

Pengaruh Variasi Tekanan Awal Udara Pada Tabung Tekan Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hydram (Studi Kasus Di Desa Catur)

Ida Bagus Wiyana Manuaba¹⁾, I Gusti Ketut Sukadana²⁾, Made Suarda³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana

^{2,3)} Dosen Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana

Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Pompa hydram merupakan alat untuk mengangkat air dari suatu tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi, dengan memanfaatkan energi potensial air. Dalam upaya memaksimalkan kerja dari pompa hydram, dilakukan pengujian pengaruh tekanan awal udara pada tabung tekan, diharapkan kerja pompa menjadi lebih maksimal. Permasalahannya adalah bagaimanakah pengaruh variasi tekanan awal tabung tekan terhadap unjuk kerja pompa hydram pada pompa hydram yang telah beroperasi di desa Catur. Dimensi pompa hydram yang diuji yaitu badan pompa berdiameter 6 inch, tabung tekan berdiameter 8 inch, katup tekan tipe membran, ketinggian bak drive 6 meter dan tinggi pemompaan 111 meter. Dengan memvariasikan tekanan awal tabung sebanyak 5 kali yaitu: 2 kg/cm², 5 kg/cm², 8 kg/cm², 11 kg/cm², 14 kg/cm². Hasil penelitian yang didapat adalah tekanan awal tabung tekan berpengaruh terhadap kapasitas hasil pemompaan dan efisiensi pemompaan. Semakin besar tekanan awal tabung yang diberikan maka kapasitas air hasil pemompaan dan efisiensi pemompaan menjadi semakin rendah.

Kata kunci : Pompa hydram, tabung tekan, tekanan awal tabung, kapasitas, efisiensi.

Abstract

Hydrant pump is a device to lift water from somewhere a lower to higher ground, by utilizing the potential energy of water. In order to maximize the work of hydrant pump, testing the effects of early pressure on the tube press, work is expected to be maximal pump. The problem is how the influence of variations in the initial pressure on the performance of the tube press hydrant pump. Dimensions tested hydrant pump which pumps the body diameter of 6 inch, 8 inch diameter tube press, press valve membrane type, altitude bathtub drive 6 meters high and 111 meters pumping. This research was conducted in the village of Chess, with varying the initial pressure tube 5 times, namely: 2 kg / cm², 5 kg / cm², 8 kg / cm², 11 kg / cm², 14 kg / cm². The research results obtained are the initial pressure tube press influence the outcome pumping capacity and the pumping efficiency. The greater the initial pressure tube, but given the results of water pumping capacity and the pumping efficiency becomes lower.

Keywords: Hydrant pump, tube press, the initial pressure tube, capacity, efficiency.

1. Pendahuluan

Pompa *hydram* adalah suatu alat untuk mengangkat air dari suatu tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan memanfaatkan energi potensial sumber air yang dialirkan, pompa *hydram* bekerja secara kontinyu mengalirkan air dari sumber tanpa memerlukan sumber energi luar seperti energi listrik dan bahan bakar. Prinsip kerja pompa *hydram* yaitu air mengalir dari sumber melalui pipa penggerak ke dalam badan pompa dan keluar melalui katup limbah yang terbuka. Pada tekanan tertentu katup limbah akan menutup dengan sangat cepat akibatnya tekanan akan meningkat di dalam badan pompa, penomena terjadinya kenaikan tekanan yang sangat tinggi ini di kenal sebagai palu air (*water hammer*) sehingga katup tekan akan terbuka dan air mengalir menuju tabung tekan. Setelah tekanan air diatas katup tekan lebih tinggi

dari tekanan statik air pada badan pompa maka katup tekan akan menutup dan aliran air akan berhenti dan bergerak kembali ke pipa penggerak. Hal ini akan mengakibatkan tekanan di dalam badan pompa akan rendah dan akibat beban katup limbah maka katup limbah akan terbuka secara otomatis dan air akan mengalir kembali ke badan pompa. Proses tersebut akan berulang - ulang secara terus menerus.

Dari semua penelitian yang pernah dilakukan oleh mahasiswa teknik mesin udayana, ada variabel – variabel yang belum di teliti antara lain, variabel pegas pada katup tekan, variasi diameter lubang katup limbah dan variabel tekanan tabung tekan. Tabung tekan berfungsi untuk menekan air yang terjebak di dalam tabung untuk di alirkan ke pipa penghantar, tabung tekan digunakan untuk memampatkan udara di dalamnya dan untuk menahan tekanan dari siklus pompa *hydram*. Selain

itu, dengan adanya tabung tekan memungkinkan air melewati pipa penghantar secara kontinyu. Karena performa pompa *hydram* sangat dipengaruhi oleh tabung tekan tersebut sehingga penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Pengaruh variasi tekanan awal udara pada tabung tekan terhadap unjuk kerja pompa *hydram*”.

2. Tinjauan Pustaka

Pompa *hydram* (*hydraulic ram*) adalah suatu alat untuk mengangkat/mengalirkan air (sebagian air sumber) dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi secara kontinyu tanpa menggunakan energi luar seperti energi listrik atau bahan bakar minyak melainkan menggunakan energi potensial sumber air yang akan dialirkan sebagai penggerak. Karena pompa ini bekerja tanpa menggunakan energi listrik atau bahan bakar maka pompa *hydram* disebut juga pompa air tanpa energi luar atau disingkat menjadi PATEL. Pompa *hydram* ini bekerja berdasarkan kombinasi bukaan katup yaitu katup limbah yang terdapat pada badan pompa dan katup hantar yang terdapat pada tabung tekan. Keuntungan pompa *hydram* ini antara lain yaitu pompa ini tidak memerlukan energi listrik, bahan bakar, pelumas, motor penggerak, dan mudah dibuat serta mudah dalam pemeliharaan.

Kapasitas air keluar katup limbah (Q_w)

$$Q_w = \frac{V_w}{t_0} \quad (1)$$

Kapasitas air hasil pemompaan (Q_d)

$$Q_d = \frac{V_p}{t_0} \quad (2)$$

Kapasitas air yang masuk pipa penggerak

$$Q_s = Q_w + Q_d \quad (3)$$

Untuk aliran air yang konstan perhitungan dapat menggunakan persamaan energi. Persamaan energi untuk aliran konstan dari titik 1 ke titik 2 ialah energi pada kondisi di titik 1 sama dengan energi pada kondisi di titik 2 yang ditambahkan dengan kerugian-kerugian *head* seperti

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + \sum h_{L1-2} \dots (4)$$

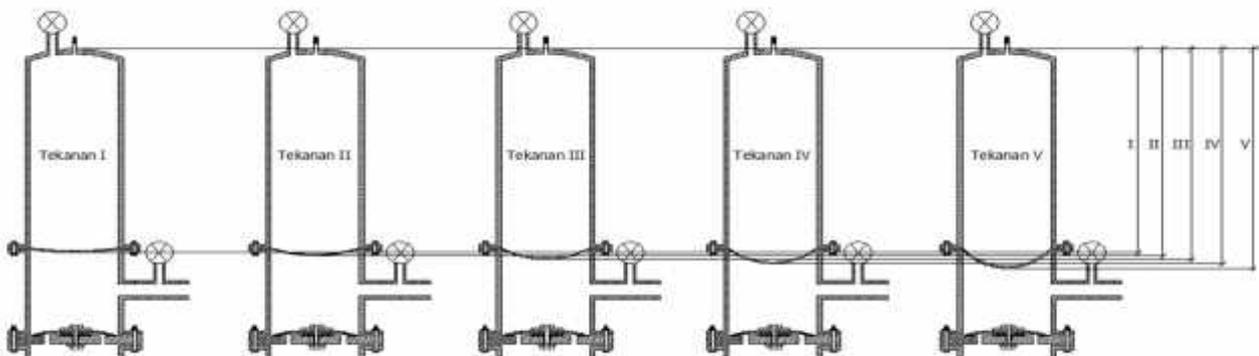
Untuk mengetahui efisiensi dari pompa *hydram* dapat menggunakan persamaan “*D-Aubuisson*” :

$$\eta_D = \frac{Q_d \times H_d}{Q_s \times H_s} \times 100\% \quad (5)$$

3. Metodologi Penelitian

Tabung tekan berfungsi untuk menekan air yang terjebak di dalam tabung untuk di alirkan ke pipa penghantar. Tabung tekan harus dibuat dengan perhitungan yang tepat, karena tabung tekan digunakan untuk memampatkan udara di dalamnya dan untuk menahan tekanan dari siklus pompa *hydram*. Selain itu, dengan adanya tabung tekan memungkinkan air melewati pipa penghantar secara kontinyu. Jika tabung tekan penuh air, tabung tekan akan bergetar hebat, dapat menyebabkan tabung tekan pecah. Jika terjadi kasus demikian, pompa *hydram* harus segera dihentikan. Untuk menghindari hal – hal di atas, volume tabung tekan harus dibuat sama dengan volume dari pipa penghantar.

Pada tabung tekan peneliti akan memvariasikan tekanan awal pada tabung tekan untuk mengoptimalkan kerja atau performa dari pompa *hydram*, peneliti akan memvariasikan tekanan pada tabung sebanyak 5 kali seperti diperlihatkan pada gambar 1 yaitu pada tekanan pertama sebesar 2 kg/cm². Percobaan kedua peneliti akan menambah tekanan menjadi sebesar 5 kg/cm², kemudian percobaan ketiga peneliti akan menambah tekanan menjadi sebesar 8 kg/cm², percobaan ke empat peneliti akan menambah tekanan menjadi sebesar 11 kg/cm², dan percobaan kelima peneliti akan menambah tekanan menjadi sebesar 14 kg/cm² dari percobaan yang akan dilakukan peneliti akan mencari pada tekanan berapa pompa tersebut bekerja secara maksimal.

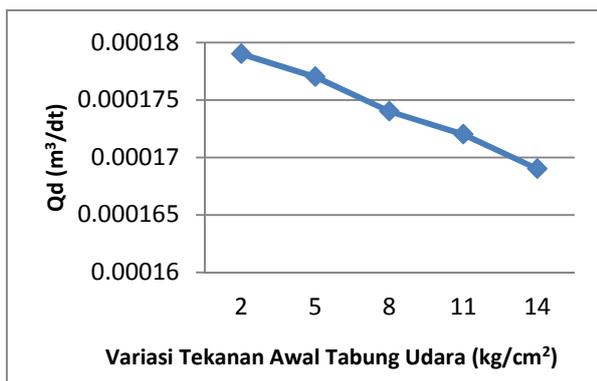


Gambar 1 Variasi tekanan awal udara pada tabung tekan

Pengujian pada pompa *hydram* dilakukan melalui tahap-tahap pengujian sebagai berikut : pertama siapkan model test dan alat bantu pengujian pompa *hydram*, kemudian stel panjang langkah katup limbah tetap, cek tekanan awal pada tabung tekan, kemudian isi bak penggerak air sampai ketinggian yang ditentukan, *gate valve* berada pada posisi tertutup penuh. Selanjutnya buka *gate valve* dan jaga ketinggian air pada bak penggerak sumber air agar tidak berubah dengan cara mengisi air terus menerus sampai terjadi *over flow* yang selanjutnya di pompa ke *reservoir*, lalu cek kebocoran pipa, jika tidak ada kebocoran pancung pompa dengan cara membuka dan menutup katup limbah supaya pompa dapat bekerja, bila pompa belum dapat bekerja dengan lancar ulangi langkah no 2. Setelah pompa bekerja normal, catat Pawal dan oprasional tabung tekan (kg/cm^2), hasil pemompaan (liter), overflow (liter), frekuensi pemompaan dalam 1 menit. Ulangi pengambilan data sebanyak 3 kali, catat ke dalam tabel. Matikan pompa dan tambahkan tekanan udara pada tabung, maka ulangilah langkah no 4 sampai dengan no 7.

4. Hasil Dan Pembahasan

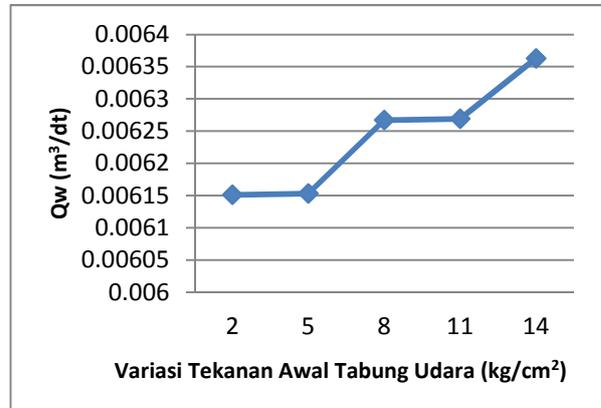
Dari penelitian yang telah dilakukan, hasil yang di dapat kemudian diolah dan dimasukkan kedalam grafik yaitu pada gambar 2 dapat dilihat bahwa dari keseluruhan kapasitas air hasil pemompaan, kapasitas yang paling maksimal terjadi pada tekanan 2 kg/cm^2 . Semakin besar tekanan udara dalam tabung akan mengakibatkan waktu menutup katup membran semakin cepat karena tekanan dari tabung semakin besar sedangkan tekanan air dari badan pompa tetap, hal tersebut mengakibatkan air yang mengalir ke dalam tabung udara semakin kecil sehingga kapasitas air pemompaan juga akan semakin kecil.



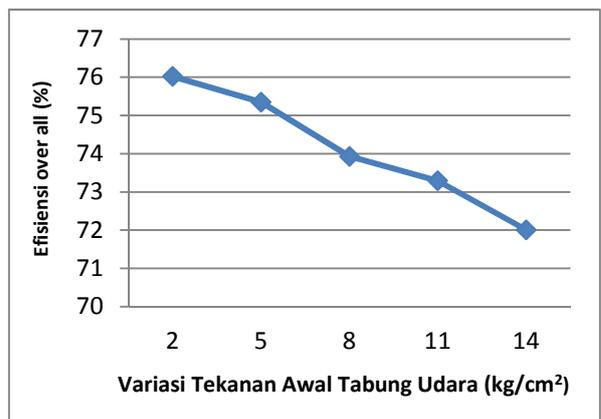
Gambar 2 Grafik hubungan tekanan awal tabung udara terhadap kapasitas air pemompaan(Qd)

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa dari keseluruhan kapasitas air limbah, kapasitas yang paling besar terjadi pada tekanan 14 kg/cm^2 . Semakin besar tekanan udara dalam tabung akan mengakibatkan waktu menutup katup membran

semakin cepat karena tekanan dari tabung semakin besar sedangkan tekanan air dari badan pompa tetap, hal tersebut mengakibatkan kapasitas air limbah menjadi semakin besar, karena air yang mengalir ke dalam tabung udara semakin kecil.

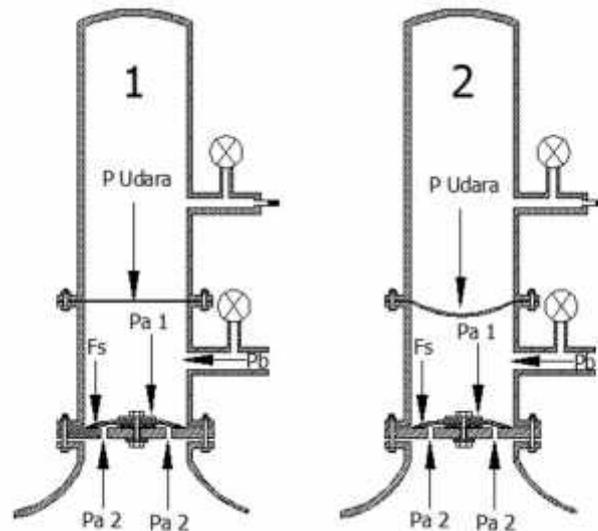


Gambar 3 Grafik hubungan tekanan awal tabung udara terhadap kapasitas air limbah (Qw)



Gambar 4 Grafik hubungan tekanan awal tabung udara terhadap efisiensi pemompaan (η_{OA})

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa dari keseluruhan efisiensi pemompaan, efisiensi yang paling maksimal terjadi pada tekanan 2 kg/cm^2 . Semakin besar tekanan udara dalam tabung akan mengakibatkan waktu menutup katup membran semakin cepat karena tekanan dari tabung semakin besar sedangkan tekanan air dari badan pompa tetap, akibatnya air yang mengalir ke dalam tabung udara semakin kecil sehingga kapasitas air pemompaan juga akan semakin kecil dan efisiensi over all yang dihasilkan juga akan semakin kecil. Penambahan tekanan pada tabung juga menyebabkan volume air yang telah terjebak pada tabung menjadi berkurang karena faktor kompresibilitas dimana jika volume udara pada tabung semakin besar maka volume air di dalam tabung menjadi lebih sedikit sehingga air yang mengalir ke tangki penampung juga menjadi semakin kecil.



Gambar 5 Tekanan pada tabung

Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa keadaan 1 tabung tekan tanpa adanya penambahan udara, dimana tekanan udara pada tabung yang dibatasi oleh membran (P_u) + tekanan air yang terperangkap dalam tabung (P_{a1}) + tekanan balik (P_b) + gaya elastisitas membran (F_s) = tekanan air dari badan pompa yang mengalir dari pipa drive (P_{a2}), pada kondisi ini tekanan pada tabung merupakan tekanan ideal yang dihasilkan oleh pompa tersebut. Keadaan 2 tabung diberikan udara tambahan, dimana tekanan udara pada tabung yang dibatasi oleh membran (P_u) + tekanan air yang terperangkap dalam tabung (P_{a1}) + tekanan balik (P_b) + gaya elastisitas membran (F_s) > tekanan air dari badan pompa yang mengalir dari pipa drive (P_{a2}).

Air yang masuk kedalam tabung sangat dipengaruhi dari tekanan udara pada tabung, tekanan air yang telah terjebak dalam tabung dan gaya elastisitas katup membran, maka jika tekanan udara pada tabung ditambah akan menyebabkan waktu membuka dan menutup katup lebih cepat, karena tekanan dari atas katup menjadi lebih besar sedangkan tekanan air dari badan pompa tetap sehingga air yang masuk kedalam tabung lebih sedikit. Penambahan tekanan pada tabung juga menyebabkan volume air yang telah terjebak pada tabung menjadi berkurang karena faktor kompresibilitas dimana jika volume udara pada tabung semakin besar maka volume air di dalam tabung menjadi lebih sedikit sehingga air yang mengalir ke tangki penampung juga menjadi berkurang.

5. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian pada variasi tekanan awal tabung, maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar tekanan awal tabung yang diberikan maka kapasitas air hasil pemompaan (Q_d)

dan efisiensi pemompaan (η_{OA}) menjadi semakin rendah. Karena penambahan tekanan awal pada tabung tekan mempengaruhi kerja dari katup membran, dimana air yang masuk kedalam tabung tekan sangat dipengaruhi dari tekanan udara pada tabung tekan, tekanan air yang telah terjebak dalam tabung dan gaya elastisitas katup membran, jika tekanan udara pada tabung ditambah akan menyebabkan waktu membuka dan menutup katup lebih cepat, karena tekanan dari atas katup menjadi lebih besar sedangkan tekanan air dari badan pompa tetap sehingga air yang masuk kedalam tabung lebih sedikit. Penambahan tekanan pada tabung juga menyebabkan volume air yang telah terjebak pada tabung menjadi berkurang karena faktor kompresibilitas dimana jika volume udara pada tabung semakin besar maka volume air di dalam tabung menjadi lebih sedikit sehingga air yang mengalir ke tangki penampung juga menjadi berkurang.

Daftar Pustaka

- [1] Brown. L., 2006, *Using a Modified Hydraulic Ram To Pump Livestock Water*, Engineering Technologist Kamloops Office.
- [2] Bambang, Ir. Priambodo, 1986, *Mekanika Fluida, Edisi Tiga*, Erlangga, Jakarta
- [3] David, J.P., dan Edward, H.W., 1985, *Schaum's Outline of Theory and Problems of Fluid Mechanics and Hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- [4] Sularso, Ir. MSME, 1987, *Pompa dan Kompresor Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*, Cetakan Ketiga, PT Pradnya Paramita, Jakarta

- [5] San, G.S. dan Santoso G., 2002, *Studi Karakteristik Volume Tabung Udara dan Beban Katub Limbah terhadap Efisiensi Pompa Hydraulic Ram*, Jurnal Teknik Mesin Vol. 4, no. 2, Hal. 81-87

Nomenclature

V_w	:volume air keluar dari katup limbah (m^3)
V_p	:volume pemompaan tiap siklus (m^3)
t_0	:waktu total siklus (detik)
Q_s	:kapasitas air yang masuk pipa penggerak (m^3/dt)
Q_w	:kapasitas air keluar dari katup limbah (m^3/dt)
Q_d	:kapasitas air hasil pemompaan (m^3/dt)
P_1	:tekanan air di pipa penerjun (N/m^2)
P_2	:tekanan air di pipa penghantar (N/m^2)
Z_1	:tinggi air di titik 1 (m)
Z_2	:tinggi air di titik 2 (m)
g	:percepatan gravitasi (m/dt^2)
h_{L1-2}	:kerugian-kerugian <i>head</i> (m kolom fluida)
γ	:berat jenis air (N/m^3)
\bar{v}_1	:kecepatan air pada pipa penerjun (m/dt)
\bar{v}_2	:kecepatan air pada pipa penghantar (m/dt)
D	:efisiensi <i>D-Aubuisson</i> (%)
Hd	:tinggi pemompaan (m)
Hs	:tinggi sumber air dari katup limbah (m)