaan 1,5 bar. Gambar 10. Grafik hubungan panjang langkah katup (S) terhadap efisiensi total pemompaan (η_d) :



5. PENUTUP

Hasil dari penelitian pengaruh variasi panjang langkah katup limbah terhadap unjuk kerja pompa hidram ini menunjukkan bahwa semakin besar head pemompaan (P_d) maka debit pemompaan (Q_d) yang dihasilkan semakin kecil, dan semakin besar head pemompaan (P_d) maka efisiensi total pemompaan yang dihasilkan pompa hidram cenderung turun. Namun efisiensi total pompa yang paling maksimal pada head pemompaan 1 bar.

Selanjutnya, semakin panjang langkah katup limbah (S) semakin besar debit pemompaan yang dihasilkan pompa hidram. Namun semakin panjang langkah katup limbah maka efisiensi total pemompaan yang dihasilkan medel uji pompa hidram semakin kecil. Efisiensi total pompa yang paling maksimal dicapai pada stroke antara 3 mm sampai dengan 4 mm.

DAFTAR PUSTAKA

1. Adnyana. E. (2016). Pengaruh Variasi Diameter Katup Limbah Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram, Skripsi Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana.
2. Ardiansyah. F. (2015). Pengaruh Variasi Diameter Katup Limbah Terhadap Debit dan Efisiensi Pada Pompa Hidram, Skripsi Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana.
3. Balguda, R.D., et al. 2015. Designing of Hydraulic Ram Pump. International Journal of Engineering And Computer Science. Vol 4 No 5, pp. 11966-11971
4. Budiarsa, I Wayan (2008) Optimasi massa dan panjang langkah katup limbah pada hidram sebagai penggerak pompa torak, Skripsi Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana. diakses: Tanggal 4 Oktober 2001, URL: <http://www.wot.utwente.nl>
5. LMNO Engineering, Research, and Software, Ltd (1999) V-Notch (Triangular) Weir Calculator. Diakses tanggal 15 Oktober 2017, <https://www.lmnoeng.com/Weir/vweir.php>.
6. Nambiar, P., Shetty, A., Thatte, A., Lonkar, S., and Jokhi, V. 2015. Hydraulic Ram Pump Maximizing efficiency. International Conference on Technologies for Sustainable Development (ICTSD), 4-6 Feb. 2015, Mumbai – India. Published by IEEE.
7. Suarda M., Sukadana IKG, (2013), Perancangan dan Pengujian Unjuk Kerja Katup Tekan Pompa Hidram Model Plat, Membran, Bola dan Setengah-Bola, Prosiding: Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM – XII), Bandar Lampung, ISBN : 978-979-8510-61-8, Tgl. 22-23 Oktober 2013. Taye, T. (1998). Hydraulic Ram Pump, Journal of the ESME, Vol . I I, Juli 1998, Addis Ababa, Ethiopia
8. Taye, T. (1998). Hydraulic Ram Pump, Journal of the ESME, Vol . I I, Juli 1998, Addis Ababa, Ethiopia
9. Tessema, A.A., (2000), Hydraulic Ram Pump System Design and Application, ESME 5th Conference on Manufacturing and Process Industry, September 2000, Addis Ababa, Ethiopia.
10. Widiartha, I M (2012) perencanaan sistem air bersih desa belantih dengan implementasi pompa hidram, Skripsi Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana.
11. Yang, K.L., et al. 2014. Design and Hydraulic Performance of a Novel Hydram. 11th International Conference on Hydroinformatics. New York City, 8 January 2014. Paper no 108.