

Evaluation of Field Eligibility and Efficiency of a Single Compression 3”Hydraulic-Ramp-Pump

Muhamad Jafri¹

¹ *Department Of Mechanical Engineering, Faculty of Sciences and Engineering, Universitas Nusa Cendana-Kupang Jl. Adisucipto, Penfui Kupang-NTT
Email: muhama_jafri@staf.undana.ac.id*

ABSTRACT

Hydrum pump is a device used to raise water from low pressure to higher pressure automatically by utilizing the potential energy and the kinetic energy of the water itself. The hydrum pump mechanism of action of a hydrum pump is that there is a change in the potential energy and the kinetic energy of the water into a dynamic pressure that causes a water hammer. Dynamic pressure will be forwarded into the air tube that functions as an amplifier. The efficiency of a hydrum pump is influenced by several parameters, including; fall height, characteristics of the sewage valve, characteristics of the delivery valve, diameter of the delivery head and size of the air tube. The aim of this research is to find out the influence of the delivery head and mass of the waste valve on the efficiency of a 3-inch hydrum pump. The method used is a field experiment with descriptive analysis. The results showed that the delivery head and mass of the sewage valve affected the efficiency of the hydrum pump. This study also showed that the highest efficiency occurred in the mass variable 2 kg and deliver head 3 m that is equal to 56.63%, while the lowest occurred in mass variable 3 kg and delivery head 7 m.

Keywords: Deliver head; Waste valve mass; Hydrum pump efficiency

1. PENDAHULUAN

Air yang mengalir ke hilir mengandung energi yaitu energi "kinetik" yang dapat dimanfaatkan untuk membangun pompa hidram sederhana yang mampu mendorong 10 hingga 15 persen dari air mengalir ke sebuah tangki penampung yang berada pada posisi lebih tinggi. Pompa ini terus beroperasi 24 jam sehari 7 hari dalam seminggu. Aliran air kecil yang terus menerus itu benar-benar akan bertambah selama periode waktu tertentu (John Calhoun, 2003). Matthias Inthachot, dkk (2015) juga mengatakan bahwa hidrolik ram menggunakan energi kinetik air yang mengalir dalam pipa untuk dipompa sekitar 10% darinya ke ketinggian yang lebih tinggi.

Menyadari bahwa pompa hidraulik ram (hidram) dapat menjadi pompa air teknologi energi terbarukan yang layak di negara-negara berkembang, dan telah digunakan selama lebih dari dua abad di banyak bagian dunia karena kesederhanaan dan keandalannya membuatnya sukses secara komersial, sebelum energi listrik dan motor bakar menjadi banyak tersedia (Rohan.D.Balgude, dkk,2015).

Kapasitas pemompaan dari hidrolik ram tergantung pada ukuran, aliran air suplai serta pada tinggi angkat. Biasanya, sekitar 10% dari air yang mengalir dapat dipompakan, menurun jika tinggi angkat meningkat, karena sebagian besar air tidak dipompa (limbah) (Matthias Inthachot, dkk 2015).

Hasil eksperimen awal pompa hidrolik ram yang dibuat di Laboratorium Lingkungan dan Maritim Hidrolika dari Departemen Teknik Sipil, Universitas Salerno, Italia menunjukkan bahwa parameter geometris serta sifat material mempengaruhi efisiensi operasinya (Giacomo Viccione dkk, 2018).

Menurut Muhamad Jafri dan Arifin Sanusi (2019) efisiensi hidrolik ram dipengaruhi oleh debit aliran pada saluran masuk, debit aliran limbah, debit aliran pada saluran keluar, head efektif saluran masuk, head efektif pada saluran keluar. Hal ini didukung oleh Nambiar, P., dkk (2015) menemukan beberapa parameter yang memengaruhi kinerja dari katup limbah seperti bentuk katup, ukuran katup, panjang langkh dan massa katup dan orientasi katup.

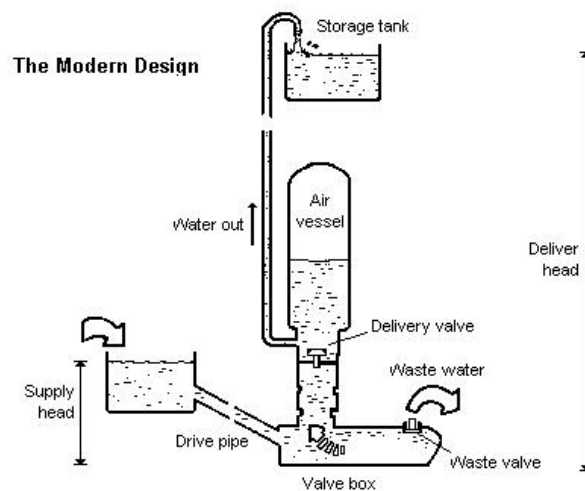
Harish Kumar (2016) menyarankan penelitian yang lebih dalam terutama dalam pertimbangan desain dan manufaktur dapatkan desain terbaik dengan efisiensi yang lebih tinggi. Setiap aspek dari komponen yang terlibat sedang dipelajari termasuk dimensi, jenis yang digunakan dan pemilihan material.

Sedangkan karakteristik katup limbah dipengaruhi parameter seperti diameter lubang katup, diameter piringan katup, panjang langkah, dan berat katup serta debit dan head air penggerak pompa hydram. Disamping itu semua parameter tersebut saling mempengaruhi satu sama lainnya (Made Suarda, 2017).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Hidrolik ram atau hidram adalah pompa yang memanfaatkan energi momentum dari jumlah air yang terus turun untuk memompanya ke tempat yang jauh lebih tinggi dari sumbernya. Tidak ada energi eksternal lain yang diperlukan selama ada persediaan air yang konstan, pompa akan tetap bekerja secara terus menerus dan otomatis (M N Harith, 2017). Ma Chi (2002) juga mengatakan bahwa hidrolik ram dapat digunakan untuk mengangkat air untuk irigasi dan pasokan air rumah tangga tanpa konsumsi energi konvensional, seperti listrik atau diesel. Meskipun pengoperasian hidrolik ram tidak memerlukan input konvensional, namun masih membutuhkan input energi, dalam bentuk energi potensial yang terkandung dalam air yang mengalir. Energi potensial ini memberi daya pada hidrolik ram untuk mengangkat air hingga ketinggian tertentu. Hidrolik Ram, Brunacci, V., dkk, 1810) (Clark, J., dkk. 1900). (Gibson, A.H., 1908). adalah pompa air siklus yang ditenagai oleh tenaga air. Ini adalah alat yang mengeksplorasi energi potensial dari massa cair untuk mengangkat sebagian dari itu pada ketinggian lebih tinggi dari sumber.

Komponen pompa hidrolik ram adalah tangki pasokan air, pipa penggerak, tubuh pompa, katup buang, katup pengiriman, katup snifter, ruang udara, dan pipa pengiriman (Diwan, P. A, 2016).

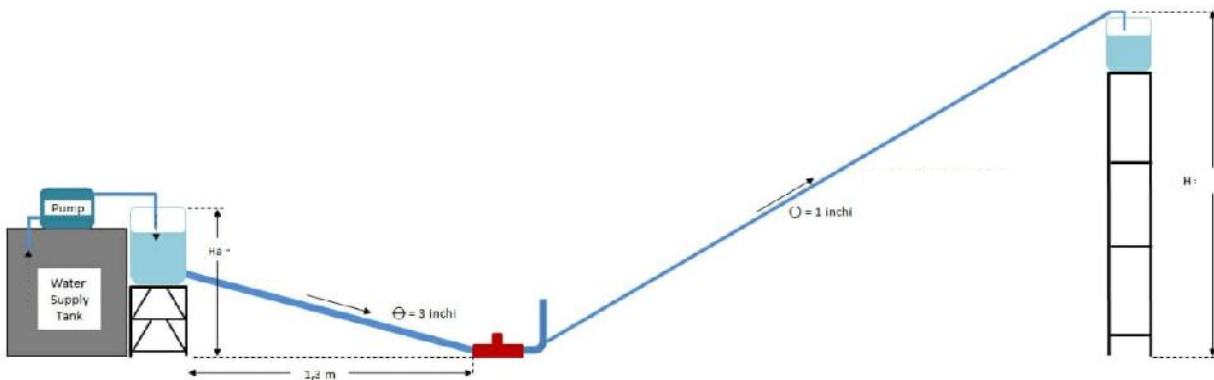


Gambar 1. Diagram of modern pump.
(Rohan.D.Balgude, at all, 2015)

Urutan proses pompa hidrolik ram intermittent karena perilaku pembukaan dan penutupan katup limbah dan pengantar. Perilaku pompa hidrolik ram bergantung pada fenomena palu air yang mewakili pada penutupan dan pembukaan dari katup limbah dan katup pengantar. Prosesnya dimulai ketika air yang memasuki pipa suplai elevasi spesifik dengan tekanan tinggi. Oleh karena itu, katup buang ditutup oleh momentum air [Seth J, 2013]. Dengan demikian, tekanan tinggi diciptakan yang akan menyebabkan katup katup terbuka memungkinkan air bertekanan meningkat dalam ruang udara vakum. Oleh karena itu, ruang udara akan menekan air yang menyebabkan katup katup untuk menutup dan katup udara akan membuka memungkinkan air naik melalui pipa katup mencapai tempat yang diinginkan [Young B W, 1996].

3. METODE

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh massa katup limbah tinggi antar terhadap efisiensi pompa hidram 3 inch. Metode yang digunakan adalah eksperimen lapangan dimana instalasi pompa dengan variabel tetap adalah pompa berukuran 3 inch, tinggi jatuh 1 meter, diameter pipa tekan 1 inci, panjang langkah katup limbah 1,5 cm, serta volume tabung udara 10 l.



Gambar 2. Instalasi Pompa Hidram

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah massa katup limbah yaitu ; 1.5 kg, 2.0 kg, 2.5 kg 3.0 kg dan tinggi antar yaitu 3.0 m, 5.0 m, 7.0 m. Data-data yang diukur adalah debit air isap (Q_{in}), debit air limbah (Q_w), dan debit air keluar (Q_{out}). Analisis data yang di gunakan adalah analisis deskriptif, menggunakan persamaan matematik. Pertama dilakukan analisis *head* pompa, *head loss mayor* dan *head loss minor*. Persamaan yang digunakan untuk *head loss mayor* (Munson, B.R., dkk, 2005) adalah;

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \Rightarrow f = 0,020 + \frac{0,0005}{D} \quad (1)$$

di mana: h_f = *head loss* karena gesekan (m), f = *friction factor*, g = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$), L = panjang pipa (m), D = diameter pipa (m), v = kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s). Sedangkan untuk *minor losses* persamaan yang sering digunakan adalah (Sularso., Tahara, H., 2004).

$$h_m = k \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

di mana: h_m = *head loss* minor (m), k = koefisien *head loss*, v = kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)

Selanjutnya adalah analisis efisiensi pompa. Data yang digunakan dalam analisis efisiensi adalah debit air masuk Q_{in} , debit air limbah Q_w , data debit air keluar Q_{out} serta data hasil analisis *head loss*. Persamaan yang digunakan adalah persamaan *D'Aubuisson* dan Rankine (A. M. Michael and S. D. Kheper, 1997).

$$\eta_D = \frac{(Q_{out} \times h_d)}{(Q_{out} + Q_w) H_{ef,in}} \times 100 \% \quad (3)$$

dimana : η_D = efisiensi *D'Aubuisson* pompa hidram (%), Q_{out} = debit air hasil pemompaan (m^3/s), Q_{masuk} = debit air masuk ke pemompaan (m^3/s), Q_w = debit air yang terbuang melalui katup limbah (m^3/s), $H_{ef,in}$ = Tinggi jatuh air (m), $H_{ef,out}$ = Tinggi angkat pemompaan (m).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

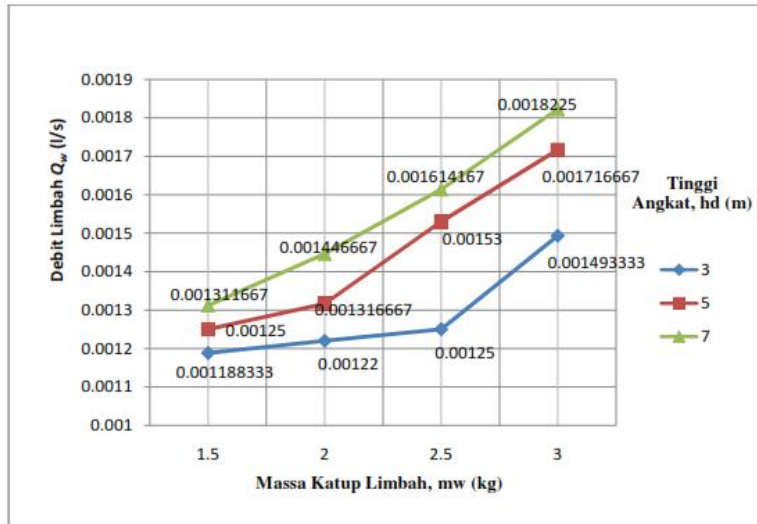
Data-data debit aliran air pada saluran isap Q_{in} , katup limbah Q_w , dan saluran keluar, Q_{out} hasil pengukuran ditabulasi seperti yang yang ditunjukkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Data debit air pada saluran isap Q_{in} , katup limbah Q_w , dan saluran keluar, Q_{out}

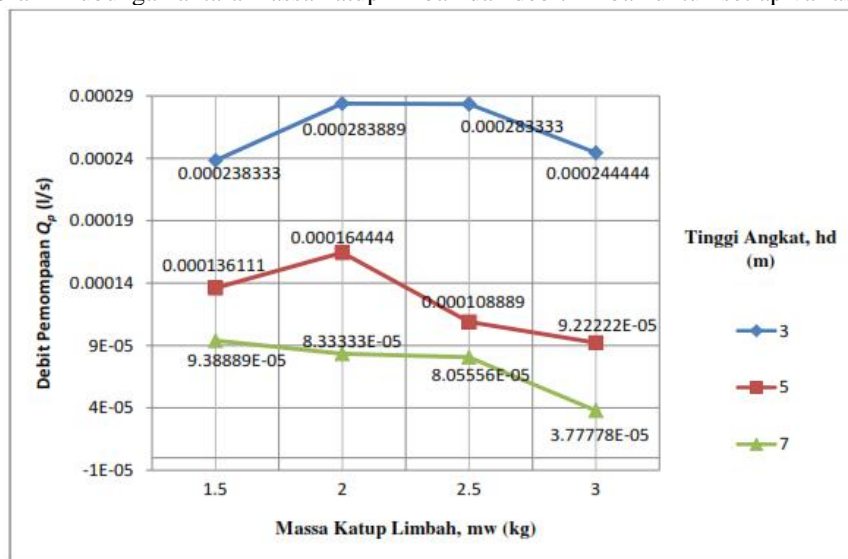
No	Tinggi Antar, h_d (m)	Massa Katup Limbah, m_w (kg)	DEBIT ALIRAN, Q (l/s)		
			Q_{in}	Q_w	Q_{out}
1	3	1.5	0.001426667	0.001188333	0.000238333
2	3	2	0.001503889	0.00122	0.000283889
3	3	2.5	0.001533333	0.00125	0.000283333
4	3	3	0.001737778	0.001493333	0.000244444
5	5	1.5	0.001386111	0.00125	0.000136111
6	5	2	0.001481111	0.001316667	0.000164444

7	5	2.5	0.001638889	0.00153	0.000108889
8	5	3	0.001808889	0.001716667	9.22222E-05
9	7	1.5	0.001405556	0.001311667	9.38889E-05
10	7	2	0.00153	0.001446667	8.33333E-05
11	7	2.5	0.001694722	0.001614167	8.05556E-05
12	7	3	0.001860278	0.0018225	3.77778E-05

Data pada tabel 1. dapat dibuat dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan dalam grafik di bawah ini.

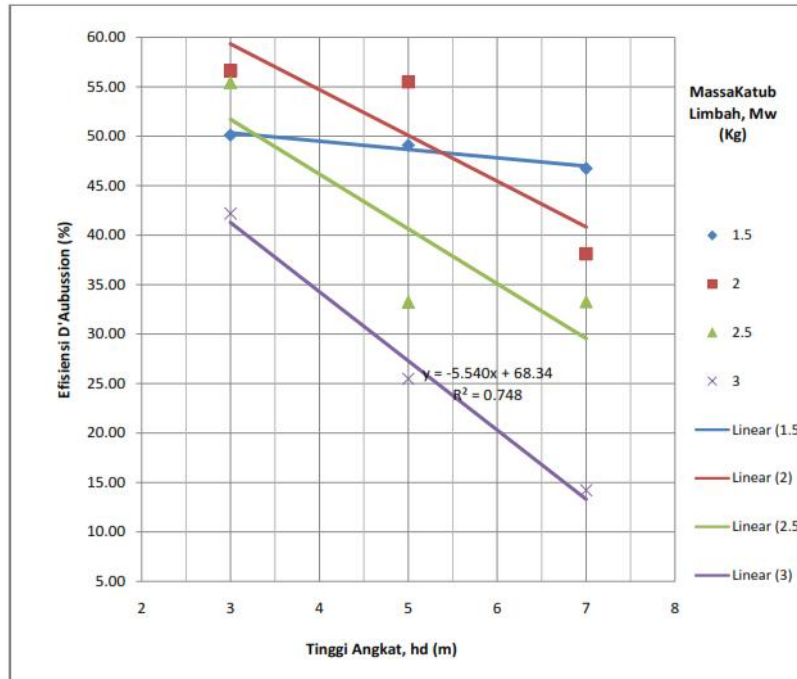


Gambar 3. Grafik hubungan antara massa katup limbah dan debit limbah untuk setiap variasi tinggi angkat.

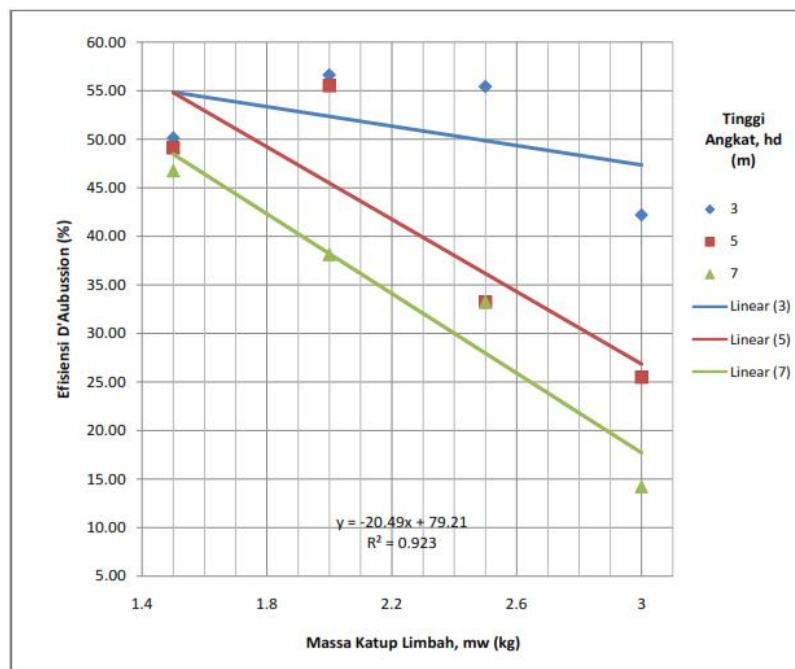


Gambar 4. Grafik hubungan antara massa katup limbah dan debit pemompaan untuk setiap variasi tinggi angkat.

Data-data hasil pengujian yang terdapat pada tabel 1 dianalisis untuk mengetahui kecepatan aliran pada saluran masuk (v_{masuk}), kecepatan aliran pada saluran keluar (v_{keluar}), head efektif pada saluran masuk ($H_{ef,masuk}$), head efektif pada saluran keluar ($H_{ef,keluar}$) dan efisiensi pompa D'Aubusson. Hasil analisis ditunjukkan grafik seperti yang terlihat pada gambar berikut;



Gambar 5. Grafik hubungan antara tinggi angkat, h_d terhadap efisiensi D'Aubusson untuk setiap variabel massa katup limbah, m_w .



Gambar 6. Grafik hubungan antara massa katup limbah, m_w , terhadap efisiensi D'Aubusson untuk setiap variabel tinggi angkat, h_d .

Grafik pada gambar 3 dan 4 menunjukkan bahwa massa katup limbah dan tinggi angkat berpengaruh terhadap debit limbah maupun tinggi angkat pompa hidram 3 inci. Pada variabel tinggi angkat 3 m, diperoleh debit keluar paling tinggi, namun menghasilkan debit limbah paling kecil. Grafik pada gambar 5 dan 6 menunjukkan bahwa massa katup limbah dan tinggi angkat berpengaruh terhadap efisiensi pompa hidram 3 inci. Made Suarda, (2017) menyatakan bahwa Parameter desain katup buang seperti orifis katup dan diameter katup limbah, massa katup dan katup stroke secara signifikan mempengaruhi kinerja sistem pompa ram hidrolis. Pada variabel massa katup limbah, baik 1.5 kg, 2.0 kg, 2.5 kg, maupun 3.0 kg, efisiensi cenderung menurun ketika tinggi angkat dinaikkan. Sedangkan untuk variabel tinggi angkat, baik 3 m, 5 m, maupun 7 m, ketika massa katup limbah dinaikkan, efisiensi pompa hidram menurun. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi terjadi pada variabel massa 2 kg

dan tinggi angkat 3 m yaitu sebesar 56.63%, sedangkan yang terendah terjadi pada variabel massa 3 kg dan tinggi angkat 7 m.

5. Kesimpulan

Massa katup limbah dan tinggi angkat berpengaruh terhadap debit limbah, debit kelur maupun efisien pompa hidram 3 inci. efisiensi tertinggi terjadi pada variabel massa 2 kg dan tinggi angkat 3 m yaitu sebesar 56.63%, sedangkan yang terendah terjadi pada variabel massa 3 kg dan tinggi angkat 7 m.

Daftar Pustaka

- A. M. Michael, S. D. Kheper, (1997), "Water Well Pump Engineering", McGraw Hill Publishing Compact Limited, New Delhi.
- Balgude R D, (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.
- Brunacci, V. (1810). *Trattato Dello Ariete Idraulico*; Stamperia Reale: Milan, Italy, UK.
- Chi, M., Diemer, P., (2002). "Hydraulic ram handbook". Bremen Overseas Research and Development Association.
- Clark, J. (1900). *Hydraulic Rams Their Principles and Construction*; Batsford: London, UK.
- Giacomo Viccione *, Nicola Immediata, Roberto Cava and Marco Piantedosi, (2018). "A Preliminary Laboratory Investigation of a Hydraulic Ram Pump". *Proceedings* 2018, 2, 687; doi:10.3390/proceedings2110687. MDPI
- Gibson, A.H. (1908), *Water Hammer in Hydraulic Pipelines*; Archibald Constable: London, UK.
- Harish. Kumar, Temesgen, Tedesse Beyene, Guttu Ofgaa, M.D Kaso, Shemellis, P. N. Rao, Teressa Negassa. (2016). "Pollution Free Design And Manufacturing Of Hydraulic Ram Pump For Villages Hill Areas". *International Journal of Mechanical Engineering Research and Technology*, 2(2).
- John Calhoun, (2003). "Home Built Hydraulic Ram Pumps, Two Useful Designs show you how to pump water for free". NW INDEPENDENT POWER RESOURCES.
- M N Harith *, R A Bakar , D Ramasamy, Ma Quanjin, (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
- Made Suarda, Ainul Ghurri, Made Sucipta and I Gusti Bagus Wijaya Kusuma, (2017), "Valve Diameter Optimization of Hydrum Pump Waste", *BKSTM-Indonesia*, Prosiding SNTTM XVI, Oktober 2017, hal. 14-18.
- Made Suarda, Made Sucipta and I G K Dwijana , (2019), "Investigation on flow pattern in a hydraulic ram pump at various design and setting of its waste valve", *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 539 (2019) 012008. doi:10.1088/1757-899X/539/1/012008
- Matthias Inthachot, Suchard Saehaeng, Johannes F. J. Max, Johannes Müller, Wolfram Spreer. (2015). "Hydraulic ram pumps for irrigation in Northern Thailand. Elsevier, 1st International Conference on Asian Highland Natural Resources Management", *AsiaHiLand 2015. Agriculture and Agricultural Science Procedia* 5 (2015) 107 – 114.
- Muhamad Jafri dan 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*. ISSN (Online): 2455-9024. Volume 4, Issue 2, pp. 263-266.
- Munson, B.R., Young, D.F., Okiishi, T.H., 2005. "Mekanika Fluida". Erlangga, Jakarta.
- Nambiar, P., Shetty, A., Thatte, A., Lonkar, S., & Jokhi, V. (2015). "Hydraulic Ram Pump: Maximizing Efficiency". *International Conference On Technologies For Sustainable Development (ICTSD)* (pp.1-4).
- Poonam Diwan, Aman Patel, Lavish Sahu (2016). "Design And Fabrication Of Hydraulic Ram With Methods Of Improving Efficiency". *International Journal Of Current Engineering And Scientific Research (IJCESR)*, 3(4). Vol. 3, No. 4, (Technical Research Organization India, 2016), pp. 5-13.
- Seth, J. (2013). "How to build a Hydraulic Ram Pump". LandToHouse.com
- Sularso, Tahara, H., (2004). "Pompa Dan Kompresor Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan". Pradya Paramita, Jakarta.
- Young B, W. (1996), *Journal of Power and Energy 1990-1996 (vols 204-210)* 210 p 245-248.