



Optimization of Waste Valve Load on Hydrum Pumps to Support Food Self-Sufficiency in Remote Areas

Jumriadi^{1*}, Sitti Nur Isnian²

¹Universitas Sam Ratulangi Manado

²Universitas Halu Oleo Kendari

Corresponding Author: Jumriadi jumriadi@unsrat.ac.id

ARTICLE INFO

Keywords: Waste Valve Load, Hydraulic Ram Pump Efficiency, Food Self-Sufficiency

Received : 08, November

Revised : 10, December

Accepted: 12, January

©2024 Jumriadi, Isnian: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRACT

The research aims to analyze the effect of waste valve loads on the performance of hydraulic ram pumps in supporting food self-sufficiency in areas with agricultural lands located at higher elevations than the water source, with limited access to energy resources. The method used is experimental and analyzed using mathematical equations based on hydraulic ram pump theory. The measured data include water discharge, flow velocity, and pump efficiency. The waste valve load masses used are 0.5 kg, 0.55 kg, 0.6 kg, 0.65 kg, 0.7 kg, and 0.75 kg. The results show that the waste valve load mass affects water discharge, flow velocity, and pump efficiency. The highest pump efficiency occurred at a valve load mass of 0.55 kg, reaching 40.86%, while the lowest efficiency occurred at a valve load mass of 0.7 kg, at 25.33%.

Optimasi Beban Katup Limbah pada Pompa Hidram untuk Mendukung Swasembada Pangan di Daerah Terpencil

Jumriadi^{1*}, Sitti Nur Isnian²

¹Universitas Sam Ratulangi Manado

²Universitas Halu Oleo Kendari

Corresponding Author: Jumriadi jumriadi@unsrat.ac.id

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Beban Katup Limbah, Efisiensi pompa hidram, Swasembada Pangan

Received : 08, November

Revised : 10, Desember

Accepted: 12, Januari

©2024 Jumriadi, Isnian: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRAK

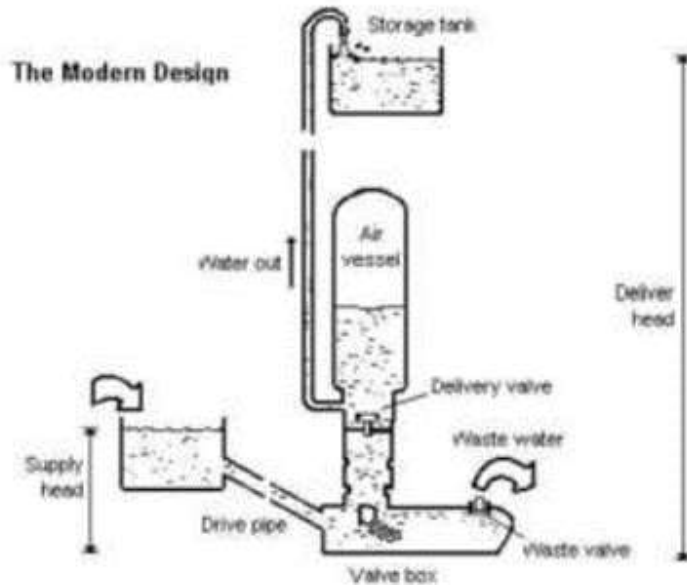
Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis pengaruh beban katup limbah terhadap unjuk kerja pompa hidram dalam mendukung swasembada pangan pada daerah-daerah dengan lahan pertanian yang berada di atas ketinggian dari sumber air yang ada dengan keterbatasan akses sumber energi. Metode yang digunakan adalah eksperimen dan dianalisis menggunakan persamaan matematis dalam teori pompa hidram. Data-data yang diukur adalah debit air, kecepatan aliran, dan efisiensi kerja pompa. Massa beban katup yang digunakan yaitu 0,5 Kg, 0,55 Kg, 0,6 Kg, 0,65 Kg, 0,7 Kg, dan 0,75 Kg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa massa beban katup limbah berpengaruh terhadap debit air, kecepatan aliran dan efisiensi pompa. Efisiensi pompa tertinggi terjadi pada massa beban katup 0,55 Kg yakni 40,86 % dan efisiensi terendah terjadi pada massa beban katup 0,7 Kg yakni 25,33 %.

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan paling vital bagi kelangsungan makhluk hidup seperti manusia, hewan dan tumbuhan. Air adalah sumber kehidupan. Bisa dipastikan, kehidupan dimuka bumi tidak akan ada tanpa adanya air (Carlo et al., 2024). Bagi manusia, air merupakan kebutuhan pokok untuk melangsungkan berbagai aktifitas seperti keperluan rumah tangga hingga keperluan pertanian (Rizkiani et al., 2023). Pada bidang pertanian, air adalah faktor utama yang menentukan keberlanjutan produksi pertanian (Heryani et al., 2020). Namun, di era modern saat ini, dunia dibayang-bayangi dengan kekurangan sumber daya air untuk memenuhi semua aktifitas kebutuhan manusia termasuk bidang pertanian. Krisis air bisa disebabkan oleh perubahan iklim, pencemaran air, serta pertumbuhan populasi yang begitu pesat sehingga permintaan air bersih meningkat namun pasokan air yang tersedia sangat terbatas (Fransiska et al., 2024). Keterbatasan mendapatkan sumber air juga bisa disebabkan tempat tinggal dan lahan pertanian masyarakat berada diatas dari sumber air yang tersedia sehingga memerlukan mesin pendorong untuk memompa air dari sumber ke tempat tinggal dan lahan pertanian masyarakat. Keterbatasan sumber energi listrik terutama di daerah-daerah terpencil sering menjadi kendala bagi masyarakat untuk mengoperasikan pompa (Jafri et al., 2020). Salah satu solusi yang bisa dilakukan dalam mengatasi masalah ini adalah membuat teknologi pompa yang tidak memerlukan bahan bakar minyak maupun listrik. Jenis pompa ini disebut dengan nama pompa Hidram (Hydraulic Ram). Jenis pompa ini sangat cocok untuk irigasi dan pengadaan air baku dengan biaya operasional yang sangat minim dan dapat beroperasi 24 jam secara terus menerus (Himari, 2020).

Pompa hidram atau singkatan dari hidrolis ram berasal dari kata hidro yang berarti cairan (air) dan ram yang berarti hantaman, pukulan, atau tekanan. Dengan kata lain, pompa hidram merupakan jenis pompa air yang bekerja berdasarkan prinsip palu air (*water hammer*) dari air yang masuk ke dalam pompa itu sendiri. Pompa hidram bekerja karena ada perbedaan ketinggian antara sumber air dengan body pompa sehingga kecepatan aliran air akan menghasilkan energi potensial dan kinetis yang memadai untuk bisa menggerakkan pompa (Basori et al., 2013). Pompa hidram dengan rancangan yang baik akan tahan lama dan beroperasi beberapa dekade. Pompa hidram secara umum memiliki dua katup penggerak yakni katup limbah dan katup hisap/pengiriman yang keduanya beroperasi secara kontinyu dari aksi dinamis fluida dari siklus pemompaan. Karen itu, pompa hidram merupakan peralatan yang ramah lingkungan karena tidak memerlukan bahan bakar fosil (Zeidan & Ostfeld, 2022).

Secara umum, komponen utama dari pompa hidram adalah tangki pemasok air, pipa penggerak, badan pompa, katup limbah, katup pengiriman, katup snifter, tabung udara, dan pipa pengiriman/outlet (Jafri et al., 2020). Seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Pompa Hidram (Balgude et al., 2015)

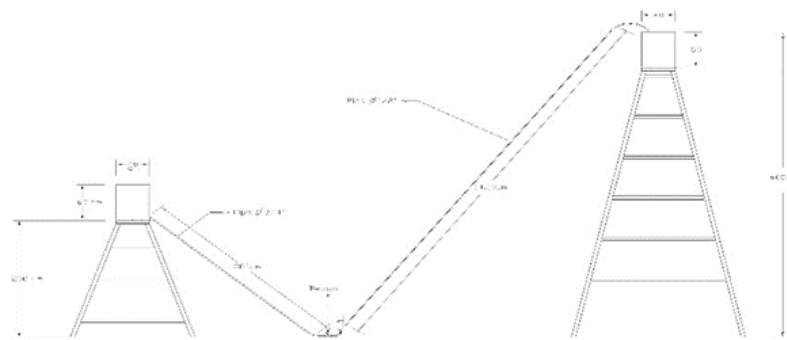
Proses kerja pompa hidram dimulai saat air yang masuk ke pipa penggerak berasal dari ketinggian tertentu dan memiliki tekanan tinggi sehingga katup limbah tertutup dan terbuka oleh momentum air dan akan mendorong air masuk ke tabung udara dengan tekanan yang lebih tinggi, ruang udara akan menekan air yang menyebabkan katup pengiriman menutup dan katup udara akan terbuka sehingga air akan naik melalui pipa outlet dengan ketinggian yang melebihi sumber air (Jafri et al., 2020). Efektifitas dan efisiensi kerja pompa hidram dipengaruhi beberapa parameter diantaranya diametertabung udara, ketinggian reservoir, Panjang pipa inlet, dan beban katup limbah (Prasetyo et al., 2017). Olehnya itu, pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap pengaruh beban katup limbah terhadap unjuk kerja pompa hidram (kapasitas pemompaan, head pemompaan, debit aliran dan efisiensi pompa).

TINJAUAN PUSTAKA

Air merupakan salah satu kebutuhan paling vital bagi kelangsungan makhluk hidup seperti manusia, hewan dan tumbuhan. Air adalah sumber kehidupan. Bisa dipastikan, kehidupan dimuka bumi tidak akan ada tanpa adanya air (Carlo et al., 2024). Bagi manusia, air merupakan kebutuhan pokok untuk melangsungkan berbagai aktifitas seperti keperluan rumah tangga hingga keperluan pertanian (Rizkiani et al., 2023). Proses kerja pompa hidram dimulai saat air yang masuk ke pipa penggerak berasal dari ketinggian tertentu dan memiliki tekanan tinggi sehingga katup limbah tertutup dan terbuka oleh momentum air dan akan mendorong air masuk ke tabung udara dengan tekanan yang lebih tinggi, ruang udara akan menekan air yang menyebabkan katup pengiriman menutup dan katup udara akan terbuka sehingga air akan naik melalui pipa outlet dengan ketinggian yang melebihi sumber air (Jafri et al., 2020).

METODOLOGI

Motode yang digunakan adalah eksperimen dan dianalisis menggunakan persamaan matematis dalam teori pompa hidram. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pompa hynam 3 inci sebagai media uji dengan ukuran tabung udara yang digunakan adalah 0,0762 m yang terbuat dari PVC jenis AW, Manometer tekanan air yang diletakkan pada tabung udara, stop wach untuk mengukur lamanya pengambilan data debit aliran setiap pengambilan sampel. Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini sebaian besar adalah pipa jenis PVC AW dengan diameter pipa masuk adalah 0,01905 m dan diameter pipa keluar (outlet) adalah 0,0127 m. Adapun ukuran katup limbah yang digunakan adalah 0,0254 m dan katup hisap 0,01905 m. Beban katup limbah yang digunakan terbuat dari besi dengan variasi massa 0,5 Kg, 0,55 Kg, 0,6 Kg, 0,65 Kg, 0,7 Kg, dan 0,75 Kg. Selama penelitian, air yang masuk ke dalam pompa dianggap kontinyu dengan tinggi air di permukaan reservoir dijaga tetap stabil.



Gambar 2. Desain Alat Uji

Tinggi resesvoar dari pompa adalah 2,6 meter dengan panjang pipa inlet dari reservoir ke pompa adalah 3 meter. Sedangkan tinggi (head) pemompaan adalah 6 meter dengan Panjang pipa yang digunakan yakni 14,1 m.

Analisa data dalam penelitian ini adalah dengan teknik deskriptif yaitu teknik yang digunakan untuk mendeskripsikan atau menyampaikan hasil penelitian dalam bentuk grafik. Data yang diambil dalam penelitian ini adalah waktu volume air mencapai 10 liter, waktu debit aliran masuk, tekanan keluar air dengan variasi berat beban katup yang berbeda, waktu debit pemompaan tiap mencapai 10 liter, waktu debit limbah air tiap mencapai 10 liter. Penelitian ini disajikan dalam bentuk hubungan grafik beban katup Vs debit aliran (Q), beban katup Vs efisiensi pompa, dan beban katup Vs kecepatan aliran (V), sehingga didapatkan unjuk kerja pompa hidram tiap variasi berat beban katup yang berbeda.

Semua debit aliran diukur baik debit air masuk (Q_m), debit air limbah (Q_l), dan debit air yang dihasilkan di pipa output (Q_h). Adapun persamaan yang digunakan adalah :

$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{Waktu}} \left(\frac{m^3}{s} \right) \dots\dots\dots(1)$$

Sedangkan untuk mencari kecepatan aliran baik kecepatan aliran masuk, kecepatan aliran di katup limbah dan kecepatan aliran pada pipa output/hasil menggunakan persamaan:

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} (m/s) \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

Q : Debit air (m^3/s)

d : Diameter pipa (m^2)

Persamaan yang digunakan untuk efisiensi pompa adalah :

$$\eta_D = \frac{Q_h \times h}{(Q_h + Q_l)H} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

η_D : Efisiensi pompa hidram (%)

Q_h : Debit air hasil pemompaan (m^3/s)

Q_l : Debit air di katup limbah (m^3/s)

h : Head efektif keluar (m)

H : Head efektif masuk (m)

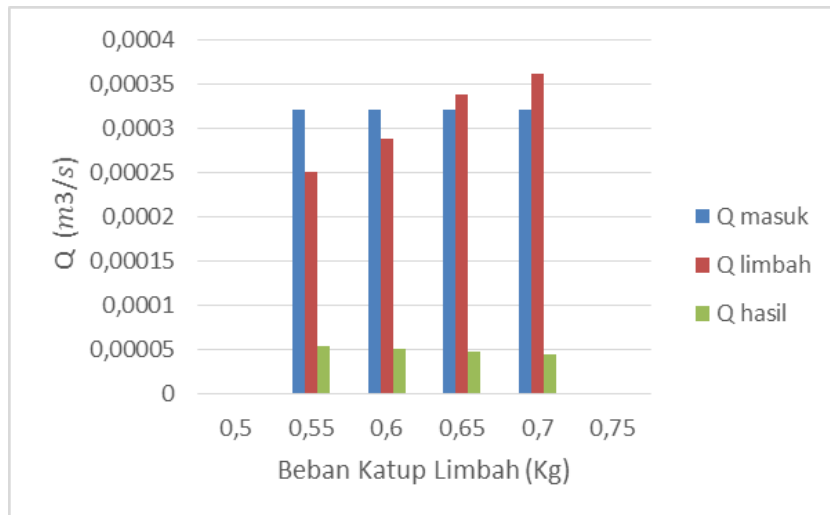
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hubungan Beban Katup Limbah dan Debit Air

Data-data hasil pengujian untuk debit air (Q) baik debit air masuk (Q_m), debit air katup limbah (Q_l), maupun debit air hasil pemompaan (Q_h) dapat dilihat pada tabel 1.

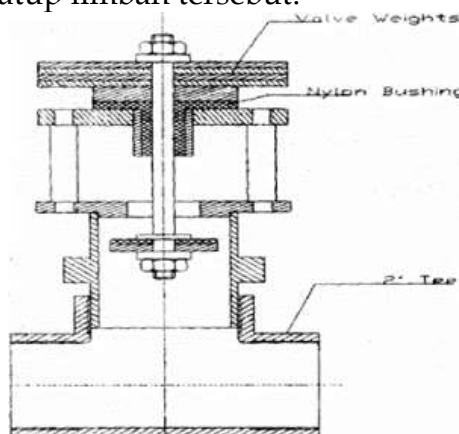
Tabel 1. Data Debit Air Masuk (Q_m), Debit Air Katup Limbah (Q_l), dan Debit Air Hasil Pemompaan (Q_h) pada Setiap Beban Katup Limbah

No.	Beban Katup (Kg)	Q masuk (m^3/s)	Q hasil (m^3/s)	Q limbah (m^3/s)
1	0.5	0	0	0
2	0.55	0.000321337	5.39782E-05	0.000250853
3	0.6	0.000321337	5.12873E-05	0.000287687
4	0.65	0.000321337	4.77418E-05	0.000338066
5	0.7	0.000321337	4.45752E-05	0.000361533
6	0.75	0	0	0



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Beban Katup Limbah dan Debit Air

Pada gambar 3 hubungan grafik antara masa beban katup limbah terhadap debit hasil pemompaan (Q hasil) terlihat bahwa pada masa beban 0,5 Kg debit hasil pemompaan 0 karena disebabkan pompa hidram tidak bekerja. Hal tersebut dikarenakan beban katup limbah terlalu ringan sehingga tidak bisa membuka kembali katup limbah yang tertutup disebabkan besarnya tekanan air yang keluar melalui katup limbah. Sedangkan pada masa beban 0,55 Kg, debit pemompaan yang dihasilkan adalah $5,4 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$. Massa beban 0,55 Kg adalah berat ideal untuk pompa hidram yang digunakan. Pada masa beban 0,55 Kg tersebut proses pembukaan dan penutupan katup terjadi lebih stabil sehingga debit air pemompaan yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan masa beban katup limbah yang lain. Pada masa beban katup limbah 0,6 Kg, 0,65 Kg dan 0,7 Kg terjadi penurunan debit (Q) yang dihasilkan. Hal ini diakibatkan beban katup limbah membutuhkan waktu untuk menutup kembali katup sehingga banyak air yang keluar melalui katup limbah dan hal tersebut mengakibatkan *water hammer* jarang terjadi. Sedangkan pada berat beban katup 0,75 Kg pompa kembali tidak bekerja disebabkan tekanan air tidak mampu menutup kembali katup limbah karena massa beban terlalu berat sehingga semua air keluar melalui katup limbah. Hal ini diakibatkan tekan air yang masuk tidak mampu mendorong gaya berat yang dihasilkan oleh beban karena massa dan gravitasi yang ada pada beban katup limbah tersebut.



Gambar 4. Prinsip Kerja Beban Katup Limbah

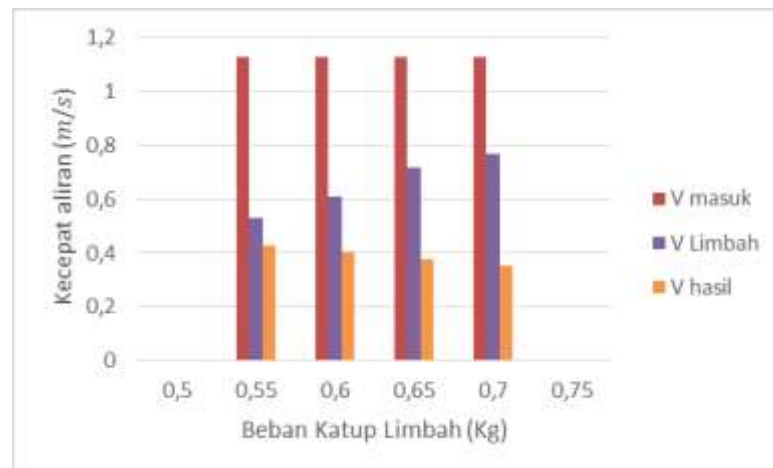
Jadi, debit (Q) pemompaan dipengaruhi oleh beban katup limbah. semakin besar massa beban katup limbah maka semakin kecil debit pemompaan yang dihasilkan begitupun juga semakin ringan massa beban katup limbah maka semakin besar debit pemompaan yang dihasilkan. Namun jika beban pada katup limbah juga terlalu ringan, pompa hidram tidak bisa bekerja atau katup limbah tidak akan bergerak secara otomatis (Jafri et al., 2020).

Hubungan Beban Katup Limbah dan Kecepatan Aliran Fluida

Data hasil perhitungan kecepatan aliran fluida pada setiap massa beban katup yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data Kecepatan Aliran Air pada Setiap Massa Beban Katup

No.	Beban Katup (Kg)	V masuk (m/s)	V hasil (m/s)	V limbah (m/s)
1	0.5	0	0	0
2	0.55	1.12797843	0.426325433	0.532374568
3	0.6	1.12797843	0.40507257	0.610546023
4	0.65	1.12797843	0.377069845	0.717463819
5	0.7	1.12797843	0.352059596	0.76726608
6	0.75	0	0	0



Gambar 5. Grafik Hubungan Beban Katup Limbah dan Kecepatan Aliran

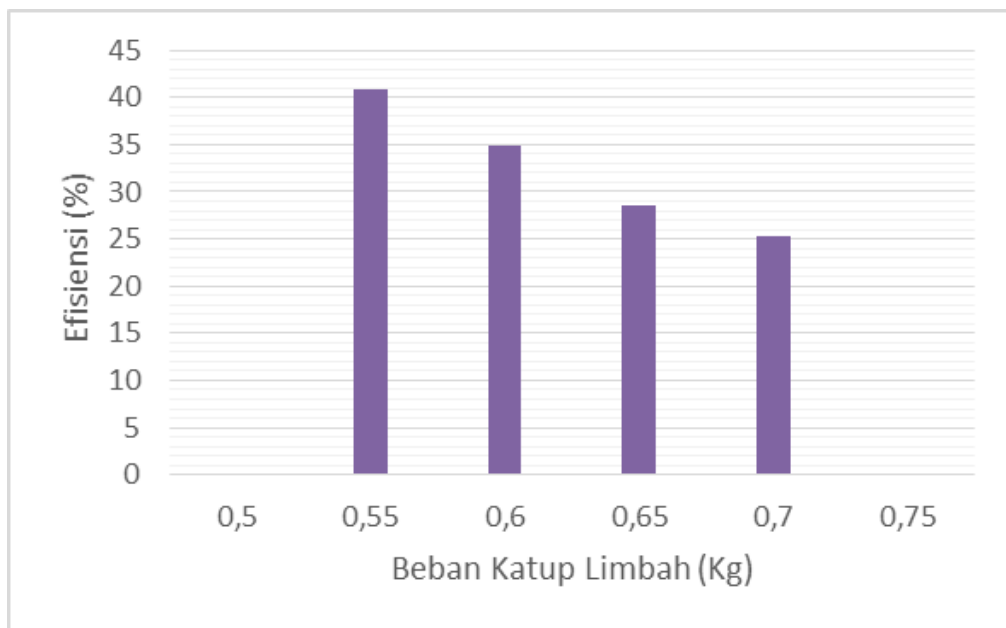
Berdasarkan grafik seperti halnya debit air, massa beban katup limbah juga berpengaruh terhadap kecepatan aliran yang terjadi pada katup limbah dan pipa hasil. Semakin besar massa beban katup limbah maka kecepatan aliran limbah semakin besar dan kecepatan aliran hasil semakin kecil. Gerakan otomatis pada katup limbah disebabkan oleh massa beban yang berfungsi membuka katup dan tekan air dari pompa untuk mendorong kembali beban katup sekaligus menutup katup sehingga air yang keluar melalui katup limbah tidak begitu besar dan air pemompaan yang dihasilkan bisa lebih maksimal.

Efisiensi Pompa Hidram

Data hasil perhitungan efisiensi pompa pada setiap beban katup disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Efisiensi Pompa Hidram

No.	Beban Katup (Kg)	Efisiensi (%)
1	0.5	0
2	0.55	40.86363344
3	0.6	34.91572413
4	0.65	28.55653383
5	0.7	25.32967033
6	0.75	0



Gambar 6. Grafik Hubungan Beban Katup dan Efisiensi Pompa

Pada grafik diatas terlihat bahwa efisiensi kerja pompa yang maksimal terjadi pada massa beban 0,55 Kg yakni 40,86 % setelah itu efisiensi menurun seiring dengan pertambahan massa beban katup. Efisiensi terendah terjadi pada massa beban 0,7 Kg yakni 25,33 %.. Hal ini sejalan dengan yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang menyebutkan bahwa massa beban menentukan gerakan buka tutup katup limbah. Massa katup limbah yang ringan mengakibatkan buka tutup katup semakin cepat sehingga air yang terpancing ke katup limbah tidak menjadi debit limbah yang mengakibatkan berkurangnya efisiensi kerja pompa karna debit limbah yang dihasilkan jauh lebih besar dari pada debit aliran hasil pemompaan (et al., 2021). Ketika massa beban ditambah menjadi 0,75 Kg pompa hidram tidak bekerja secara otomatis yang mengakibatkan katup limbah terbuka dan semua air keluar melalui katup limbah sebagaimana yang terlihat pada gambar dibawah.



Gambar 7. Pompa Hidram Ketika diberi Masa Beban 0,75 Kg

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data dapat disimpulkan bahwa beban katup limbah sangat berpengaruh terhadap unjuk kerja pompa hidram baik debit air, kecepatan aliran maupun efisiensi pompa hidram. Semakin besar massa beban katup limbah maka semakin kecil debit air ar yang dihasilkan sehingga efisiensi pompa semakin maksimal. Massa beban katup ideal yang membuat gerakan buka tutup katup limbah semakin cepat daan stabil adalah 0,55 Kg dengan efisiensi pompa 40,86 %. Semakin berat beban katup maka efisiensi pompa semakin kecil. Namun massa beban katup juga yang terlalu ringan megakibatkan pompa tidak bisa bekerja karena beban katup tidak bisa melawan tekan air sehingga katup selalu tertutup dan proses water hammer yang dibutuhkan pompa hidram tidak pernah terjadi. Dengan massa beban yang tepat memungkinkan pompa hidram bekerja dengan optimal sehingga dapat mendukung para petani dalam meningkatkan produktifitas pertaniannya tanpa harus bergantung pada hujan dan sumber energi dengan biaya yang mahal.

PENELITIAN LANJUTAN

Masih melakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui lebih jauh tentang kecepatan aliran maupun efisiensi pompa hidram.

DAFTAR PUSTAKA

- Balgude, R. D., Rupanavar, S. P., Bagul, P. S., & Ramteke, R. (2015). Designing of Hydraulic Ram Pump. *International Journal Of Engineering And Computer Science*, 4(5), 11966–11971. www.ijecs.in
- Basori, A. A., Wahyudi, D., & Fa Thudin Noor, M. (2013). Perancangan dan Pengujian Hydraulic Ram. *Edisi Mei*, 3(2088–4591), 31–34.
- Carlo, M., Pdam, P., & Makassar, K. (2024). 985 | Page. 2, 985–995.
- Fransiska, G., Sari, A., Yolanda, D., Negeri, U., Rayi, S., Rajib, K., Kampus, A. :, Gunungpati, S., & Tengah, S. J. (2024). Krisis Air Menangani Penyediaan Air Bersih Di Dunia Yang Semakin Kekurangan Sumber Daya. *Jurnal Ilmiah Research Student*, 1(5), 334–341.
- Heryani, N., Kartiwa, B., Hamdani, A., & Rahayu, B. (2020). Analisis Ketersediaan dan Kebutuhan Air Irigasi pada Lahan Sawah : Studi Kasus di Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 41(2), 135. <https://doi.org/10.21082/jti.v41n2.2017.135-148>
- Himari, A. R. (2020). Tinjauan Kinerja Pompa Air Tanpa Motor (Patm) Desa Alale Kabupaten Bone Bolango. *RADIAL : Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 7(2), 118–128. <https://doi.org/10.37971/radial.v7i2.189>
- Jafri, M., Nurhayati, Adoe, D. G. H., & Gusnawati. (2020). Karakteristik Massa Katup Limbah dan Tinggi Angkat Terhadap Efisiensi Pompa Hidram 3 Inci. *Jurnal Teknik*, 18(2), 91–100. <https://doi.org/10.37031/jt.v18i2.131>
- Jafri, M., Sanusi, A., & Wangge, G. F. X. W. (2021). The Effect of Mass and Diameter of Waste Valves on the Efficiency of 3 inch Ram Hydraulic. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 12(2), 259–265.
- Prasetyo, P., Mahmudi, A., & Samsi, H. J. (2017). Kaji Eksperimental Pengaruh Beban Dan Jarak Langkah Katup Pada Pompa Hidram Terhadap Karakteristik Pompa. *Sigma-Mu*, 9(2), 24–31.

Rizkiani, A. B., Suhaina, R., & Urfan, F. (2023). Studi Ketersediaan Air Daerah Aliran Sungai Terhadap Kebutuhan Air Baku. *Jurnal Pendidikan Geosfer*, 8(1), 1-9. <https://doi.org/10.24815/jpg.v8i1.28880>

Zeidan, M., & Ostfeld, A. (2022). Hydraulic ram pump integration into water distribution systems for energy recovery application. *Water (Switzerland)*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/w14010021>