

## **Analisis Perubahan Debit Aliran Pada Pipa Keluar dan efisiensi akibat Perubahan Diameter Katup Pengantar**

Muhamad Jafri

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana  
Jl. Adi Sucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597  
E-mail: muhamad\_jafri@staf.undana.ac.id

### **ABSTRAK**

Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis perubahan debit aliran pada pipa keluar, jumlah ketukan dan efisiensi pompa akibat perubahan diameter katup pengantar. Metode yang digunakan adalah eksperimen terhadap spesimen, dan di analisis menggunakan persamaan matematis dalam teori pompa hidram. Data-data yang diukur adalah debit air masuk, debit air limbah, debit air keluar serta jumlah ketukan. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah diameter katup pengantar yaitu 2.0 inci, 2.25 inci, 2.50 inci, 2.75 inci. Selanjutnya dilakukan analisis *head loss* dan efisiensi pompa hidram. Hasil analisis menunjukkan bahwa diameter katup pengantar berpengaruh terhadap debit aliran pada pipa keluar, jumlah ketukan dan efisiensi pompa. Efisiensi pompa hidram tertinggi dalam penelitian ini adalah pada diameter katup pengantar 2.75 inci sebesar 40.09 %. Sedangkan efisiensi pompa hidram terendah terjadi pada diameter katup pengantar 2 inci yaitu sebesar 0.0000498 m<sup>3</sup>/s.

### **ABSTRACT**

*The research objective was to analyze changes in flow rate at the outlet pipe, the number of knocks, and pump efficiency due to changes in the diameter of the delivery valve. The method used is the experiment on specimens and is analyzed using mathematical equations in the theory of the hydram pump. The data measured are the flow of water in, discharge of waste-water, discharge of water out, and the number of beats. The independent variable in this study is the diameter of the introductory valve, namely 2.0 inches, 2.25 inches, 2.50 inches, and 2.75 inches. Furthermore, an analysis of the head loss and efficiency of the hydram pump is performed. The results of the analysis show that the diameter of the delivery valve affects the flow rate in the outlet pipe, the number of knocks, and the pump efficiency. The highest efficiency of the hydram pump in this study is the delivery valve diameter of 2.75 inches by 40.09%. While the lowest hydram pump efficiency occurs at a 2-inch diameter of the delivery valve, which is equal to 0.0000498 m<sup>3</sup>/s.*

*Keywords: Introductory valve diameter; Waste discharge; Hydram pump efficiency.*

### **PENDAHULUAN**

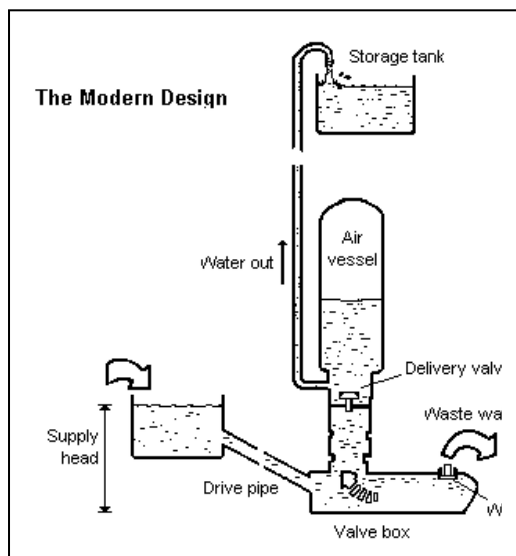
Pompa merupakan sebuah alat yang dapat memberikan energi kepada air agar air tersebut dapat berpindah ke tempat bertekanan tinggi. Salah satu pompa yang sering sekali digunakan adalah pompa sentrifugal [1]. Umumnya pompa ini menggunakan penggerak listrik listrik ataupun diesel. Namun banyak daerah di Indonesia khususnya di daerah terpencil, tidak memiliki akses listrik untuk mengoperasikan pompa [2][3]. Salah satu solusinya adalah membuat sebuah teknologi pompa yang tidak

menggunakan tenaga *diesel* ataupun tenaga listrik yaitu pompa hidram.

Pompa hidram atau singkatan dari hidrolik ram merupakan suatu alat yang digunakan untuk menaikkan air dari tempat yang rendah ke tempat yang tinggi secara otomatis dengan energi yang berasal dari air itu sendiri [4]. Pompa hidram memiliki banyak keuntungan dibandingkan pompa jenis lain yaitu tidak membutuhkan bahan bakar minyak (bensin atau solar), konstruksinya sederhana, pemeliharaan dan perawatan sederhana, pabrikasinya pun tidak memerlukan keterampilan yang khusus dan dapat beroperasi 24 jam dalam sehari.

Debit yang dihasilkan pompa hidram tergantung pada ukuran dan aliran air masuk ke pompa juga tinggi angkat. Sekitar sepuluh persen dari air dipompa ke atas, menurun seiring dengan bertambahnya ketinggian elevasi. Kebanyakan air tidak dipompa (dan bisa dikatakan terbuang percuma), sistem tidak memadai dalam kondisi dimana air langka [5].

Pompa hidram menggunakan energi dari air yang turun dari sebuah sumber untuk dipompa sebagian ke ketinggian yang jauh lebih tinggi daripada tingkat sebelumnya. Tidak ada energi dari luar lain yang diperlukan selama persediaan air tetap konstan, pompa akan tetap bekerja secara terus menerus dan otomatis [6]. Komponen dari pompa hidram adalah tangki pemasok air, pipa penggerak, badan pompa, katup limbah, katup pengantar, katup snifter, ruang udara, dan pipa pengantar [7] (lihat Gbr. 1).



Gambar 1. Pompa hidram modern [8].

Proses pompa hidram tersendat karena perilaku buka dan tutupnya limbah dan katup pengantar. Perilaku pompa hidram bergantung pada fenomena water hammer yang diwakili pada saat tutup dan buka katup limbah dan katup pengantar. Prosesnya dimulai saat air yang masuk ke pipa penggerak berasal dari ketinggian tertentu dengan tekanan tinggi.

Megakibatkan katup limbah tertutup oleh momentum air [9]. Dengan demikian, tekanan tinggi tercipta yang akan menyebabkan katup pengantar terbuka sehingga air bertekanan naik di ruang tabung udara. Karena itu, ruang udara akan menekan air yang menyebabkan katup pengantar menutup dan katup udara akan terbuka sehingga air naik melalui pipa pengantar mencapai tempat yang diinginkan [10].

Sejak 1980-an sudah banyak penelitian telah dilakukan untuk mengoptimalkan efisiensi dengan beberapa modifikasi [11]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa diameter lubang katup pengantar mempengaruhi nilai efisiensi pompa hidram, semakin kecil nilai luas total lubang semakin kecil nilai efisiensi pemompaan. Luasan lubang juga mempengaruhi frekuensi, ketukan katup buang ataupun siklus pemompaan. Semakin besar nilai luasan lubang akan memperbesar jumlah ketukan katup buang.

Diameter katup penghantar mempengaruhi jumlah debit air limbah dan debit air hasil pemompaan, dimana berpengaruh langsung terhadap nilai efisiensi pompa hidram. Nilai efisiensi *D'Aubuisson* tertinggi sebesar 43,18 % dan efisiensi *Rankine* tertinggi sebesar 37,61 % pada variasi diameter katup penghantar 1.5 Inchi. Efisiensi *D'Aubuisson* terendah sebesar 30.19 % dan efisiensi *Rankine* terendah sebesar 24.37 % pada variasi diameter katup penghantar 0.75 inchi [12].

## METODE PENELITIAN

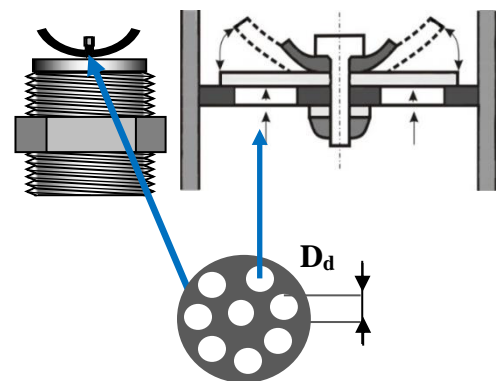
Penelitian ini menggunakan alat seperti; pompa hidram 3 inci sebagai media uji, flow meter untuk mengukur debit air masuk ( $Q_{\text{masuk}}$ ), debit limbah ( $Q_{\text{limbah}}$ ) serta debit keluar ( $Q_{\text{Pemompaan}}$ ), stop watch untuk mengukur lamanya pengambilan data setiap sampel dan ketukan, kunci pipa untuk membuka dan mengunci sambungan pipa, *global Position Sistem* (GPS) untuk mengukur variasi tinggi angkat. Bahan-bahan yang digunakan sebagian besar berupa pipa dan sambungan yaitu; pipa 3 inci, pipa 1 inci, sambungan pipa, sealtipe, dan air.

Variabel tetap dalam penelitian ini adalah pompa hidram ukuran 3 inci, diameter pipa masuk 3 inci, tinggi jatuh 1 m, panjang langkah 3 cm, diameter katup limbah 2,25 inci, volume tabung 10 liter, Massa katup limbah 2.5 kg, tinggi angkat 7 m, dan diameter pipa keluar 1 inci. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah diameter katup pengantar yaitu 2.00 inci, 2.25 inci, 2.50 inci, dan 2.75 inci. Sedangkan variabel terikatnya adalah debit dan efisiensi pompa hidram.

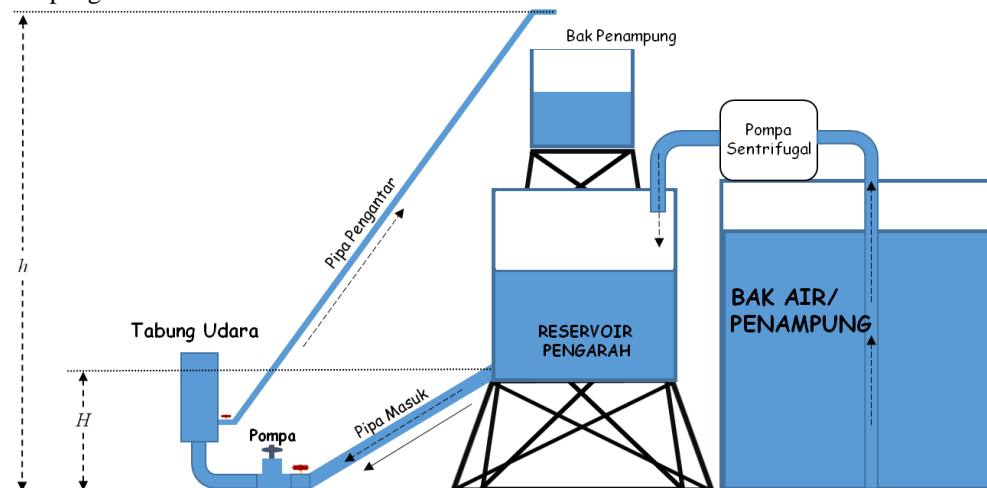
Langkah-langkah pengujian yang diterapkan dalam penelitian ini dapat diuraikan di bawah ini;

- a. Membentuk sampel katup pengantar
- b. Melakukan instalasi pompa hidram 3 inci, yang dimulai dari memasang reservoir penampung, pompa pengisi reservoir pengarah, reservoir pengarah, pipa isap, alat ukur flow meter, pompa hidram 3 inci, bak limbah, alat ukur debit aliran pada katup limbah, pipa pengantar 1 inci, alat ukur debit aliran keluar.
- c. Pengujian pertama, sampel diameter katup pengantar 2.00 inci.
- d. Menjalankan pompa dengan cara membuka stop kran pada pipa isap, dan secara bersamaan pompa reservoir pengarah dihidupkan untuk menjaga level air dalam reservoir pengarah.

- e. Pada saat pompa berjalan normal dilakukan pencatatan debit aliran air pada pipa isap  $Q_{masuk}$ , air limbah  $Q_{limbah}$ , dan debit air keluar  $Q_{pemompaan}$  dan ketukan, dalam rentangan waktu 30 detik secara bersamaan.
- f. Setelah mencatat ketiga data debit aliran, pompa dimatikan dengan cara menutup stop caran pada pipa isap.
- g. Menset ulang pompa yaitu menggantinya katup pengantar berdiameter 2.0 inci dengan katup pengantar berdiameter 2.0 inci.
- h. Mengulangi langkah d sampai langkah f, dan seterusnya sampai katup pengantar berdiameter 2.75 inci.



Gambar 2. Bentuk desain Katup pengantar.



Gambar 3. Instalasi pengujian.

### Analisis Data

Data hasil pengujian debit air masuk ( $Q_{\text{masuk}}$ ), debit air limbah ( $Q_{\text{limbah}}$ ), dan debit air pemompaan ( $Q_{\text{pemompaan}}$ ), jumlah ketukan serta data variabel tetap digunakan untuk menganalisa *head* pompa. Analisis *head* pompa terbagi 2 yaitu analisis *head loss mayor* dan *head loss minor*. Persamaan yang digunakan untuk *head loss mayor* adalah;

$$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

dimana:

- $H_f$  = head loss karena gesekan (m)
- $f$  = faktor gesekan
- $g$  = percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)
- $L$  = panjang pipa (m)
- $D$  = diameter pipa (m)
- $V$  = kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)

Sedangkan persamaan untuk *head loss minor* adalah;

$$H_i = K_i \frac{v^2}{2g}$$

dimana:

- $H_i$  = head loss karena bentuk ujung masuk pipa (m)
- $K_i$  = koefisien head loss karena bentuk ujung masuk
- $v$  = kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)

Selanjutnya adalah analisis efisiensi pompa, yaitu menggunakan data debit air masuk ( $Q_{\text{masuk}}$ ), air limbah ( $Q_{\text{limbah}}$ ), dan debit air keluar

( $Q_{\text{pemompaan}}$ ) serta data hasil analisis *head* efektif. Persamaan yang digunakan untuk efisiensi pompa adalah persamaan D'Aubuisson:

$$\eta_D = \frac{(Q_{\text{keluar}})(H_{\text{ef, keluar}})}{(Q_{\text{keluar}} + Q_{\text{limbah}})H_{\text{ef, masuk}}} \times 100 \%$$

dimana :

- $\eta_D$  : Efisiensi pompa D'Aubuisson hidram (%)
- $Q_{\text{keluar}}$  : Debit air hasil pemompaan (m<sup>3</sup>/s)
- $Q_{\text{limbah}}$  : Debit air yang keluar dari katup limbah (m<sup>3</sup>/s)
- $H_{\text{ef, masuk}}$  : Head efektif masuk (m)
- $h_{\text{ef, keluar}}$  : Head efektif keluar (m)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

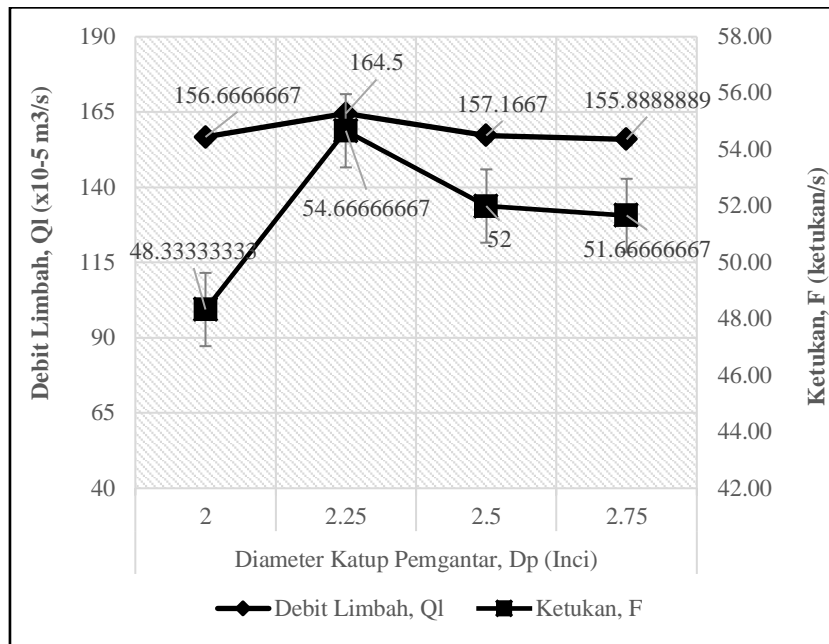
### Hasil analisis data

Data hasil pengukuran baik debit air yang masuk ke pompa ( $Q_{\text{masuk}}$ ) debit air melalui katup limbah ( $Q_{\text{limbah}}$ ), debit air yang dihasilkan ( $Q_{\text{pemompaan}}$ ) maupun jumlah ketukan katup limbah ( $F_{\text{keluar}}$ ) untuk setiap pengambilan data pada masing-masing diameter katup pengantar ( $D_d$ ) dilihat pada Tabel 1.

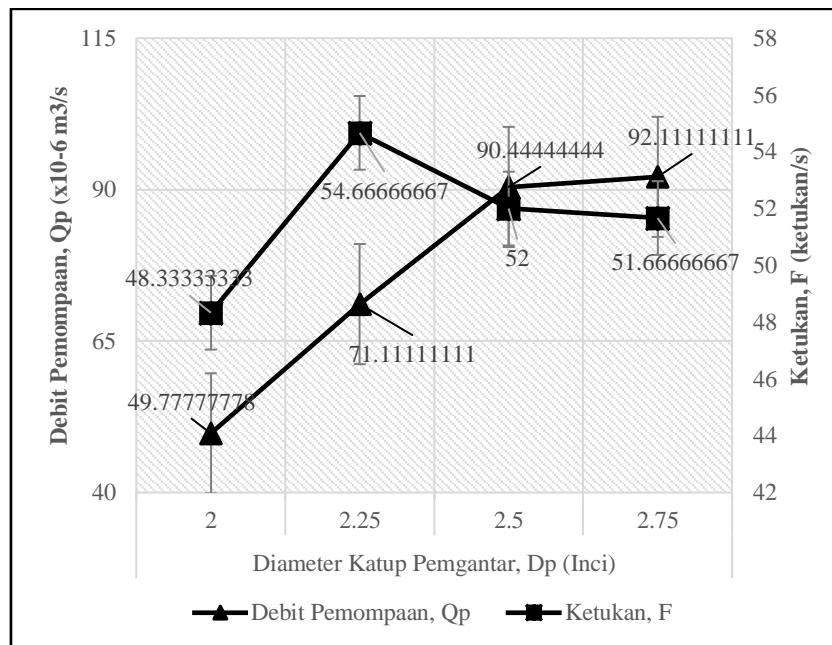
Data pada variabel terikat dan data hasil pengujian pada Tabel 1 dianalisis untuk mengetahui head efektif masuk ( $H_{\text{ef, masuk}}$ ), head efektif keluar ( $H_{\text{ef, keluar}}$ ), dan efisiensi D'Aubuisson pompa. Hasil analisis dari data pengujian ditunjukkan pada Tabel 2. Data pada Tabel 1 dan Tabel 2 dapat dibuat dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4 hingga Gambar 6.

Tabel 1. Data debit air masuk  $Q_{\text{masuk}}$ , debit air limbah  $Q_{\text{limbah}}$ , debit air yang dihasilkan ( $Q_{\text{pemompaan}}$ ) dan jumlah ketukan.

Dd (inci)	$Q_{\text{masuk}}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{\text{limbah}}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{\text{Pemompaan}}$ (m <sup>3</sup> /s)	$F_{\text{keluar}}$ (ketukan/30s)
2.00	0.001616	0.001567	0.0000498	48.333
2.25	0.001716	0.001645	0.0000711	54.667
2.50	0.001662	0.001572	0.0000904	52.000
2.75	0.001651	0.001559	0.0000921	51.667



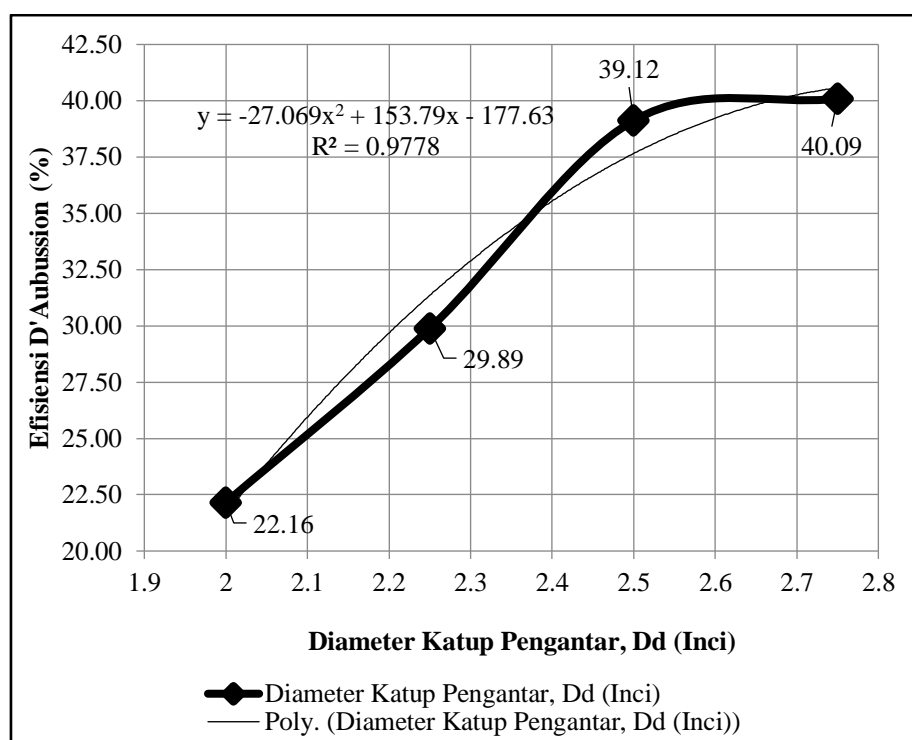
Gambar 4. Grafik hubungan antara debit air limbah dan ketukan katup limbah untuk setiap diameter katup pengantar.



Gambar 5. Grafik hubungan antara debit aliran dalam saluran keluar dan massa katup limbah untuk setiap tinggi angkat.

Tabel 2. Hasil analisis data untuk head efektif masuk ( $H_{ef, masuk}$ ), head efektif keluar ( $H_{ef, keluar}$ ), dan efisiensi D'Aubuisson pompa.

Dd (inci)	Debit Aliran, Q (m <sup>3</sup> /s)		$H_{ef,masuk}$ (m)	$H_{ef,keluar}$ (m)	Efisiensi D'Aubisson (%)
	$Q_{limbah}$	$Q_{pompaan}$			
2.00	0.001567	0.0000498	0.971866	6.992586	22.16
2.25	0.001645	0.0000711	0.968290	6.984869	29.89
2.50	0.001572	0.0000904	0.970254	6.975523	39.12
2.75	0.001559	0.0000921	0.970650	6.974612	40.09



Gambar 6. Grafik hubungan antara diameter katup pengantar dan efisiensi pompa hidram.

Grafik pada Gambar 6 menunjukkan bahwa pada diameter katup pengantar 2.00 inci efisiensi pompa hidram sebesar 22.16%. Pada diameter katup pengantar 2.25 inci efisiensi pompa hidram sebesar 29.89%. Pada diameter katup pengantar 2.50 inci efisiensi pompa hidram sebesar 39.12%. Sedangkan pada diameter katup pengantar 2.75 inci efisiensi pompa hidram sebesar 40.09%. Jika di lihat dari tren garis, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa diameter katup pengantar semakin besar

diameter katup pengantar semakin besar efisiensi pompa hidram. Jika kita bandingkan dengan grafik pada Gambar 4, perubahan nilai efisiensi identik dengan perubahan nilai debit aliran pada pipa keluar. Hasil ini sejalan dengan penelitian [13] yaitu variasi luas total lubang katup hantar adalah 1993.3 mm<sup>2</sup>, 2511.1 mm<sup>2</sup>, 1533.9 mm<sup>2</sup>, dan 1017.9 mm<sup>2</sup>. Hasil menunjukkan bahwa luas total lubang katup hantar mempengaruhi nilai efisiensi pompa

hidram, semakin kecil nilai luas total lubang semakin kecil nilai efisiensi pemompaan.

Katup pengantar adalah katup yang menghantarkan air dari rumah pompa ke tabung udara, serta menahan air yang telah masuk agar tidak kembali masuk ke rumah pompa. Katup pengantar terbuka akibat dari tekanan air di rumah pompa sehingga air naik melalui pipa pengantar. Pada saat aliran dari rumah pompa sudah mengecil maka udara memberikan tekanan air ke pipa pengantar dan juga mendorong katup pengantar sehingga tertutup. Hasil ini juga didukung oleh penelitian sebelumnya yaitu diameter katup penghantar mempengaruhi jumlah debit air limbah dan debit air hasil pemompaan, Serta berpengaruh langsung terhadap nilai efisiensi pompa hidram [12]. Hasil yang sama juga di peroleh [1] yaitu diameter katup pengantar sangat berpengaruh terhadap kinerja pompa hidram. Selanjutnya berdasarkan persamaan efisiensi pompa hidram, efisiensi berbanding lurus terhadap debit aliran yang melalui pipa keluar atau debit air pemompaan dan berbanding terbalik terhadap debit air yang mengalir melalui katup limbah.

#### SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data dapat disimpulkan bahwa diameter katup pengantar berpengaruh terhadap debit aliran melalui katup limbah, debit aliran melalui katup pengantar, jumlah ketukan dan juga efisiensi pompa hidram. Debit air yang melalui katup limbah terbesar dan jumlah ketukan terbanyak terjadi pada diameter katup pengantar 2.25 inci yaitu berturut-turut 0.001645 m<sup>3</sup>/s dan 56.67 ketukan. Sedangkan debit aliran melalui pipa keluar dan efisiensi pompa terjadi pada diameter katup pengantar 2.75 inci yaitu berturut-turut 0.0000921 m<sup>3</sup>/s dan 40.09%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhamad Jafri, Jefri S. Bale, and Alionvember R. Thei, 2020, "Experimental Study of Waste Valves and Delivery Valves Diameter Effect on the Efficiency of 3-Inch Hydraulic Ram Pumps", *International Journal of Fluid Machinery and Systems (IJFMS)*. Vol. 13, No. 3, July-September 2020, DOI: <http://dx.doi.org/10.5293/IJFMS.2020.13.3.615>.
  - [2] Muhamad Jafri, Gusnawati, Apriyanto Banamtuan, 2016, "Analisa Beda Tinggi Katup dan Variasi Diameter Pipa Inlet Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram Ukuran Dua Inchi", *LJTMU*, vol. 03, no. 01, hal. 71-76, 2016.
  - [3] Muhamad Jafri, Arifin Sanusi, 2019, "Analysis Effect of Supply Head and Delivery Pipe Length toward the Efficiency Hydraulic Ram 3 Inches", *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, Volume 4, Issue 2, pp. 263-266, DOI: 10.5281/zenodo.3153468, <http://irjaes.com/wp-content/uploads/2020/10/IRJAES-V4N2P492Y19.pdf>.
  - [4] Hanafie, J., de Longh. H, 1979, *Teknologi Pompa Hidraolik Ram Buku Petunjuk Untuk Pembuatan dan Pemasangan*. PTP-ITB Ganesha, Bandung.
  - [5] Matthias Inthachot et al, 2015, "Hydraulic ram pumps for irrigation", in *Northern Thailand Agriculture and Agricultural Science Procedia* 5 pp. 107 – 114.
  - [6] Harith, M. N., Bakar, R. A., Ramasamy, D., Ma Qunjin, 2017, "A significant effect on flow analysis & simulation study of improve design hydraulic pump", *4th International Conference on Mechanical Engineering Research (ICMER2017)*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
  - [7] Diwan, P., Patel, A., and Sahu, L, 2016., "Design and Fabrication of Hydraulic Ram with Methods of Improving Efficiency", in *International Journal of Current*
-

- Engineering and Scientific Research (IJCESR)*, Vol. 3, No. 4, (Technical Research Organization India, 2016), pp. 5-13.
- [8] Rohan, D. Balgude, et al., 2015, "Designing of Hydraulic Ram Pump". *International Journal of Engineering and Computer Science* ISSN: 2319-7242 Volume 4 Issue 5 May 2015, Page No. 11966-11971.
- [9] Seth, J., 2013 *How to build a Hydraulic Ram Pump*," LandToHouse.com.
- [10] Young, B. W., 1996, "Journal of Power and Energy," 1990-1996 (vols 204-210), 210 p 245-248.
- [11] Hussin, N.S.M., Gamil, S.A., Amin, N.A.M., Safar, M.J.A., Majid, M.S.A., Kazim, M.N.F.M., Nasir, N.F.M., 2017, "Design and analysis of hydraulic ram water pumping system," *In Proceedings of the International Conference on Applications and Design in Mechanical Engineering (ICADME 2017)*, Penang, Malaysia, 21–22 August 2017.
- [12] Nurhayati, Muhamad Jafri, Noverlyandy Muda, 2016, "Studi Eksperimental Pengaruh Sudut Pipa Masuk (*Driven Pipe*) dan Diameter Katup Penghantar (*Delivery Valve*) terhadap Efisiensi Pompa Hidram 2 Inchi". *LJTMU*: Vol. 03, No. 02, ISSN Print : 2356-3222. ISSN Online: 2407-3555. Oktober 2016, (67-72)
- [13] Wiseno Wihadi RB.D., 2013, "Studi Pengaruh Luasan Total Lubang Katup". *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII (SNTTM XII)*. Bandar Lampung, 23-24 Oktober 2013