

Analisis Pengaruh Tinggi Tabung Udara Terhadap Debit dan Efisiensi Pompa Hidram

Rahmat Andi Prasetya^{a*}, Ali Achmadi^b, Mudjiyanto^c

Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe, Jl. Kampus Ronggolawe No. 1 Mentul, Indah, Komp. Pertamina, Karangboyo, Kec. Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah 58315

*rahmatandityo231@gmail.com

Intisari

Kata Tentang naskah:
-diterima, 4 Desember 2025
-direview, 26 Mei 2026
-diterbitkan, 10 Juni 2026

Kunci: Pompa Hidram, Tabung Udara, Debit Air, Efisiensi Hidrolik, Eksperimen

Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi tinggi tabung udara terhadap debit air terpompa dan efisiensi hidrolik pada pompa hidram, yaitu teknologi pemompaan tanpa energi eksternal yang memanfaatkan prinsip water hammer. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan prototipe pompa pada kondisi tinggi jatuh air (input head) dan tinggi angkat (delivery head) yang tetap. Variabel yang diuji meliputi tiga variasi tinggi tabung udara, yaitu 60 cm, 80 cm, dan 100 cm. Pengujian dilakukan dengan mengukur debit air masuk, debit air terbuang, dan debit air terpompa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi tabung udara berpengaruh signifikan terhadap kinerja pompa. Perubahan tinggi tabung udara memengaruhi kompresi udara di dalam tabung, yang berdampak pada gaya dorong air ke pipa penyalur. Ditemukan adanya tinggi tabung udara optimal yang menghasilkan debit air terpompa terbesar serta efisiensi hidrolik tertinggi pada kondisi tertentu. Kesimpulannya, penentuan tinggi tabung udara merupakan faktor penting dalam desain pompa hidram. Pengaturan yang tepat dapat meningkatkan kinerja pompa, sehingga teknologi ini menjadi solusi efektif dan berkelanjutan untuk penyediaan air di daerah terpencil tanpa akses listrik.

Abstract

Keyword:
Hydrum Pump, Air Tube, Water Flow, Hydraulic Efficiency, Experiment

This study analyzes the effect of air chamber height variation on the pumped water discharge and hydraulic efficiency of a hydraulic ram pump, a system that operates without external energy by utilizing the water hammer principle. The research employed an experimental method using a pump prototype under constant input head and delivery head conditions. The independent variable consisted of three air chamber heights: 60 cm, 80 cm, and 100 cm. Measurements included inlet discharge, waste discharge, and output discharge for each variation. The results show that air chamber height significantly affects pump performance. Changes in height influence air compression inside the chamber, which in turn affects the force driving water into the delivery pipe. An optimal air chamber height was identified, producing the highest pumped discharge and maximum hydraulic efficiency under specific conditions. In conclusion, determining the appropriate air chamber height is crucial in hydraulic ram pump design. Proper configuration enhances performance, making this technology an effective and sustainable solution for water supply in remote areas without electricity access.

1. Pendahuluan

Air secara alami dapat mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah tanpa memerlukan alat tambahan. Hal ini tidak menjadi masalah bagi daerah yang berada di dataran rendah dan dekat dengan sumber air. Namun, tantangan muncul pada wilayah yang terletak di dataran tinggi dan jauh dari sumber daya air. Umumnya masyarakat menggunakan pompa listrik atau mesin pembakaran internal untuk mengangkat air. Akan tetapi, penggunaan pompa tersebut menjadi kendala bagi kawasan

terpencil yang tidak memiliki akses jaringan listrik. Selain itu, pompa berbahan bakar mesin memiliki biaya operasional yang relatif tinggi karena membutuhkan bahan bakar dalam jumlah tertentu.

Oleh karena itu, diperlukan alternatif pompa yang tidak bergantung pada bahan bakar maupun listrik sebagai tenaga penggerak, salah satunya adalah pompa hidram. Pompa hidram merupakan alat pemompaan yang bekerja dengan memanfaatkan energi potensial air dari

sumber yang tersedia tanpa memerlukan sumber energi tambahan.

Pompa hidram hanya dapat digunakan pada saluran pipa yang memiliki kemiringan tertentu karena pompa ini memerlukan energi potensial air yang cukup untuk menghasilkan efek tekanan hidrolik. Air mengalir melalui pipa pemasukan menuju badan pompa dan keluar melalui katup buang yang terbuka. Ketika kecepatan aliran meningkat, katup buang akan menutup secara tiba-tiba sehingga menimbulkan tekanan tinggi (water hammer) di dalam badan pompa. Tekanan ini menyebabkan katup penghantar terbuka sehingga air masuk ke tabung udara dan selanjutnya didorong menuju pipa penyalur (Mohammed, 2007).

Tidak semua air dari sumber dapat dipompa ke tempat yang lebih tinggi, sebagian air akan terbuang melalui katup buang. Oleh karena itu, untuk memperoleh performa optimal diperlukan perancangan komponen pompa yang tepat. Kinerja pompa hidram dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ukuran tabung udara, diameter katup, panjang pipa pemasukan, diameter pipa pemasukan, dan tinggi jatuh air (Ahmad Nur Arianta, 2010; Daniel Ortega Panjaitan dan Tekat Sitepu, 2015).

2. Kerangka Teori

2.1. Pompa Hidram

Pompa hidram pertama kali dibuat oleh John Whitehurst seorang peneliti asal Inggris pada tahun 1770. Pompa hidram buatan Whitehurst masih berupa pompa hidram manual, di mana katup buang masih digerakan secara manual. Pompa ini pertama kali digunakan untuk menaikan air setinggi 4,9 m (16 kaki). Pada tahun 1983, Whitehurst memasang pompa ini di Irlandia untuk keperluan air bersih sehari-hari.

Pompa hidram dengan katup buang otomatis pertama dibuat oleh seorang ilmuwan Prancis bernama Joseph Michel Montgolfier pada tahun 1796. Desain pompa hidram Montgolfier sudah menggunakan dua buah katup (Katup buang dan katup penghantar) yang bergerak secara bergantian. Pompa ini kemudian digunakan untuk menaikan air untuk pabrik kertas di daerah Voiron. Satu tahun kemudian Matus Boulton mendapatkan paten atas pompa tersebut di Inggris.

Pada era modern, penggunaan pompa hidram kembali dikembangkan sebagai salah satu teknologi ramah lingkungan

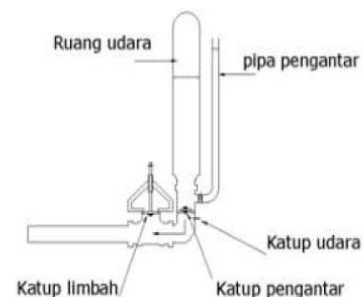
yang hemat energi dan sesuai untuk wilayah pedesaan yang minim akses energi listrik (Suarda dan Wirawan, 2008).

2.2. Komponen Utama Pompa Hidram

Komponen utama pompa hidram sesuai Gambar 1. terdiri dari:

- Pipa pemasukan (*drive pipe*)
- Katup buang (*waste valve*)
- Katup penghantar (*delivery valve*)
- Tabung udara (*air chamber*)
- Pipa penyalur (*delivery pipe*)

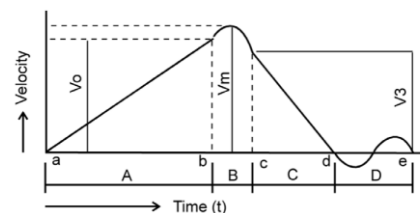
Setiap komponen memiliki fungsi penting dalam menunjang proses kerja pompa. Tabung udara berfungsi meredam fluktuasi tekanan dan menjaga kontinuitas aliran air pada pipa penyalur (Subroto dan Shodiqin, 2015).



Gambar 1. Komponen Utama Pompa Hidram

2.3. Prinsip Kerja Pompa Hidram

Pompa hidram bekerja berdasarkan posisi katup buang dan perubahan kecepatan dan tekanan dari masing-masing siklus terhadap waktu, seperti yang digambarkan dibawah ini.



Gambar 2. Perubahan Kecepatan Terhadap Waktu Pada Pipa Masuk (Tefery Taye, 1998)

2.4. Efisiensi Pompa Hidram

Ada dua metode dalam perhitungan efisiensi pompa hidram yaitu:

1. Menurut D'Aubuisson

$$\eta_A = q(h + H) / (Q + q)H \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

1. Menurut Rankine

$$\eta_R = q \cdot h / (Q + q)H \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

η_A : Efisiensi pompa hidram (%)

η_R : Efisiensi pompa hidram (%)

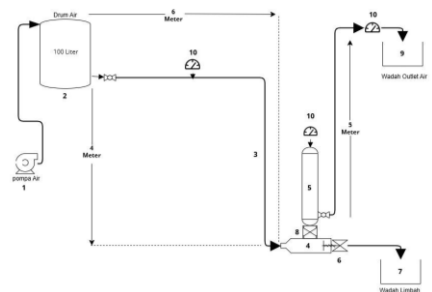
q : Debit air hasil pemompaan (lt/min)
 Q : Debit air yang keluar dari katup buang (lt/min)
 H : Tinggi jatuh air (m)
 h : Tinggi angkat pompa (m)

3. Metodologi



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Skema penelitian Pengaruh Tinggi Tabung Udara Terhadap Debit dan Efisiensi Pompa Hidram ditunjukkan pada Gambar 4. Dibawah.



Gambar 4. Instalasi Pompa Hidram

Dalam penelitian ini diameter tabung udara masing-masing 2 inci dan tinggi tabung udara 60 cm, 80 cm dan 100 cm sesuai gambar 5 dibawah.



Gambar 5. Desain Tabung udara

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengujian

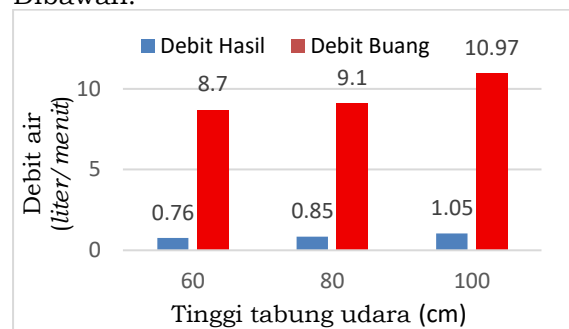
Telah dilakukan pengujian Pengaruh Tinggi Tabung Udara Terhadap Debit dan Efisiensi Pompa Hidram diperoleh data pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengambilan Data

Tinggi Tabung Udara	Data Ke	Debit Hasil (q) Lt/min	Debit Buang (Q) Lt/min	Tekanan Pipa Masuk (Ps) Psi	Tekanan Tabung Udara (Ptu) Psi	Tekanan Pipa Penyalur (Pd) Psi
60	1	0,75	8,8	4	4	4
	2	0,77	8,6	2	4	5
	3	0,76	8,7	3	4	4
	Rata-rata	0,76	8,7	3	4	4,33
80	1	0,85	9,1	3	3	4
	2	0,84	9,2	1	4	4
	3	0,86	9	5	6	4
	Rata-rata	0,85	9,1	3	4,33	4
100	1	1,05	11	3	4	3
	2	1,07	10,8	2	5	4
	3	1,04	11,1	4	5	4
	Rata-rata	1,05	10,97	3	4,67	3,67

4.1 Pengaruh Tinggi Tabung Udara

Pengaruh tinggi tabung udara terhadap debit air ditunjukkan pada gambar 6. Dibawah.

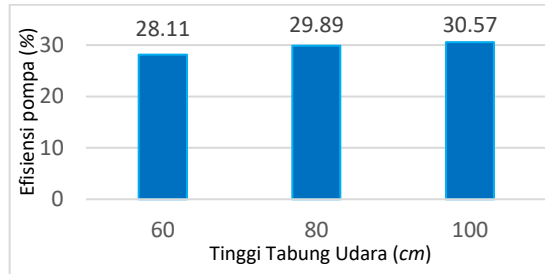


Gambar 6. Grafik Hubungan Pengaruh Tinggi Tabung Udara Terhadap Debit Hasil dan Debit Buang

Dari Gambar 6. diatas diketahui bahwa tinggi tabung udara berpengaruh pada debit hasil dan debit buang yang dihasilkan. Debit hasil cenderung naik pada tabung udara yang lebih tinggi. Dimana dihasilkan debit hasil terbaik yaitu pada pompa dengan tinggi tabung udara 100 cm dengan debit rata – rata 1,05 lt/min. Selain berpengaruh pada debit hasil, tinggi tabung udara juga berpengaruh pada debit buang yang dihasilkan. Dimana debit buang juga mengalami kenaikan pada tinggi tabung udara yang lebih tinggi. Hasil debit buang rata - rata pada masing – masing tinggi tabung udara 60 cm, 80 cm, dan 100 cm yaitu 8.7 lt/min, 9.1 lt/min, dan 10.97 lt/min.

4.2 Pengaruh Variasi Tinggi Tabung Udara Pada Efisiensi Pompa

Variasi tinggi tabung udara yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 60 cm, 80 cm, dan 100 cm, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh Efisiensi Pada Variasi Tinggi Tabung Udara

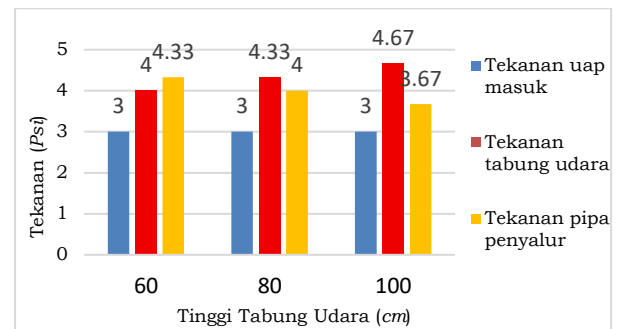
Berdasarkan Gambar 7, diketahui bahwa efisiensi pompa terendah diperoleh pada variasi tinggi tabung udara 60 cm dengan efisiensi rata-rata sebesar 28,11%. Selanjutnya, pada variasi tinggi tabung udara 80 cm diperoleh efisiensi rata-rata sebesar 29,89%. Efisiensi tertinggi dihasilkan pada variasi tinggi tabung udara 100 cm dengan nilai efisiensi sebesar 30,57%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan tinggi tabung udara berpengaruh terhadap kenaikan efisiensi pompa hidram. Hal ini disebabkan karena tabung udara yang lebih tinggi mampu menstabilkan tekanan aliran akibat efek water hammer, sehingga energi yang dihasilkan pompa dapat dimanfaatkan secara lebih optimal.

Pada penelitian ini, nilai head masuk dan head keluar dibuat sama pada seluruh variasi pengujian. Oleh karena itu, perbedaan efisiensi pompa dipengaruhi oleh debit buang dan debit hasil yang dihasilkan pada masing-masing variasi tinggi tabung udara. Debit hasil terbesar diperoleh pada tinggi tabung udara 100 cm, yaitu sebesar 1,05 liter/menit, sehingga menghasilkan efisiensi pompa tertinggi sebesar 30,57%.

4.3 Hasil Tekanan Pipa Masuk

Hasil tekanan pipa masuk, tabung udara dan pipa penyalur ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Data Tekanan Pipa Masuk

Dari Gambar 8, diketahui bahwa tekanan pada pipa masuk tidak mengalami kenaikan tekanan pada setiap variasi tabung udara, tekanan setabil pada 3 Psi. Sedangkan tekanan pada tabung udara mengalami kenaikan pada setiap variasi tinggi tabung. Tekanan tertinggi didapat dari tabung udara dengan tinggi 100 cm dengan tekanan 4.67 Psi. Semakin tinggi tabung udara semakin besar pula tekanan dan fluktuasi tekanan di dalam tabung udara. Namun tekanan di dalam pipa penyalur justru mengalami penurunan pada setiap variasi tinggi tabung udara. Yaitu 4.33 Psi, 4 Psi, dan 3.67 Psi.

1. Simpulan

Berdasarkan pengamatan dan pembahasan yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Tinggi tabung udara berpengaruh pada debit hasil pompa hidram. Dimana Pada tinggi tabung udara 100 cm menghasilkan rata-rata debit hasil sebesar 1,05 liter sedangkan tabung udara yang memiliki tinggi 60 cm hanya menghasilkan rata-rata debit hasil sebesar 0,76 liter.
2. Tinggi tabung udara berpengaruh secara signifikan terhadap efisiensi yang dihasilkan pompa hidram. Dimana dapat dilihat pada tinggi tabung udara 100 cm menghasilkan efisiensi sebesar 30.57% sedangkan pada tinggi tabung udara 60 cm hanya menghasilkan 28.11% efisiensi, jadi semakin tinggi tabung udara maka semakin tinggi pula efisiensi yang dihasilkan pompa hidram.
3. Tinggi tabung udara berpengaruh terhadap tekanan kerja pada tabung udara dan pipa penyalur namun pada pipa masuk tekanannya sama. Dimana semakin tinggi tabung udara, semakin

besar tekanan pada tabung udara, hal ini dapat dilihat pada Tinggi tabung 100 cm menghasilkan rata-rata Tekanan 4.67 Psi sedangkan pada tabung udara dengan tinggi 60 cm dan 80 cm hanya menghasilkan masing masing 4 Psi dan 4.33 Psi, sedangkan pada pipa penyalur tekanan kerja semakin kecil.

Daftar Pustaka

- Ahmad Nur Arianta, 2010, Pengaruh Variasi Ukuran Tabung Udara Terhadap Unjuk Kerja Sebuah Pompa Hidram.
- Daniel Ortega Panjaitan dan Tekat Sitepu, 2015, Rancang Bangun Pompa Hidram dan Pengaruh Tinggi Tabung Udara dan Panjang Pipa Pemasukan Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram, Jurnal E-Dinamis, Volume 2, No. 2 September 2012.
- Hanafie, J., de Longh, H., 1979, Teknologi Pompa Ram, Pusat Teknologi Pembangunan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Mohammed, S.N., 2007, Design and Construction of A Hydraulic Ram Pump, Department of Mechanical Engineering, Federal University of Technology, Minna, Nigeria.
- Suarda, M., Wirawan, IKG., 2008, Kajian eksperimental pengaruh tabung udara pada head tekanan pompa hidram, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM, Vol. 2, No.1., Jurusan.
- Subroto dan Shodiqin, 2015, Pengaruh Volume Tabung Tekan Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram, media mesin : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol. 16 No. 1 Januari 2015: 20-26.
- Taye, T., 1998, Hydraulic Ram Pump, Journal of the ESME, Vol II, No. 1
- Taye, T. (1998). Hydraulic ram pump. *Journal of the ESME*, 2(1).