

INVESTIGASI EFEK DEBIT FLUIDA DAN KARAKTERISTIK PEMBEBANAN DISK VALVE TERHADAP PERFORMA WATER HAMMER

Dwi Khusna^{1,a}, Gatot setyono^{2,b}, Siswadi Siswadi^{3,c}, Slamet Riyadi^{4,d}, Navik Kholili^{5,e} dan Alfi Nugroho^{6,f}

Program Studi Teknik Mesin Universitas Wijaya Putra^{1,2,3,4,5,6}

Jl. Raya Benowo No. 1-3 Surabaya, Jawa Timur, Indonesia^{1,2,3,4,5,6}

[d dwikhusna@uwp.ac.id](mailto:dwikhusna@uwp.ac.id)

Abstrak.

Penelitian ini dilakukan untuk memberikan penjelasan tentang studi eksperimental pengaruh variasi beban dan variasi aliran terhadap efek water hammer. Dimana efek ini akan mempengaruhi tekanan air yang akan dihasilkan jika setelah pembebanan dan perubahan bukaan *valve* yang diberikan akan menghasilkan efek *water hammer* yang lebih baik atau cenderung lebih buruk bila tidak memiliki kedua efek tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan studi eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui tekanan yang terjadi pada saat air mengalir dan kemudian ditutup secara tiba-tiba oleh katup pembuangan yang dihubungkan dengan aliran pipa dengan diameter 1,5 inci setelah beban dan variasi bukaan katup. Pada uji efek *water hammer* dengan sistem pompa *water hammer* hidrolis ini dimungkinkan untuk mengubah bukaan katup pemasukan air dengan perubahan beban katup yang diberikan untuk menentukan tekanan *water hammer* maksimum 378334,64 Pa setelah menerima katup bukaan 80 derajat dan tambahan beban 250 gr, dan efek *water hammer* terkecil dengan nilai 321376,44 Pa pada bukaan katup 50 derajat dan beban 150 gr. Saat menginvestigasi pompa hydraulic ram ini, dapat disimpulkan bahwa ukuran bukaan *valve* atau jumlah air yang masuk dan besarnya beban pada *discharge valve* yang akan mempengaruhi tekanan akan meningkat.

Kata kunci: debit fluida, karakteristik pembebanan, performa, *water hammer*.

Abstract.

This research was conducted to provide an explanation of experimental studies on the effect of load variations and flow variations on the water hammer effect. This effect will affect the water pressure generated if loading and changing the given valve opening will produce a better water hammer effect or tend to be worse if it does not have both of these effects. This research was carried out by conducting an experimental study which aims to determine the pressure that occurs when water flows and then is closed suddenly by a drain valve connected to a pipe flow with a diameter of 1.5 inches after loading and variations in valve opening. In the water hammer effect test with this hydraulic water hammer pump system, it is possible to change the water intake valve opening with a given valve load change to determine the maximum water hammer pressure of 378334.64 Pa after receiving a valve opening of 80 degrees and an additional 250 gr load, and the effect of water the smallest hammer with a value of 321376.44 Pa at a valve opening of 50 degrees and a load of 150 gr. Therefore, when investigating this hydraulic ram pump, it can be concluded that the size of the valve opening or the amount of water entering and the amount of load on the discharge valve will affect the pressure will increase.

Keywords: fluid discharge, loading characteristics, performance, *water hammer*.

Pendahuluan.

Air sudah sejak lama dimanfaatkan oleh manusia sebagai sumber pembangkit tenaga mekanis. Dengan hukum fisika, air dengan sendirinya mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah. Namun kenyataannya permukaan tanah tidak selalu datar atau rata, ada yang bergelombang dan lain sebagainya dan yang permukaan tanahnya lebih tinggi dari sumber air akan lebih sulit untuk mendapatkan pasokan air secara kontinyu [1][2]. Namun jumlah air relative tetap, sementara kebutuhan air sangat meningkat maka dari ketersediaan dan permintaan air perlu dikelola sedemikian rupa, sehingga air dapat disimpan jika berlebihan dan dapat dimanfaatkan saat dibutuhkan. Untuk menanggulangi masalah penyediaan air terhadap kebutuhan pertanian, peternakan, perikanan kebutuhan rumah tangga dan sebagainya dapat menggunakan pompa hidram (*hydraulic ram*) yang sangat sederhana dan murah, baik dalam pembuatan dan juga pemeliharaannya [3].

Dari berbagai macam situasi penggunaan pompa hidram memiliki keuntungan dibandingkan dengan pompa jenis lain. Yaitu, pompa ini tidak membutuhkan bahan bakar, tidak membutuhkan pelumas, bentuknya sederhana, biaya pembuatan dan perawatannya murah. Dan pompa ini bekerja 24 jam sehari [4]. Pompa hidram (Hydraulic ram) merupakan pompa air yang dijalankan dengan tenaga air itu sendiri. Bekerja seperti transformator hidrolik dimana air yang masuk ke dalam pompa mempunyai tekanan dan debit tertentu, menghasilkan air dengan hydraulic head yang lebih tinggi namun dengan debit yang lebih kecil. Pada kondisi seperti inilah pompa hidram menjadi sangat bermanfaat sekali, karena pompa ini tidak membutuhkan sumber daya lain selain energi kinetik dari air yang mengalir itu sendiri. Oleh karena itu penulis tertarik untuk membahas lebih lanjut tentang water hammer yang diberi judul “Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Beban dan Variasi Debit Terhadap Efek Water Hammer Pada Disk Valve” dimana studi ini lebih membahas tentang variasi debit dan variasi beban pada katub disk valve terhadap efek water hammer [5][6].

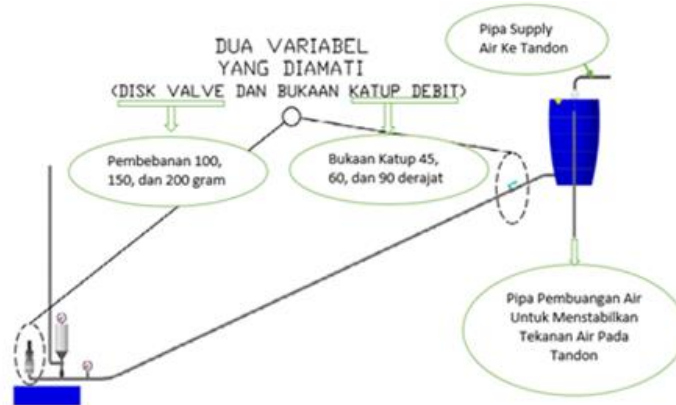
Metode pemompaan air konveksi yang sebagian besar bergantung pada penggunaan bahan bakar fosil menjadi semakin tidak ekonomis untuk dipelihara terutama di negara berkembang. Untuk menggantikan sumber energi tak terbarukan ini banyak sumber daya alternatif yang berbeda sedang diteliti dan diimplementasikan. Salah satu sumber energi terbarukan tersebut adalah penggunaan pompa hidram (hidram) di mana sungai atau aliran dengan gradien yang cukup tersedia. Pompa ram hidrolik dapat menjadi teknologi pemompaan air energi terbarukan yang layak dan tepat. Penelitian ini menyoroti pengembangan desain hidram yang tahan lama dan buatan lokal dengan menggunakan bahan yang murah dan mudah didapat. Sebuah rig uji juga dibuat dan digunakan untuk menganalisis parameter yang berbeda dari hidram yaitu bobot katup buang, tekanan pemompaan, head dan panjang langkah yang sesuai. Mengoptimalkan parameter ini memastikan bahwa kinerja hidram ditingkatkan dan sebagai hasilnya memberikan masa pakai pompa yang lebih lama [7].

Hidram sangat baik dipasang sebagai pompa di bukit karena dapat mensuplai air lebih banyak dari tinggi air masuk. Panjang langkah yang berbeda menunjukkan perilaku aliran air yang berbeda dan semakin panjang langkah, semakin banyak laju aliran air pada pipa pembuangan. Hydram memiliki potensi besar untuk berfungsi sebagai alat pemompaan yang sederhana dan andal di daerah perbukitan yang terpencil dan tidak terjangkau oleh suplai air [8]. Parameter operasi pada pompa hidram sangat mempengaruhi efisiensi pompa hidram. Dalam prakteknya di lapangan, ketinggian tidak sulit didapat, terutama untuk daerah pegunungan. Namun untuk beberapa daerah dataran tinggi, seringkali untuk mendapatkan ketinggian tertentu harus dengan elevasi yang besar dengan jarak elevasi pompa hidram ke sumber air. Pada penelitian ini akan dilakukan perubahan sudut variasi inlet terhadap efisiensi yang terjadi. Sehingga dengan adanya penelitian ini dapat menjadi tolak ukur untuk menentukan jarak pompa hidram dengan sumber air [9].

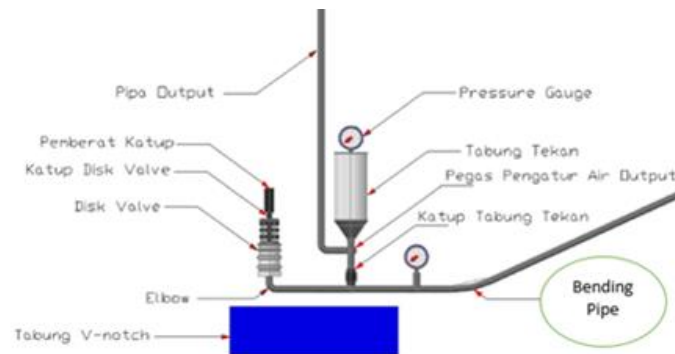
Berdasarkan dari penelitian terdahulu penulis melakukan studi eksperimental tentang water hammer. Penelitian ini yang diuji adalah variasi beban antara 100 gr, 150 gr, dan 200 gr dan pada bukaan katup 45 derajat, 60 derajat, dan 90 derajat pada penelitian ini menggunakan pipa berdiameter 1 inch dan disk valve 1,5 inch

Metodologi Penelitian

Untuk memberikan gambaran kepada pembaca penulis juga melakukan perancangan dari alat yang digunakan atau alat dari penelitian tersebut, seperti terlihat pada gambar 1. Dijelaskan secara umum atau secara keseluruhan bentuk dari design dimana alat yang akan diamati, dan pada gambar 2 merupakan bagian-bagian yang harus dipasang agar dapat terjadinya efek water hammer dan beberapa alat ukur agar mengetahui tekanan yang timbul dari water hammer.



Gambar 1. Rancangan alat uji dan variable yang diamati



Gambar 2. Area terjadinya *water hammer*

Proses pengambilan data dapat dilakukan adapun tahapan dari proses pengambilan data ini terdiri dari beberapa tahap diantaranya, adalah tahap pertama dilakukan dengan pembukaan penuh 90 derajat dengan menggunakan beberapa variasi beban 100, 150, dan 200 gram. Tahap kedua mengatur debit ke 60 derajat dengan cara memutar kran ke sudut 60 derajat dengan menggunakan beberapa variasi beban. Tahap ketiga mengatur debit ke 45 derajat dengan cara memutar kran ke sudut 45 derajat dengan menggunakan beberapa variasi beban 100, 150, dan 200 gram. Dari setiap tahap tersebut dilakukan pengambilan data dari tekanan pressure gauge yang dihasilkan, kecepatan, dan ketinggian H pada v-notch.

Hasil Dan Pembahasan.

Dalam penelitian ini penulis mengkalibrasi atau mengvalidasi v-notch untuk memastikan alat yang digunakan sesuai dengan kebutuhan. Untuk menentukan nilai koefisien discharge dapat diketahui dengan melakukan eksperimen dengan mengumpulkan data-data yang akan digunakan, kemudian dimasukkan kedalam persamaannya yang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Q_{v\text{-notch}} \approx C_d \tan \frac{\theta}{2} g^{1/2} H^{5/2} \quad (1)$$

Dalam pengujian pertama ini menggunakan sudut V-notch 90° atau dengan data-data yang sudah diketahui sebagai berikut :

V-notch = $80^\circ = 1.5708 \text{ rad}$
 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$
 Volume Botol = 2 liter = 0.002 m^3
 Diameter Pipa = 1 Inch = 0.0254 m
 $H_{\text{Instalasi}} = 4 \text{ m}$

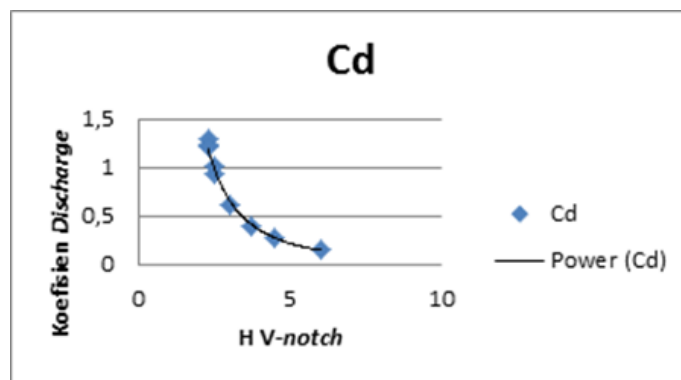
Tabel 1. Hasil Eksperimen untuk Mendapatkan Koefisien Discharge (C_d).

aliran ke-	Vol botol		Waktu s	Debit Act m3/s	Hv-notch		Cd
	liter	m3			cm	m	
1	2	0.002	6.72	0.000298	3	0.03	0.60988
2	2	0.002	6.95	0.000288	2.5	0.025	0.930212
3	2	0.002	6.38	0.000313	2.5	0.025	1.013319
4	2	0.002	6.42	0.000312	2.3	0.023	1.240402
5	2	0.002	6.13	0.000326	2.3	0.023	1.299083
6	2	0.002	6.55	0.000305	2.3	0.023	1.215783
7	2	0.002	6	0.000333	3.7	0.037	0.404354
8	2	0.002	5.3	0.000377	4.5	0.045	0.280614
9	2	0.002	4.73	0.000423	6	0.06	0.153171
Cd rata2							0.794091

Dengan percobaan yang telah dilakukan dan pengambilan data sebanyak enam kali menggunakan sudut v-notch 90° didapat koefisien discharge V-notch / Cd rata-rata = 0.794091. Grafik perubahan koefisien discharge V-notch (C_d) ditampilkan pada gambar 3.

Dari grafik eksperimen diatas maka dengan metode regresi eksponensial diperoleh hubungan antara Koefisien Discharge (C_d) dengan ketinggian air pada celah V-notch (H) sebagai berikut :

$$C_d = 7,3948.H^{-2,187} \quad (2)$$



Gambar 3. Perbandingan C_d terhadap ketinggian V-notch (H V-notch)

Dengan menggunakan data H perkiraan sesuai dengan instalasi pengujian, maka kecepatan air ($= v$) saat sampai dialat ukur V-unotch dengan asumsi tanpa gesekan bisa diperoleh dari rumus dibawah ini,

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{\text{Perkiraan}}} \quad (3)$$

Dengan ketinggian instalasi H perkiraan sebesar 5 m diperoleh kecepatan 9.8 m/s. Sehingga debit perkiraan yang terukur (= Q perkiraan) akan menjadi :

$$Q_{\text{perkiraan}} = A \cdot v = \frac{1}{4} \pi D^2 v \quad (4)$$

Dengan diameter dalam pipa 0,0254 m, maka didapatkan nilai $Q_{\text{Percobaan}}$ 0.08 m³/s. Dengan menggunakan hubungan C_d vs H (V-notch) maka didapatkan nilai $H_{\text{(v-notch)}}$ = 0,0835 m = 8,36 cm yang mana masih lebih kecil dari H V-notch maksimal yang dimiliki oleh alat ukur (yaitu sebesar 11 cm). Dengan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa V-notch dengan sudut 90 derajat dapat digunakan/layak dipakai untuk melakukan pencarian debit yang akan dilakukan.

Kesimpulan.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dan perhitungan dari analisa data yang didapatkan sesuai dengan tujuan penelitian. Maka dari hasil pengamatan serta perhitungan dapat diketahui bahwa kesimpulan yang di peroleh adalah;

1. Berdasarkan dari penelitian untuk pemberian beban terhadap efek water hammer adalah semakin besar beban maka semakin besar pula efek dari water hammer tersebut. Sebagai contoh pada perhitungan secara teoritis dan pengambilan data secara langsung melalui pembacaan di pressure gauge dengan bukaan katub yang sama dan pada variasi beban dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban maka efek dari water hammer tersebut juga meningkat atau bertambah besar pula. Secara teoritis pada bukaan katup 80 derajat dari beban 150 gram didapat nilai $P_{\text{hammer}} = 358741$ Pa dan semakin besar pembebanan yang diberi beban 250 gram menjadi $P_{\text{hammer}} = 378334.64$ Pa sedangkan mengacu pada data actual dari $P_{\text{hammer}} = 150000$ Pa menjadi $P_{\text{hammer}} = 180000$ Pa.
2. Berdasarkan dari penelitian untuk pemberian variasi bukaan katup terhadap efek *water hammer* adalah semakin besar dari bukaan katup tersebut maka semakin besar pula efek dari water hammer tersebut. Sebagai contoh semakin besar debit air masuk yang diberikan semakin besar pula efek dari *water hammer* tersebut, terbukti dari data pengujian saat pada beban 200 gram pada bukaan katub 50 derajat $P_{\text{hammer}} = 321376.4403$ Pa menjadi $P_{\text{hammer}} = 378334.64$ Pa saat pada bukaan katup 80 derajat. Dan berdasarkan pada data actual saat bukaan katub 50 derajat $P_{\text{hammer}} = 120000$ Pa menjadi $P_{\text{hammer}} = 150000$ Pa saat dikasih bukaan katup 80 derajat.
3. Dari pengujian yang telah dilakukan dan pengambilan data secara actual dan teoritis dapat diketahui bahwa semakin besar bukaan katup dan semakin besar pembebanan maka semakin besar pula tekanan dari water hammer tersebut.

Daftar Pustaka.

- [1] M. L. Hakim, N. Yuniarti, S. Sukir, and E. S. Damarwan, "Pengaruh Debit Air Terhadap Tegangan Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro," *J. Edukasi Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 75–81, Jul. 2020, doi: 10.21831/JEE.V4I1.32607.
- [2] E. Novianarenti, G. Setyono, and A. G. Safitra, "Experimental Study of the Performance Characteristic an Induced Draft Cooling Tower with Variates Fillings," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 462, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/462/1/012027.
- [3] M. H. Zulfiar, P. Teknologi, P. Hidram, and M. Pedesaan, "Penerapan Teknologi Pompa Hidram bagi Masyarakat Pedesaan," *Berdikari J. Inov. dan Penerapan Ipteks*, vol. 8, no. 1, pp. 1–12, Apr. 2020, doi: 10.18196/BDR.8171.
- [4] A. Puspawan, A. Suandi, Y. Witanto, and S. T. Putra, "Analisa Pengaruh Variasi Diameter Tabung dan Jarak Katup Buang Limbah terhadap Unjuk Kerja Sistem Pompa Hidrolik Ram [Pompa Hidram]," *Rekayasa Mek. Mech. Eng. Sci. Journal, Pure Inter Discip.*, vol. 4, no. 2, pp. 25–30, 2020, doi: 10.31186/REKAYASAMEKANIK.V4I2.18395.

- [5] G. S. Bawono, D. Khusna, Z. Lillahulhaq, and N. Saidatin, “Analisis Variasi Beban dan Bentuk Disk Katup Limbah Terhadap Efek Water Hammer,” *J. Mech. Eng. Sci. Innov.*, vol. 1, no. 1, May 2021, doi: 10.31284/J.JMESI.2021.VIII.1759.
- [6] B. Setyono, G. Setyono, S. Pratama, I. Teknologi, and A. Tama, “Pengaruh Kecepatan Potong Dan Kedalaman Potong Terhadap Kekasaran Permukaan Baja ST60 , Aluminium , Dan Polyethylene Pada Mesin CNC Turning Fanuc Oi Mate TC VT15L Type PU 2A,” in *Seminar Nasional Sain Dan Teknologi Terapan VIII*, 2020, pp. 247–254.
- [7] R. N. Mbiu, S. M. Maranga, and M. Mwai, “Performance Testing of Hydraulic Ram Pump,” *Proc. Sustain. Res. Innov. Conf.*, pp. 6–8, Mar. 2022, Accessed: Oct. 27, 2022. [Online]. Available: <https://sri.jkuat.ac.ke/jkuatsri/index.php/sri/article/view/178>.
- [8] F. S. Januddi, M. M. Huzni, M. S. Effendy, A. Bakri, Z. Mohammad, and Z. Ismail, “Development and Testing of Hydraulic Ram Pump (Hydram): Experiments and Simulations,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 440, no. 1, p. 012032, Oct. 2018, doi: 10.1088/1757-899X/440/1/012032.
- [9] E. Koswara, D. Ariandoyo, K. Abdul Halim Street No, -Majalengka Kulon, and J. Barat, “Analytical Study Of The Effect Of Inlet Angle Variation On Hydram Pump Efficiency,” *SINTEK J. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 14, no. 2, pp. 107–111, Dec. 2020, doi: 10.24853/SINTEK.14.2.107-111.