



Analisa Pengaruh Volume Tabung Udara terhadap Debit Air yang Dihasilkan pada Perancangan Pompa Hydram

Ayu Pitri Yeni¹, Ilham Handoko², Asmed³, Menhendry⁴, Bukhari S⁴, Yuli Yetri⁶

^{1,2,3,4,5,6} Politeknik Negeri Padang, Padang

Email: yuliyetri@pnp.ac.id

Received: 12 September 2022; Received in revised form: 13 Oktober 2022; Accepted: 19 Oktober 2022

Abstract

Currently, the technology for supplying water is still mostly using pumps with electric motor drives. Most of these pumps are dependent on electrical energy or fuel oil as the pump driving energy. One of the technologies being developed is the hydraulic ram pump. The hydraulic ram works on the water hammer principle. When the fluid flow is stopped suddenly, the change in momentum of the fluid mass will increase the pressure suddenly. This increased pressure is used to lift some of the water to higher ground. So a hydraulic ram pump is designed that uses the potential energy of water as its driving force. In designing the hydraulic ram pump that the author did, using a variation of the height of the air tube with a height of 100 cm, 80 cm and 60 cm with a diameter of 3 inches and an outlet pipe diameter of inch with a water source height of 0.5 m. From the experiment, the maximum pump discharge was obtained on an air tube with a height of 100 cm with a discharge of 0.010309 L/s.

Keywords: hydram pump; water hammer; air tube; pumping discharge debit.

Abstrak

Saat ini teknologi untuk menyuplai air masih banyak menggunakan pompa dengan penggerak motor listrik. Sebagian besar pompa tersebut memiliki ketergantungan akan energi listrik atau bahan bakar minyak sebagai energi penggerak pompa. Salah satu teknologi yang mulai dikembangkan adalah pompa hydraulic ram. Pompa hidram bekerja berdasarkan prinsip palu air. Ketika aliran fluida dihentikan secara tiba-tiba maka perubahan momentum massa fluida tersebut akan meningkatkan tekanan secara tiba-tiba. Peningkatan tekanan ini digunakan untuk mengangkat sebagian air ke tempat yang lebih tinggi. Maka dirancanglah pompa hidram yang menggunakan energi potensial air sebagai penggerakannya. Dalam perancangan pompa hidram yang dilakukan, menggunakan variasi tinggi tabung udara dengan tinggi 100 cm, 80 cm dan 60 cm dengan diameter 3 inch dan diameter pipa keluaran ½ inch dengan ketinggian sumber air 0,5 m. Dari percobaan di dapat debit pompa maksimum pada tabung udara dengan tinggi 100 cm dengan debit sebesar 0,010309 L/s.

Kata kunci: pompa hidram; palu air; tabung udara; debit pemompaan

1. PENDAHULUAN

Jumlah air yang tersedia relatif tetap dan sementara kebutuhan air semakin meningkat, maka air dari sisi ketersediaan dan permintaan perlu dikelola atau diatur sehingga air dapat disimpan. Jika berlebihan maka selanjutnya dimanfaatkan dan didistribusikan pada waktunya diperlukan. Di berbagai daerah yang ada di Indonesia yang pada umumnya merupakan daerah mayoritas pertanian masih terdapat berbagai daerah yang mengalami krisis air yang sangat parah. Padahal air sendiri merupakan sumber kehidupan yang sangat penting bagi masyarakat dikarenakan dalam berbagai aktifitas kehidupan sehari-hari tentunya memerlukan yang dinamakan air baik keperluan yang bersifat primer seperti untuk

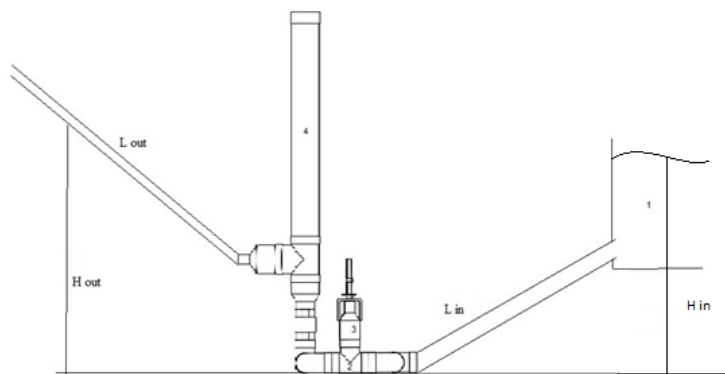
dikonsumsi dan aktifitas bertani maupun keperluan yang bersifat sekunder seperti mandi, mencuci dan keperluan kesaharian lainnya[1].

Pompa hidram mempunyai asal kata *Hydraulic Ram Pump*, artinya pompa air dengan tenaga hantaman air. Pompa hidram dengan singkatan hydraulic ram berasal dari kata hidro yang berarti air (cairan) dan ram yang berarti hantaman, pukulan atau tekanan, sehingga terjemahannya menjadi tekanan air. Pada buku yang diterbitkan oleh Laxmi Publication (1999) mengatakan bahwa "*Hydraulic ram is a pump which raises water without any external power (such as electricity) for its operation*". Jadi pompa hidram adalah sebuah pompa yang energi atau tenaga penggerakannya berasal dari tekanan atau hantaman air yang masuk ke dalam pompa melalui pipa. Pompa adalah peralatan mekanis untuk mengubah energi mekanik dari mesin penggerak pompa menjadi tekan fluida yang dapat membantu memindahkan fluida ketempat yang lebih tinggi elevasinya [2].

Air yang masuk berasal dari berbagai sumber air ke pompa harus berjalan secara kontinu atau terus menerus. Sesuai dengan hukum kontinuitas bahwa debit berbanding lurus dengan kecepatan fluida, pada pompa hidram dengan tabung udara, fluida yang mengalir di dalam pipa penyalur mempunyai kecepatan yang lebih tinggi dari pada saat pompa hidram tanpa tabung udara. Karena kecepatan juga berbanding lurus dengan perubahan *head* tekanan, sehingga pada instalasi pompa hidram dengan tabung udara perubahan head tekanan menjadi lebih besar dari pada pompa hidram tanpa tabung udara. Sesuai dengan rumus efisiensi pompa hidram dimana nilai efisiensi pompa hidram berbanding lurus dengan besarnya head tekanan pada pipa penyalur dan berbanding lurus dengan besarnya debit pada pipa penyalur, maka dapat di ketahui bahwa efisiensi pompa hidram dengan tabung udara jauh lebih besar dari pada efisiensi pompa hidram tanpa tabung udara[3].

Alat ini sederhana dan efektif digunakan pada kondisi yang sesuai dengan syarat-syarat yang diperlukan untuk operasinya. Dalam kerjanya alat ini, tekanan dinamik yang ditimbulkan memungkinkan air mengalir dari tinggi vertikal (*head*) yang rendah ke tempat yang lebih tinggi. Pompa adalah peralatan mekanis untuk mengubah energi mekanik dari mesin penggerak pompa menjadi energy tekan fluida yang dapat membantu memindahkan fluida ke tempat yang lebih tinggi elevasinya[4].

1. Komponen & Karakteristik Pompa Hidram



Gambar 1. Instalasi Pompa Hidram Dan Detail Pemasangan Pipa

Sistem instalasi pompa hidram pada Gambar 1 terdiri dari beberapa bagian antara lain [5]:

- Pipa pemasukan
Pipa pemasukan merupakan saluran antara sumber air dan pompa.
- Rumah Pompa
Rumah pompa merupakan ruang utama dan tempat terjadinya proses pemompaan.
- Katup Pembuang
Katup pembuang merupakan tempat keluarnya air yang berfungsi memancing gerakan air yang berasal dari *reservoir*. Katup pembuang yang berat dan langkah katup yang panjang memungkinkan kecepatan aliran air dalam pipa mencapai titik maksimum, sehingga pada saat katup pembuang menutup terjadi

energi tekanan efek (*waterhammer*) yang besar dan daya pemompaan yang tinggi, namun debit air yang terbuang relatif banyak.

d. Katup penghisap

Katup penghisap merupakan katub yang menghisap air dari rumah pompa ke tabung udara, serta menahan air yang telah masuk agar tidak kembali masuk ke rumah pompa.

e. Tabung udara

Tabung udara berfungsi untuk memperkuat tekanan dinamik.

f. Pipa penghisap

Pipa penghisap merupakan saluran air yang menghisap air dari pompa ke bak penampung.

2. Prinsip Kerja Pompa Hidram

Tekanan dan kecepatan aliran pada ujung pipa pemasukan dan kedudukan katup limbah selama satu siklus kerja pompa hidram terjadi mempunyai bentuk yang ideal dalam lima periode. Periode pertama, kecepatan air melalui ram mulai bertambah dari akhir siklus sebelumnya, kemudian limbah yang sedang terbuka timbul tekanan negative yang kecil dalam ram. Periode kedua, aliran bertambah sampai maksimum melalui katup limbah yang terbuka dan tekanan dalam pipa-pipa masuk juga bertambah secara bertahap.

Periode ketiga, katup limbah mulai menutup sehingga menyebabkan naiknya tekanan dalam ram. Pada periode ini kecepatan aliran dalam pipa pemasukan telah mencapai maksimum. Selanjutnya periode keempat, katup kembali tertutup menyebabkan terjadinya *water hammer* yang mendorong air melalui katup penghantar. Kecepatan dalam pipa pemasukan berkurang dengan cepat. Periode yang terakhir atau kelima, denyut tekanan terpukul ke dalam pipa pemasukan menyebabkan timbulnya hisapan kecil dan beban dari katup dalam ram membuat katup tersebut terbuka, air mulai mengalir lagi melalui katup limbah dan siklus hidraulik ram terulang kembali.

2. METODE PENELITIAN

Pembuatan pompa hidram ini berawal dari mempelajari teori-teori dasar serta proses-proses aliran air yang terjadi pada pompa, nantinya akan didapatkan data-data serta persamaan untuk merancang sebuah pompa hidram. Perhitungan yang nantinya akan dijadikan dasar pembuatan pompa dengan ukuran tertentu. Pembuatan dilakukan di kampus Politeknik Negeri Padang.

Tahap pembuatan dapat dilakukan setelah mengetahui dimensi setiap komponen pompa. Tahap ini dimulai dengan pembuatan komponen satu persatu, yang dapat dimulai dari pembuatan rumah pompa, tabung udara, klep hantar, dan yang terakhir klep buang. Setiap komponen dibuat berdasarkan gambar kerja, agar nantinya dapat bekerja maksimal. Setelah itu semua komponen dirangkai hingga menjadi sebuah pompa hidram.

Setelah pembuatan pompa selesai, pompa harus diuji untuk melihat kinerja pompa, apakah sesuai dengan teori yang direncanakan. Dalam pengujian, pompa seharusnya memberikan hasil yang mendekati perencanaan teori, dan itu dianggap berhasil. Namun jika tidak, kita harus kembali lagi ke tahap perencanaan. Memeriksa kembali setiap komponen pompa hingga kebutuhan minimal pompa untuk dapat beroperasi. Semua itu dilakukan berulang kali hingga pompa dapat benar-benar berjalan dan memberikan hasil yang diharapkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Dasar Perencanaan Pompa Hidram

1. Persamaan-Persamaan Aliran

Persamaan-persamaan aliran yang terjadi pada pompa hidram dapat dilihat pada Gambar 2, sehingga dapat dituliskan persamaan Bernaulli sebagai berikut :

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + H_{in} - H_l = \frac{P_3}{\rho g} + \frac{V_3^2}{2g} + H_3 \quad (1)$$

Dimana:

P_1 = tekanan pada titik nol yaitu tekanan pada atmosfer (0 N/m²)

- P_3 = tekanan pada titik 3 (N/m^2)
 V_1 = kecepatan aliran pada titik nol karena debit konstan (0 m/s)
 V_3 = kecepatan aliran pada titik tiga karena aliran terhenti seiring menutupnya katup limbah (0 m/s)
 H_{in} = ketinggian sumber air (m)
 H_l = kerugian tinggi tekan (m)
 H_3 = ketinggian katup limbah (0 m)
 ρ = massa jenis fluida (1000 kg/m^3)
 g = percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

Jika dimasukkan harga-harga yang telah ditentukan maka persamaan Bernaulli di atas menjadi:

$$H_{in} - H_l = \frac{P_3}{\rho g} \quad (2)$$

Dari hasil survey di lapangan didapat data-data sebagai dasar perencanaan pompa hidram:

- H_{in} = ketinggian sumber air (0,7m)
 H_{out} = ketinggian air keluar (5m)
 Q_{in} = debit air di pipa pemasukan ($0,4762 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$)
 L_{in} = panjang pipa pemasukan (4m)
 L_{out} = panjang pipa penghantar (6m)
 A_{in} = luas penampang pipa pemasukan ($2,025 \times 10^{-3} \text{ m}^2$)

2. Kecepatan Aliran Pada Pipa Pemasukan (V_{in})

$$V_{in} = \frac{Q_{in}}{A_{in}} \quad (3)$$

3. Kerugian Tinggi Tekan Pada Titik 3

a. Head loss (H_l) mayor

$$Re = \frac{V_{in} \cdot D_{in}}{\mu} \quad (4)$$

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \quad (5)$$

$$H_{l \text{ mayor}} = f \cdot \frac{L_{in} \cdot V_{in}^2}{D_{in} \cdot 2g} \quad (6)$$

b. Head loss minor

$$H_{l \text{ minor}} = K_l \cdot \frac{V_{in}^2}{2g} \quad (7)$$

$$H_l = H_{l \text{ mayor}} + H_{l \text{ minor}} \quad (8)$$

Dimana:

- $H_{l \text{ mayor}}$ = kerugian tekanan akibat gesekan pipa (m)
 $H_{l \text{ minor}}$ = kerugian tekanan akibat klep (m)
 H_l = Head loss (m)
 f = Faktor gesekan darcy waishbah
 Re = bilangan Reynold
 D_{in} = diameter pipa pemasukan (m)
 μ = Viskositas kinematik air pada 20° C (lampiran)
 L_{in} = panjang pipa pemasukan (m)
 K_l = faktor kontraksi yang terdiri dari

4. Tekanan Normal Yang Terjadi Pada Titik 3 (P3)

$$P3 = \rho \cdot g \cdot (H_{in} - H_l) \quad (9)$$

Dimana:

P3 = tekanan pada titik 3 (N/m²)

H_{in} = tinggi sumber air (m)

H_l = Head loss (m)

5. Kecepatan Aliran Pada Titik 3 (V3)

$$V3 = (Q_{in})/A3 \quad (10)$$

$$A3 = \left[\frac{\pi}{4} \cdot D_{in}^2 \right] - \left[\frac{\pi}{4} \cdot d_v^2 \right] \quad (11)$$

Dimana:

V3 = kecepatan aliran pada titik 3 (m/s)

Q_{in} = debit air pada pipa pemasukan (m³/s)

A3 = luas penampang pada titik 3 (m²)

d_v = diameter payung katup (m)

D_{in} = diameter saluran pemasuka atau diameter badan pompa (m)

6. Debit Keluaran Pompa (Qd)

$$Q_{out} = \frac{H_{in} \times Q_{in} \times 0,6}{H_{out}} \quad (12)$$

Dimana:

Q_{out} = debit pemompaan (m³/s)

H_{in} = tinggi jatuh vertikal (m)

Q_{in} = debit pemasuka (m³/s)

H_{out} = tinggi angkat vertikal (m)

7. Debit air pada katup buang (Qw)

$$Q_w = Q_{in} - Q_{out} \quad (13)$$

8. Efisiensi Pompa Hidram (η)

$$\eta = \frac{Q_{out} \cdot H_{out}}{(Q_w + Q_{out}) H_{in}} \quad (14)$$

3.2. Analisa Pengaruh Volume Tabung Udara Terhadap Kapasitas Air Yang Dihasilkan

Untuk mengetahui pengaruh perubahan volume tabung udara terhadap kapasitas air yang dihasilkan, dilakukan beberapa pengujian, yaitu:

1. Menggunakan Tabung Dengan Tinggi 100cm

Tabel 1. Debit Air Tabung 1

No. Tabung	Diameter Pipa Keluaran (inch)	Kapasitas Air (L/s)
Tabung 1	$\frac{1}{2}$	0,041667
Tinggi	$\frac{3}{4}$	0,019608
100 cm	1	0,018519

2. Menggunakan Tabung Dengan Tinggi 80cm

Tabel 2. Debit air tabung 2

No. Tabung	Diameter Pipa Keluaran (inch)	Kapasitas Air (L/s)
Tabung 2	$\frac{1}{2}$	0,04
Tinggi	$\frac{3}{4}$	0,018518
80 cm	1	0,017857

3. Menggunakan Tabung Dengan Tinggi 60cm

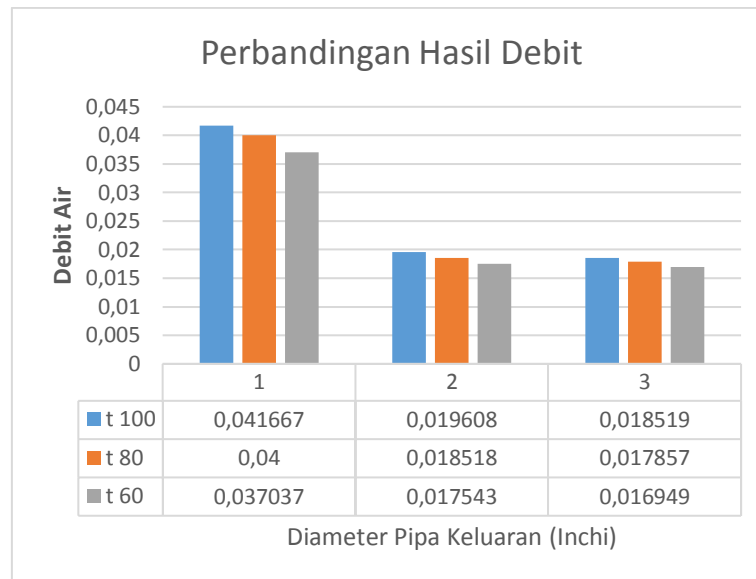
Tabel 3. Debit air tabung 3

No. Tabung	Diameter Pipa Keluaran (inch)	Kapasitas Air (L/s)
Tabung 3	$\frac{1}{2}$	0,037037
Tinggi	$\frac{3}{4}$	0,017543
60 cm	1	0,016949

4. Grafik Perbandingan Pengaruh Volume Tabung Udara Terhadap Kapasitas Air
Besarnya pengaruh volume tabung udara yang digunakan (Gambar 2) terhadap kapasitas air yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Tabung Udara



Gambar 3. Perbandingan Hasil Debit Air

Dari data pada Tabel 1, 2 dan 3, dapat diketahui bahwa tabung udara juga berpengaruh terhadap kinerja sebuah pompa. Penggunaan tabung udara yang tepat mampu memperbesar efisiensi pompa hidram, dengan menggunakan tabung udara yang lebih besar maka debit air yang dihasilkan bisa lebih besar. Dimana debit air yang lebih besar dihasilkan oleh tabung dengan tinggi tabung udara 100 cm dan diameter pipa keluaran $\frac{1}{2}$ inch, mampu menghasilkan debit sebanyak 0,041667 L/s. Sedangkan debit yang paling kecil dihasilkan oleh tabung udara dengan tinggi 60 cm dan diameter keluaran 1 inch, mampu menghasilkan debit 0,016949 L/s.

4. SIMPULAN

Penelitian ini telah dibuktikan bahwa perhitungan teoritis sesuai dengan hasil pengukuran lapangan dengan hasil:

1. Perancangan pompa hidram yang optimal sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan telah berhasil dilakukan dan dapat berfungsi dengan baik.
2. Meminimalisir penggunaan bahan bakar dan listrik.
3. Penggunaan tabung udara juga mampu memperbesar efisiensi pompa hidram, dengan menggunakan tabung udara yang lebih besar maka debit air yang dihasilkan akan lebih besar pula.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Munir, A. "Pompa Hidram Sebagai Pompa Air Harapan Masyarakat Di Desa Berkemajuan", Jurnal Pengabdian Masyarakat, 1(1), 45–51, 2017
- [3]. Arianta, A. N. "Pengaruh Variasi Ukuran Tabung Udara terhadap Unjuk Kerja Sebuah Pompa Hidram", Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952, 1967
- [4]. Panjaitan, D. O., Sitepu, T., Mesin, D. T., & Utara, U. S. "Rancang bangun Pompa Hidram dan Pengujian Pengaruh Variasi Tinggi Tabung Udara dan Panjang Pipa Pemasukan Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram", Jurnal E-Dinamis, II(2), 1–9, 2011
- [5]. Taye, T. "Hydraulic Ram Pump", Journal of the ESME, Vol II, 1998
- [6]. Munson, B. R., Young, D. F., & Okiishi, T. H. Mekanika Fluida Jilid 1 Edisi 4. 2004.