

## Kajian eksperimental head losses katup limbah pompa hidram

Made Suarda<sup>1)\*</sup>, Ainul Ghurri<sup>2)</sup>, Made Sucipta<sup>3)</sup>, I Nengah Suweden<sup>4)</sup>

<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

<sup>4)</sup>Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

### Abstrak

Disain katup limbah yang baik dan penyetelan panjang langkah (*stroke*) yang tepat merupakan faktor penting untuk operasi pompa hidram yang halus dan efisien. Katup limbah harus mampu menutup dengan cepat untuk menghasilkan tekanan tinggi pada saat terjadi water hammer. Disain detail katup limbah meliputi luas lubang katup limbah, luas penampang piringan katup, dan panjang langkah katup. Penelitian sebelumnya menyarankan bahwa diameter lubang katup limbah harus sama atau lebih besar dengan diameter pipa penggerak untuk menghindari terhambatnya aliran air keluar katup limbah. Namun diameter optimal katup limbah belum diketahui. Katup limbah tertutup akibat gaya drag yang terjadi karena aliran air melewati katup tersebut. Jadi geometri katup limbah adalah sedemikian rupa sehingga gaya seret tersebut meningkat dengan cepat sesuai arah pergerakan katup tersebut menuju posisi tertutupnya. *Friction drag* mengakibatkan kehilangan energi atau head losses aliran air melewati katup limbah yang merupakan besarnya perubahan energi aliran sebelum dan sesudah katup limbah tersebut. Head losses tersebut dapat diinvestigasi dengan mengukur tekanan di bawah katup limbah dan debit aliran yang mengalir melewati katup limbah tersebut pada posisi kesetimbangannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio diameter lubang katup limbah terhadap diameter pipa penggerak yang mengakibatkan head losses terendah adalah sekitar 130 persen atau pada rasio luas penampangnya sekitar 172 persen.

Kata kunci: Pompa hidram, katup limbah, head losses, rasio diameter

### Abstract

Suitable design and appropriate stroke adjustment of a waste valve are important factors for smooth and efficient hydram pump operation. The waste valve must be able to close quickly to produce high pressure during a water hammer take placed. In addition, detailed design of the waste valve comprises of the hole-diameter of the valve, the cross-sectional area of valve disc, and the valve step stroke. Prior researches suggest that the hole-diameter of the waste valve should be equal to or greater than the diameter of the drive pipe to avoid obstruction of the outflow passes throught the waste valve. However, the optimal diameter of the waste valve is unidentified yet. The waste valve is closed due to the drag force that take places as the water flow passes through the valve. Therefore, the geometry of the waste valve is such that the drag force increases rapidly as the direction of the valve moves to its closed position. Friction drag results in loss of energy or head losses of water flow through the waste valve which is the magnitude of the change of energy flow before and after the waste valve. Head losses can be investigated by measuring the pressure under the waste valve and the flow discharge flowing through the waste valve at its equilibrium position. The results showed that the ratio of the diameter of the waste valve to the diameter of the diameter of the drive pipe which is resulting in the lowest head losses was about 130 percent or at the cross-sectional area ratio was about 172 percent.

Keywords: Hydraulic ram, waste valve, head lsses, diameter ratio

### 1. Pendahuluan

Jenis pompa yang lazim digunakan saat ini adalah pompa air yang digerakkan oleh motor listrik, namun untuk daerah terpencil yang tidak terjangkau aliran listrik, hal tersebut akan menjadi masalah. Salah satu solusi alternatif dari permasalahan tersebut adalah menggunakan pompa *hydraulic ram* (hidram), yaitu pompa air yang tenaga penggerakanya berasal dari energi kinetik aliran air yang masuk melalui pipa penggerak [1]. Sistem pompa hidram adalah perangkat yang sangat sederhana yang terdiri dari dua pipa (pipa penggerak dan pipa penyalur), badan pompa, dua katup (katup limbah dan katup tekan), dan tabung udara. Momentum aliran air pada head penggerak yang relatif rendah digunakan untuk memompa sebagian kecil dari aliran air ke head penyaluran yang jauh lebih tinggi.

Sejak ditemukan pertama kali oleh John Whitehurst pada tahun 1771, penjelasan rinci dari pompa hidrolis ini belum banyak bisa dipahami [2]. Sebagai akibatnya desain dan perhitungan matematis

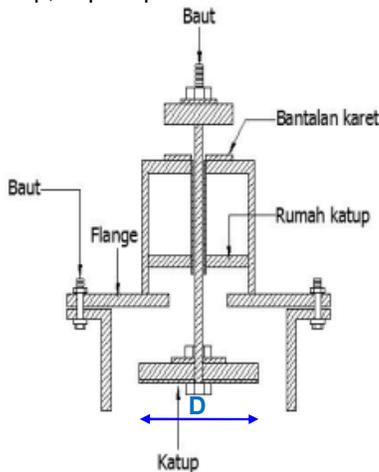
dari pompa hidrolis ini belum ditemukan hingga kini, sehingga pembuatannya bergantung pada asumsi dari pengalaman - pengalaman sebelumnya. Palu air merupakan mekanis penggerak dari pompa hidram. Pendekatan teori dari O'Brien dan Gosline [3], Lansford dan Dugan [4] dan Krol [5] menyatakan bahwa karakteristik pompa hidrolis, berdasarkan pada sistem mekanik dan kinetik yang menghentak mengakibatkan terjadinya peningkatan tekanan di bagian keluar air. Seiring dengan pendekatan teoritis tersebut, maka pompa hidrolis selanjutnya disebut dengan Ram Hydraulic Pump atau hydram pump, yakni pompa yang bekerja berdasarkan hentakan hidrolis.

Pompa hidram terdiri dari dua bagian yang bergerak, yaitu katup limbah (*waste or impulse valve*) dan katup tekan (*delivery valve*). Katup limbah dan katup tekan tersebut merupakan komponen utama pompa hidram [6]. Mekanisme kerja kedua katup ini yang mengakibatkan terjadinya water hammer sebagai pemicu kerja pompa hidram sehingga sangat

\*Korespondensi: Tel./Fax.: 081999915718  
E-mail: made.suarda@unud.ac.id  
©Teknik Mesin Universitas Udayana 2017

menentukan unjuk kerja pompa hydram [7]. Katup limbah terutama berpengaruh pada besarnya gaya impulse yang dibangkitkan [8].

Disain katup limbah yang baik dan penyetelan panjang langkah (bukaan katup) yang tepat merupakan faktor penting untuk operasi pompa yang halus dan efisien. Katup limbah karena harus mampu menutup dengan cepat untuk menghasilkan tekanan tinggi pada saat terjadi water hammer. Disain detail katup limbah meliputi luas lubang katup limbah, luas penampang piringan katup, dan panjang langkah katup. Diameter lubang katup limbah harus sama atau lebih besar dengan diameter pipa penggerak untuk menghindari terhambatnya aliran air keluar katup limbah [9]. Chi dan Diemer menyarankan frekuensi katup limbah yang optimal adalah 24 denyutan per menit [10]. Sedangkan panjang langkah katup adalah sekitar 3~ 5 cm. Semakin panjang langkah katup akan memperkecil frekuensi katup, demikian sebaliknya. Umumnya, katup limbah pada pompa hydram mempunyai bentuk piringan plat datar yang dilengkapi dengan piringan karet supaya katup dapat menutup dengan kedap, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Katup limbah pompa hydram

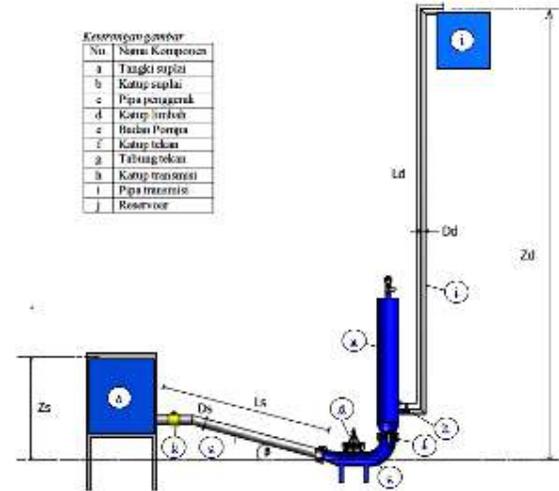
Katup limbah tertutup akibat gaya drag yang terjadi karena aliran air melewati katup tersebut. Katup limbah akan terbuka jika gaya berat katup lebih besar dari pada gaya drag aliran air yang diterima oleh piringan katup limbah tersebut. Sebaliknya, jika gaya drag lebih besar dari pada gaya berat katup tersebut maka katup limbah tersebut akan bergerak ke posisi tertutupnya.

Geometri katup limbah adalah sedemikian rupa sehingga gaya drag tersebut meningkat dengan cepat sesuai arah pergerakan katup tersebut menuju posisi tertutup, maka katup tersebut menutup dengan cepat. Kehilangan energi atau head losses aliran air melewati katup limbah adalah besarnya perubahan energi aliran sebelum dan sesudah katup limbah tersebut.

## 2. Metode Penelitian

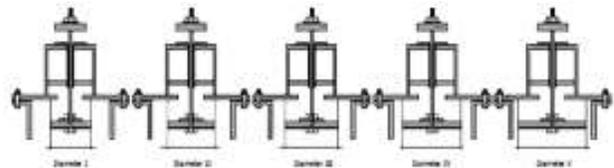
### 2.1. Rancangan Penelitian

Pengujian dilakukan pada model uji sistem pompa hydram yang telah terpasang di Laboratorium Konversi Energi program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana, seperti pada Gambar 2.

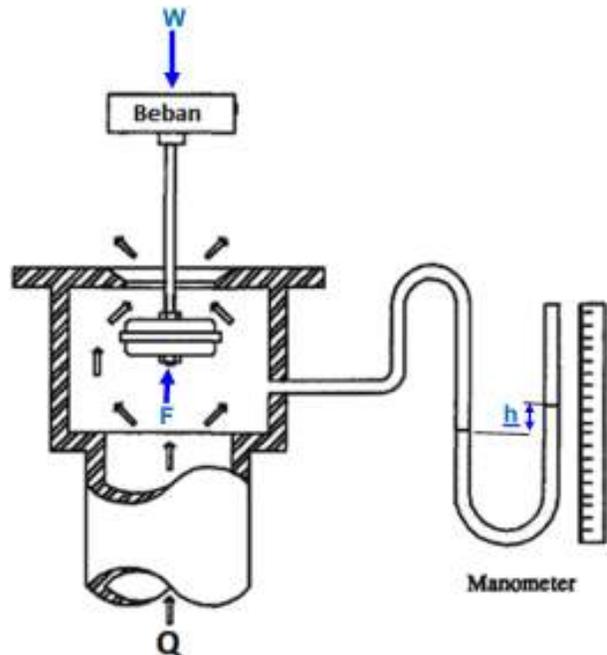


Gambar 2. Model uji sistem pompa hydram

Diameter lubang katup limbah disarankan harus sama atau lebih besar dari diameter pipa penggerak supaya tidak terjadi pencekikan aliran. Oleh sebab itu katup limbah yang akan diuji adalah mempunyai variasi diameter lubang aliran 32 mm, 37 mm, 42 mm, dan 47 mm, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Model uji katup limbah



Gambar 4. Rancangan penelitian

Pengujian dilakukan pada variasi debit aliran. Dalam pengujian, massa katup dan panjang langkah (*stroke*) diatur sedemikian rupa sehingga katup masih tetap dalam keadaan terbuka dan terjadi posisi kesetimbangan antara gaya berat katup limbah dan gaya seret aliran yang terjadi. Tapping tekanan

dipasang langsung di bawah katup, seperti pada Gambar 4. Massa katup ditimbang dengan neraca, dan debit aliran air diukur menggunakan V-notch weir.

Persamaan debit *V-notch weir* yang digunakan adalah persamaan Kindvater-Shen [11], yaitu:

$$Q = 4,28. C. \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) (h + k)^{5/2} \quad (1)$$

$$C = 0,607165052 - 0,000874466963. \theta + 6,10393334. 10^{-6} \theta^2$$

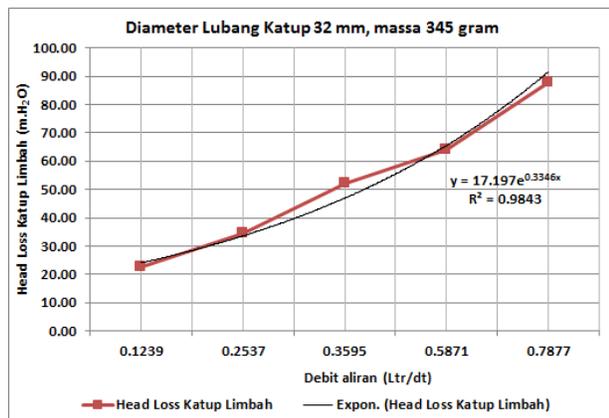
$$k = 0,0144902648 - 0,00083955535. \theta + 3,29819003. 10^{-6} \theta^2 - 1,06215442. 10^{-8} \theta^3$$

dimana Q adalah debit aliran air (cfs), C adalah koefisien debit aliran,  $\theta$  sudut *V-notch weir*, h adalah tinggi aliran melewati *V-notch weir*, dan k adalah faktor koreksi aliran *V-notch weir* (ft).

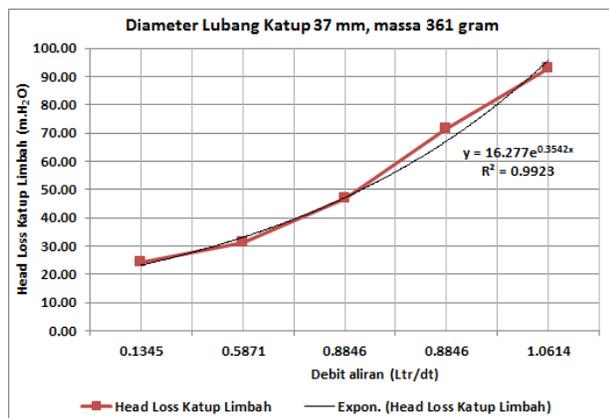
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil pengujian

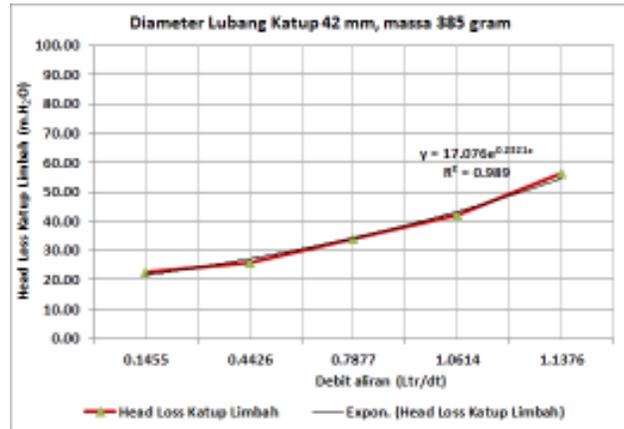
Berdasarkan data hasil pengujian yang didapatkan dan kemudian dapat digambarkan seperti pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 6.



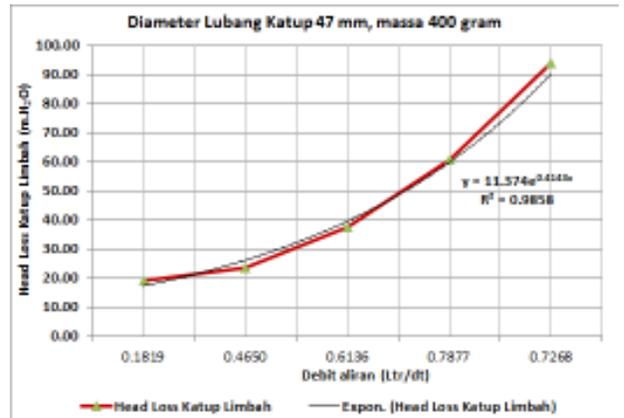
Gambar 5. Head losses katup limbah berdiameter 32 mm dan massa 345 gram



Gambar 6. Head losses katup limbah berdiameter 37 mm dan massa 361 gram



Gambar 7. Head losses katup limbah berdiameter 42 mm dan massa 385 gram



Gambar 8. Head losses katup limbah berdiameter 47 mm dan massa 400 gram

#### 3.2. Pembahasan

Secara umum Gambar 5 s/d 8 menunjukkan bahwa semakin besar debit aliran melewati katup limbah mengakibatkan head losses yang semakin besar pula. Hal ini sesuai dengan persamaan eksponensial head losses aliran dalam saluran pipa yaitu [12]:

$$h_f = k_f \cdot Q^n \quad (2)$$

bahwa head losses proporsional dengan debit pangkat bilangan eksponensialnya.

Selanjutnya, dengan membandingkan keempat grafik tersebut dapat diidentifikasi bahwa diameter lubang dudukan katup limbah 42 mm menghasilkan head losses paling rendah. Ini berarti dengan diameter pipa penggerak 32 mm maka rasio optimal yang paling sesuai diterapkan dalam pembuatan desain katup limbah pompa hydram adalah sekitar 130 persen atau pada rasio luas penampangnya sekitar 172 persen.

Disamping itu pada rasio diameter tersebut menghasilkan debit aliran air melewati katup limbah yang paling besar. Sehingga perubahan momentum dan gaya impulse yang akan terjadi juga paling besar. Akan tetapi pada rasio diameter yang lebih besar, yaitu pada diameter lubang katup 47 mm head losses yang terjadi lebih besar, dan debit alirannya lebih kecil karena luas penampang celah aliran antara piringan katup dan dinding dalam badan pompa lebih sempit

sehingga terjadi pengecilan aliran air saat keluar katup limbah.

#### 4. Simpulan

Diameter lubang aliran pada dudukan katup limbah mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap head losses dan debit aliran yang terjadi pada sistem pompa hydram. Rasio antara diameter lubang dudukan katup limbah dan diameter pipa penggerak yang paling optimal adalah sekitar 130 persen atau pada rasio luas penampangnya sekitar 172 persen.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Fakultas Teknik Universitas Udayana dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Udayana atas dukungan pendanaan penelitian yang telah diberikan dalam skim Hibah Penelitian Unggulan Udayana tahun 2017.

#### Daftar Pustaka

- [1] Inthachot, M., Saehaeng, S., Max, J.F.J., Müllerc, J. and Spreer, W. 2015. Hydraulic Ram Pumps for Irrigation in Northern Thailand. *Elsevier B.V. Agriculture and Agricultural Science Procedia* Vol. 5 (2015), pp.107-114.
- [2] Green dan Charter. 2004. *The Vulcan Hydraulic Ram Pump*. URL:\www.greenandcarter.com
- [3] O'Brien, M.P. dan Gosline, J.E. 1933. *The Hydraulic Ram*. University of California Press.
- [4] Lansford, W. M. and Dugan W. G. 1941. An Analytical and Experimental Study of the Hydraulic Ram. *University of Illinois Bulletin*. Vol 38 No. 22.
- [5] Krol, J. 1951. The Automatic Hydraulic Ram. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*. Vol. 165, pp 53-73
- [6] Tessema, A.A., 2000. Hydraulic Ram Pump System Design and Application. *ESME 5<sup>th</sup> Conference on Manufacturing and Process Industry*. September 2000, Addis Ababa, Ethiopia.
- [7] Jennings, G.D. 1996. Hydraulic Ram Pumps. *North Carolina Cooperative Extension Service*. Publication Number: EBAE 161-92. North Carolina.
- [8] Deo, A., Pathak, A., Khune, S. and Pawar, M.M. 2016. Design Methodology for Hydraulic Ram Pump. *IJIRST - International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, Vol 5, No. 4, pp. 4737- 4745.
- [9] Young, B. 1997. Design of Homologous Ram Pump. *Journal of Fluids Engineering, Transaction of the ASME*, Vol. 119, June 1997, pp. 360-365

- [10] Chi, M., dan Diemer, P. 2002. *Hydraulic Ram Handbook*. Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen
- [11] LMNO Engineering. 2015. V-Notch Weir Discharge Calculator and Equations. [Http://www.lmnoeng.com/weirs/vweir.php](http://www.lmnoeng.com/weirs/vweir.php)
- [12] Larok B.E., Jeppson R.W., Watters G.Z., 2000. *Hydraulics of Pipeline System*. CRC Press LLC, New York



**Made Suarda** menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Permesinan Kapal di ITS Surabaya pada tahun 1989. Pendidikan S2 (Master of Advanced Manufacturing Technology) diselesaikan di University of South Australia pada tahun 2004.. Saat ini ia bekerja sebagai dosen di Jurusan Teknik Mesin Uinversitas Udayana. Bidang penelitian utama yang digeluti mesin-mesin konversi energi terutama adalah pompa hydram dan kincir air.