

## Uji Efisiensi Pompa Hidram dengan Variasi Volume Tabung Udara

Dinar M. F. \*, Hari Anggit C. W., Latifah N. Q., Enjang J.M.

### Abstrak

*Telah dilakukan penelitian untuk menguji efisiensi pompa hidram. Alat ini bekerja memanfaatkan prinsip palu air pada keseimbangan katup buang dan katup hisap sehingga dapat memindahkan air ke tempat yang lebih tinggi. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen berdasarkan studi literatur dengan melakukan variasi volume tabung udara (vacuum chamber). Variasi volume yang digunakan adalah volume 330 mL, 600 mL, 1000 mL, 1500 mL, dan 2000 mL. Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa variasi volume tabung udara tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi pompa hidram. Rancang bangun pompa hidram yang menghasilkan efisiensi terbaik adalah pompa hidram dengan volume tabung udara 1500 ml dengan efisiensi sebesar 17,21 %.*

*Kata Kunci : Pompa Hidram, Tabung Udara, efisiensi*

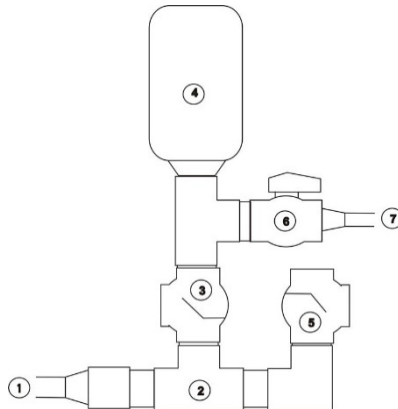
### Pendahuluan

Air merupakan salah satu kebutuhan yang sangat fundamental dalam kehidupan manusia. Kebutuhan air yang cukup banyak sering menimbulkan permasalahan baru, khususnya bagi masyarakat yang tinggal di daerah yang jauh dari sumber air atau dengan sumber air yang lebih rendah, sehingga untuk mendapatkannya dibutuhkan usaha yang lebih berat karena harus diangkat melalui jalan yang menurun dan menanjak. Sebagai solusi masalah tersebut, maka penggunaan pompa hidram sangat tepat. Pompa hidram merupakan alat yang digunakan untuk menaikkan air dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan prinsip palu air [1]. Pompa hidram memiliki beberapa keunggulan yaitu tidak membutuhkan energi listrik atau bahan bakar, tidak membutuhkan pelumasan, biaya pembuatan dan pemeliharaannya relatif murah serta konstruksi yang mudah [2]. Dalam aplikasinya, efisiensi pompa hidram masih perlu ditingkatkan karena air yang terbuang lebih banyak dibandingkan air yang dihasilkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk merancang pompa hidram yang efektif dan efisien.

Dalam penelitian ini, dilakukan eksperimen untuk menguji efisiensi hasil rancang bangun pompa hidram dengan variasi volume tabung udara. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Suwarda dan Wirawan (2008), ada tidaknya tabung udara merupakan salah satu variabel yang mempengaruhi besarnya efisiensi pompa hidram [3]. Efisiensi diperoleh dengan membandingkan debit hasil dengan debit limbah, serta perbandingan head masuk dan head keluar berdasarkan metode D'Aubission.

### Teori

Cara kerja dari pompa hidram dapat dijelaskan dengan bagan berikut ini:

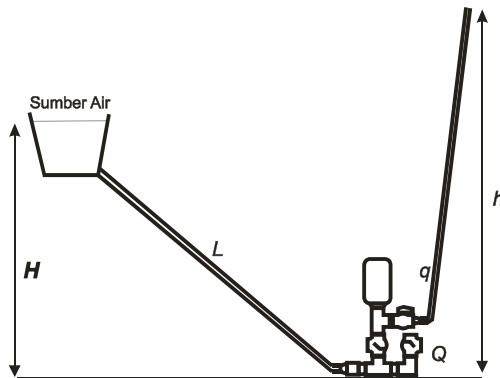


Gambar 1: Bagan Pompa Hidram.

Bagian utama dari pompa hidram adalah dua buah katup, yaitu: katup hisap (3) dan katup buang (5). Air masuk dari reservoir melalui pipa (1). Mula-mula katup buang terbuka karena gravitasi sedangkan katup hisap tertutup. Air yang masuk memenuhi badan pompa (2) mendorong ke atas katup menutup. Tertutupnya katup buang mengakibatkan dorongan air menekan dan membuka katup hisap lalu air masuk mengisi ruang dalam tabung udara (4) di atas katup hisap. Pada volume tertentu pengisian air dalam tabung udara optimal, massa air dan udara dalam tabung kompresi akan menekan katup hisap untuk menutup kembali, pada saat yang bersamaan sebagian air keluar melalui pipa (7). Dengan tertutupnya kedua katup, maka aliran air dalam badan pompa berbalik berlawanan dengan aliran air masuk diikuti dengan turunnya katup buang. Hal ini karena arah tekanan air tidak lagi ke katup buang tetapi berbalik ke arah pipa input (1).

Di sinilah palu air (*water hammer*) itu terjadi, dimana air dengan tenaga gravitasi dari terjunan sumber air menghantam arus balik tadi, sebagian besar debit air keluar melalui katup buang, sementara sisanya mendorong katup hisap masuk ke dalam tabung udara sekaligus mendorong air yang ada dalam tabung udara untuk keluar melalui pipa output (7). Energi hantaman yang berulang-ulang mengalirkan air ke tempat yang lebih tinggi [4].

Perhitungan efisiensi pompa hidram ditentukan dari perkalian perbandingan debit hasil ( $q$ ) dan debit masuk ( $Q+q$ ) serta perbandingan head keluar ( $h$ ) dan head masuk ( $H$ ) [5]. Perhatikan Gambar 2 berikut.



Gambar 2: Head masuk dan Head keluar

Efisiensi pompa hidram ditentukan dengan persamaan D'Aubission:

$$\eta = \frac{q \cdot h}{(Q + q) \cdot H} \cdot 100\% \quad (1)$$

Kecepatan air pada badan pompa dan tekanan saat katup buang tertutup dapat dianalisis menggunakan persamaan Bernoulli [6] sebagai berikut.

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \quad (2)$$

Dimana

- $p$  : tekanan (Pa)
- $v$  : kecepatan (m/s)
- $g$  : percepatan gravitasi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )
- $\gamma$  : berat jenis air ( $9800 \text{ kg/m}^2\text{s}^2$ )
- $z$  : ketinggian (m)

Indeks 1 menyatakan posisi pada ketinggian sumber air, indeks 2 menyatakan posisi pompa hidram. Karena  $z$  diukur dari ketinggian pompa, maka  $z_2$  sama dengan nol.

### Hasil dan Diskusi

Pompa hidram hasil rancang bangun memiliki diameter pipa penghantar PVC ukuran  $\frac{1}{2}$  inch, katup buang dan katup hisap menggunakan kleptabok dengan ukuran  $\frac{1}{2}$  inch, kedua klep dipasang berlawanan arah.

Berdasarkan analisis Persamaan (2) dengan mengatur head masuk (H) 143 cm dan panjang pipa penghantar (L) 3 m, maka didapatkan tinggi maksimum head keluar (h) sebesar 11,73 m dan tekanan pada badan pompa sebesar  $1,15 \times 10^5$  Pa. Namun pada penelitian ini digunakan head keluar (h) sebesar 335,5 cm agar diperoleh pengukuran debit keluar yang lebih efektif.

Penelitian ini dilakukan dengan variasi volume tabung udara 330 ml, 600 ml, 1000 ml, 1500 ml, dan 2000 ml, masing-masing volume dilakukan pengujian sebanyak tiga kali. Hasil eksperimen ditunjukkan pada Tabel 1.

Perbandingan efisiensi pompa hidram dengan variasi volume udara ditunjukkan pada Gambar 3. Efisiensi pompa hidram mulai naik pada volume 600 mL, kemudian turun pada volume 2000 mL. Pada volume 1000 mL, penurunan efisiensi maksimum sebesar 2,46%. Nilai ini lebih kecil dibandingkan perubahan efisiensi dari volume 600 mL ke 1000 mL dan dari volume 1500 mL ke 2000 mL. Hasil ini menunjukkan bahwa variasi volume tertentu tidak memberikan perubahan efisiensi yang signifikan.

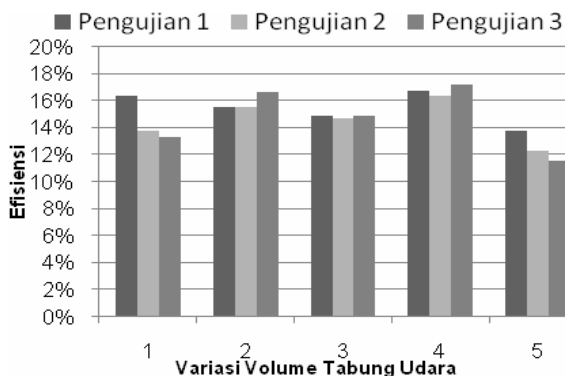
Berdasarkan data olahan pada Tabel 1, efisiensi terbesar diperoleh pada sistem pompa hidram dengan volume tabung udara 1500 mL (Gambar 3) yaitu 17,21%. Dari debit hasil ( $q$ ) yang diperoleh, volume keluaran yang dihasilkan dalam satu hari mencapai 281,66 L. Hal ini setara dengan kebutuhan air 2 orang dengan asumsi setiap orang memerlukan air 150 liter per hari [7].

Tabel 1. Hasil Eksperimen Pompa Hidram dengan Variasi Volume Tabung Udara.

No	$V_{TU}$ (mL)	Q (mL/s)	q (mL/s)	T (s)	$\eta_A$
1	330	39,47	2,96	1,73	16,37%
		39,79	2,49	1,79	13,80%
		40,02	2,42	1,70	13,37%
2	600	43,19	3,06	1,65	15,52%
		43,02	3,05	1,66	15,52%
		43,43	3,35	1,65	16,64%
3	1000	32,70	2,22	1,43	14,90%
		30,28	2,03	1,38	14,75%
		28,47	1,93	1,42	14,89%
4	1500	39,70	3,06	1,72	16,79%
		40,26	3,02	1,69	16,37%
		41,15	3,26	1,74	17,21%
5	2000	30,00	1,88	1,39	13,84%
		32,12	1,78	1,42	12,30%
		29,64	1,54	1,45	11,60%

Keterangan:

- $V_{TU}$  : Volume tabung udara (mL)
- Q : Debit limbah (mL/s)
- q : Debit hasil (mL/s)
- T : Periode menutupnya katup (s)
- $\eta_A$  : Efisiensi D'Aubuisson



Gambar 3: Efisiensi pompa hidram dengan variasi tabung udara.

Pengaruh volume tabung udara terhadap efisiensi relatif tidak signifikan. Hal ini dilihat dari perbedaan efisiensi terbesar yang dihasilkan oleh masing-masing tabung memiliki simpangan baku 1,3%. Nilai ini relatif kecil dibandingkan dengan variasi volume-volume tabung yang digunakan.

Tabung udara pada sistem pompa hidram berfungsi sebagai pegas udara. Air yang masuk ke badan pipa dari reservoir memiliki kecepatan yang menyebabkan katup buang menutup dengan cepat. Akibatnya badan pompa akan mengalami tekanan yang tinggi. Tekanan tersebut menekan ke segala arah, termasuk melawan tekanan yang dihasilkan energi potensial dari tinggi reservoir. Tekanan yang mengarah ke reservoir membuat badan pompa mengalami penurunan tekanan sehingga katup buang kembali terbuka. Tekanan yang mengarah ke katup hisap membuat katup hisap terbuka dan sebagian air masuk ke dalam tabung udara. Udara yang tertekan karena bertambahnya volume air bekerja seperti pegas udara, yaitu pada mulanya terkompresi saat air masuk dan kemudian kembali memberikan tekanan. Tekanan yang dihasilkan dari pegas udara tersebut hanya diteruskan menuju selang penghantar, hal ini karena katup hisap sudah tertutup kembali. Proses ini terus menerus berulang sehingga air dapat mengalir terus ke selang penghantar.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa variasi tabung udara tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi pompa hidram. Rancang bangun pompa hidram yang menghasilkan efisiensi terbaik adalah pompa hidram dengan volume tabung udara 1500 ml dengan efisiensi sebesar 17, 21 %.

### Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan analisis konsep fisika pada pompa hidram dengan menggunakan mekanika fluida yang lebih kompleks, dilakukan pengukuran tekanan pada tabung udara saat pompa hidram bekerja, dan dilakukan pemilihan bahan terutama katup yang mampu bekerja secara stabil, sehingga perubahan keadaan katup yang mempengaruhi kinerja pompa hidram tidak terjadi.

## Referensi

- [1] Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman. 2002. Petunjuk Teknis Pemanfaatan Pompa Hidram dalam Penyediaan Air Bersih. Bandung: Indonesia
- [2] Didin S. Fane, Rudy Sutanto, I Made Mara. 2012. Pengaruh Konfigurasi Tabung Kompresor terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram. ISSN: 2088-088X Vol. 2 No. 2 Juli 2012.
- [3] Made Suarda dan IKG Wirawan. 2008. Kajian Eksperimental Pengaruh Tabung Udara terhadap Tekanan Pompa Hidram. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM Vol. 2 No.1, Juni 2008 (10-14).
- [4] Agus Budiman dkk. 2010. Pelatihan Pembuatan Hidram (Pompa Tenaga Air) sebagai Alternatif Penghematan Tenaga Listrik dan Pemenuhan Kebutuhan Air pada Musim Kemarau. Laporan Kegiatan PPM Program Reguler Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Negeri Yogyakarta.
- [5] Anonim. 2010. Hydram. Diunduh dari [www.somaiya.edu/projdccts/hydrum.pdf](http://www.somaiya.edu/projdccts/hydrum.pdf)
- [6] Sri Utami Handayani. 2010. Bahan Ajar Pompa dan Kompresor. Diunduh dari [utami.community.undip.ac.id/files/2010/07/BAB-1-Pendahuluan1.pdf](http://utami.community.undip.ac.id/files/2010/07/BAB-1-Pendahuluan1.pdf).
- [7] Ifah Latifah. -. Rancangan Sistem Suplai Air Bersih di Desa Cipeuteuy. Diunduh dari [http://www.academia.edu/1990977/Rancangan\\_Sistem\\_Suplai\\_Air\\_Bersih\\_di\\_Desa\\_Cipeuteuy](http://www.academia.edu/1990977/Rancangan_Sistem_Suplai_Air_Bersih_di_Desa_Cipeuteuy)

Dinar Maftukh Fajar\*  
Magister Pengajaran Fisika  
Institut Teknologi Bandung  
[dinarmaftukh@students.itb.ac.id](mailto:dinarmaftukh@students.itb.ac.id)

Hari Anggit Cahyo Wibowo  
Magister Pengajaran Fisika  
Institut Teknologi Bandung  
[hari.anggit@students.itb.ac.id](mailto:hari.anggit@students.itb.ac.id)

Latifah Nurul QomariyatuZamzami  
Magister Pengajaran Fisika  
Institut Teknologi Bandung  
[latifah\\_zamzami@yahoo.co.id](mailto:latifah_zamzami@yahoo.co.id)

Dr. Enjang Jaenal Mustopa  
Institut Teknologi Bandung  
[enjang@fi.itb.ac.id](mailto:enjang@fi.itb.ac.id)

\*Corresponding author