

## **Analisa Beda Tinggi Katup dan Variasi Diameter Pipa Inlet Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram Ukuran Dua Inchi**

<sup>1)</sup>Muhamad Jafri, <sup>2)</sup>Gusnawati, <sup>3)</sup>Apriyanto Banamtuan  
<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana  
Jl. AdiSucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597  
E-mail: fathurja@gmail.com

### **ABSTRAK**

Pompa hidram adalah alat yang digunakan untuk memompa dengan cara menaikkan air dari tempat bertekanan rendah ke tempat bertekanan tinggi dengan memanfaatkan energi potensial sumber air. Pompa hidram bekerja tanpa membutuhkan energi penggerak dari motor bakar maupun motor listrik. Selain itu, pengoperasian pompa hidram tidak memerlukan operator khusus, serta perawatan dan pemeliharaan cukup sederhana sehingga cocok untuk diaplikasikan pada masyarakat berpendidikan rendah serta berpenghasilan kecil. Unjuk kerja pompa hidram dipengaruhi beberapa parameter, antara lain tinggi jatuh, diameter pipa masuk, panjang pipa masuk, karakteristik katup limbah, karakteristik katup pengantar, karakteristik tabung udara, tinggi angkat, diameter pipa keluar, dan panjang pipa keluar. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh beda tinggi antara katup limbah dan katup pengantar serta diameter pipa *inlet* terhadap unjuk kerja pompa hidram. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Data yang diukur adalah debit hasil pemompaan dan debit limbah pada setiap variabel bebas yaitu beda tinggi katup (10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm) dan diameter pipa *inlet* (2 inchi, 2,5 dan 3 inchi). Data hasil pengukuran dan data instalasi digunakan untuk menganalisa *head* efektif. Data debit pemompaan, debit limbah, debit masuk, dan data hasil analisis head, digunakan untuk menghitung efisiensi pompa. Efisiensi pompa yang digunakan disini adalah *efisiensi D'aubuisson* dan *efisiensi Rankine*. Hasilnya penelitian menunjukkan bahwa efisiensi minimum diperoleh sebesar 59,15 % yang terjadi pada beda tinggi katup 15 cm dan diameter pipa *inlet* 3 inchi sedangkan efisiensi tertinggi diperoleh sebesar 95,29 % pada beda tinggi katup 10 cm dan diameter pipa *inlet* 2 inchi pada pompa hidram.

*Kata kunci: pompa hidram, katup limbah, katup pengantar, pipa inlet, efisiensi pompa.*

### **ABSTRACT**

*Hydraulic ram pump is an equipment used to pump up water by pushing up the water from the low place to the higher place. The pump worked needs neither the fuel nor the electricity. Moreover, the making of and the maintenance of this pump is simple and its spare parts is also easy to get so that it is compatible with the region in which the people have limited level of ability. The effectiveness of Hydraulic ram pump performance is influenced by the parameter, those are the height of the fall, diameter of the pipe, types of pipe, characteristic of waste valve, characteristic of conductor valve, length of the inlet pipe and the length of the pipe on waste valve. This research measured the volume of water entering, and the result volume of pumping up, the volume of the waste, the amount of wasting valve knock, the efficiency of D'aubuisson and of Rankine toward the variation of high valves difference (10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm) and the variation diameter of inlet pipe (2 inches, 2.5 inch and 3 inches). The result indicated that the variation of the high valve difference and variation diameter of inlet pipe reached the minimum and the highest efficiency. The minimum efficiency was 59.15% occurred in 15 cm high valves difference and in inlet pipe of 3 inches in diameter while the highest efficiency was 95.29 % in 10 cm high valve difference and in inlet pipe of 2 inches in the hydraulic ram pump.*

*Key words: wasting valve, conductor valve, Inlet pipe, D'aubuisson efficiency and efficiency of Rankine*

## PENDAHULUAN

Untuk mengangkat air dari tempat bertekanan rendah ke tempat bertekanan tinggi, sebagian banyak orang menggunakan pompa berpengerak motor bakar atau motor listrik. Penggunaan pompa jenis ini menjadikan biaya operasional dan perawatan cukup besar serta diperlukan teknisi yang handal dalam pengoperasiannya.

Di Indonesia khususnya di Pulau Timor, masih banyak daerah yang memiliki sumber air besar namun sulit untuk mendapatkannya. Keadaan ini disebabkan karena masyarakat setempat tidak mampu menggunakan pompa yang umumnya digunakan karena sumber daya manusia serta ekonomi yang rendah.

Solusi dari persoalan di atas adalah dengan memaksimalkan penggunaan pompa hidram sebagai teknologi alternatif yang lebih efisien karena pompa hidram tidak memerlukan energi penggerak dari luar serta teknisi yang handal (Saputra, 2014).

Pompa hidram adalah salah satu alat yang digunakan untuk mengangkat air dari suatu tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan memanfaatkan energi potensial sumber air yang akan dialirkan. Penelitian mengenai performansi pompa hidram telah banyak dilakukan, akan tetapi masih banyak pula yang perlu di kaji sehingga efisiensi pompa hidram lebih baik.

Persyaratan penerapan pompa hidram yang pertama adalah tersedianya air baku yang cukup dan kontinyu, tinggi terjunan air terhadap kedudukan pompa terpenuhi minimal 1 meter, tinggi lokasi yang akan disuplai dari kedudukan pompa proporsional, kemiringan menampung air baku dari pompa hidram antara kedudukan pompa dengan daerah yang disuplai (Wahyudi, 2005).

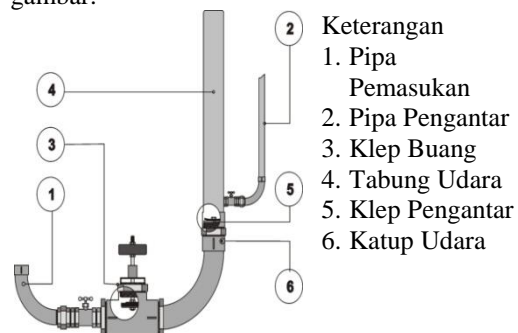
## LANDASAN TEORI

Penelitian tentang pompa hidram dengan variasi *head supply* telah dilakukan sebelumnya oleh (Sitompul F. M. dan Hazwi, M., 2004), Dalam penelitian ini menggunakan variasi *head supply* 2,3 m, 2,8 m dan 3,3 m dan variasi panjang langkah katup limbah 15 mm, 20 mm dan 25 mm. Tabung udara dengan volume 0,006153 m<sup>3</sup> dan panjang pipa pemasukan 15

m. Hasil pengujian dan analisis diperoleh bahwa *head supply* berpengaruh terhadap tekanan yang diakibatkan oleh palu air dan panjang langkah katup limbah berpengaruh terhadap debit dan kecepatan aliran. Head tekanan gradual maksimum sebesar 0,6076 m yang terhubung parallel *head supply* 3,3 m dan panjang langkah katup limbah 25 mm. Efisiensi maksimum pompa hidram diperoleh sebesar 43,14% yang terhubung paralel dengan *head supply* 2,3 m dan panjang langkah katup limbah 15 mm pada efisiensi D'Aubuisson.

Mekanisme kerja pompa hidram adalah melipat gandakan kekuatan pukulan air, dimana terjadi perubahan energi kinetik air menjadi tekanan dinamik yang menimbulkan water hammer. Tekanan dinamik akan diteruskan ke dalam tabung udara yang berfungsi sebagai penguat. Akan tetapi kerja pompa ini tidak dapat memompa semua air yang masuk, jadi sebagian air terpompa dan sebagian dibuang melalui katup limbah (San & Susanto, 2002).

Skema pompa hidram dapat dilihat pada gambar.



Gambar 1. Komponen utama pompa Hidram (Sumber : Hanafie and Hans de Lough, 1979)

## Cara Kerja Pompa Hidram

Siklus kerja pompa hidram dapat dibagi menjadi empat periode utama berdasarkan posisi katup limbah pada waktu rata-rata saat terjadi variasi kecepatan aliran air pada pipa pemasukan yaitu akselerasi (percepatan), kompresi, pemompaan, dan hentakan balik. Siklus kerja pompa hidram yaitu sebagai berikut (Jeffery dkk, 2005):

### Akselerasi (percepatan)

Katup limbah terbuka dan air mulai mengalir melalui pipa pemasukan dan keluar

melalui katup limbah. Aliran air mengalami percepatan karena adanya tinggi jatuh sehingga kecepatan aliran terus meningkat dan berusaha untuk menutup katup limbah. Apabila mencapai puncaknya, aliran air akan menggerakkan katup limbah untuk menutup.

#### Kompresi

Pada saat katup limbah menutup, aliran air bergerak sangat cepat sehingga momentum yang terjadi terdengar seperti suara batu yang jatuh dari suatu bukit. Momentum berubah menjadi tekanan yang mengkompresi air di rumah pompa, hasilnya adalah kenaikan tekanan mendadak yang disebut *water hammer*. Tekanan di rumah pompa naik lebih besar dibandingkan tekanan pada tabung udara.

#### Pemompaan

Karena tekanan di rumah pompa naik melebihi tekanan di tabung udara, katup pengantar terbuka dan aliran air menuju tabung udara. Tekanan di rumah pompa menurun sama besar dengan tekanan di tabung udara. Aliran air yang masuk melalui pipa pemasukan menjadi lambat dan tekanan di rumah pompa menurun. Bersamaan dengan menurunnya tekanan yang lebih rendah dengan tekanan di tabung udara, katup pengantar menutup. Katup pengantar merupakan katup aliran yang searah, yang menghambat aliran balik dari air dari tabung udara ke dalam rumah pompa.

#### Hentakan balik (Recoil)

Ketika katup pengantar menutup, masih terdapat sedikit tekanan di rumah pompa dan pipa pemasukan. Katup limbah menutup, jadi arah di mana air dapat bergerak hanya kembali ke arah pipa pemasukan. Aliran air yang masuk melalui pipa pemasukan berhenti, sehingga tekanan dapat dilepaskan ke luar melalui pipa pemasukan. Air dalam pompa terdorong melalui pipa pemasukan. Dorongan kembali tersebut membuat tekanan di rumah pompa rendah, cukup untuk membuat katup limbah terbuka kembali. Bagi beberapa jenis pompa hidram katup limbah terbuka kembali karena bantuan aliran air, bagi beberapa jenis katup limbah terbuka kembali karena beratnya. Tekanan rendah di rumah pompa berarti

sejumlah kecil udara dihisap oleh katup udara. Udara berada di bawah katup pengantar sampai siklus berikutnya ketika aliran akan ditekan ke dalam tabung udara itulah mengapa tabung udara selalu penuh udara.

#### Debit Pompa, $Q$

Debit adalah volume air yang melalui suatu penampang dalam satu satuan waktu. Debit dinyatakan dengan rumus (White, F 1988):

$$Q = \frac{V}{t}$$

dimana :

$$Q = \text{debit aliran (m}^3/\text{s)}$$

$$V = \text{volume aliran (m}^3\text{)}$$

$$t = \text{waktu (s)}$$

#### Bilangan Reynolds

Bilangan *Reynolds* merupakan perbandingan gaya-gaya inersia dengan gaya-gaya kekentalan. Bilangan *Reynold* digunakan untuk menentukan jenis aliran, apakah aliran turbulen, laminar atau transisi. Bilangan ini ditentukan dengan persamaan (Streeter, V. E., and Wylie, E.B dalam Priyono A, 1993) :

$$R_e = \frac{\rho v D}{\mu}$$

dimana:

$$\rho = \text{Rapat massa fluida (kg/m}^3\text{)}$$

$$v = \text{Kecepatan aliran (m/det)}$$

$$D = \text{Diameter pipa (m)}$$

$$\mu = \text{Kekentalan absolut (kg/m.det)}$$

#### Head Pompa

*Head* pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa. Persamaan *head* pompa atau tinggi tekan pompa dapat ditulis sebagai berikut (Sularso dan Tahara, 2004) :

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{1}{2g}(v_d^2 - v_s^2)$$

dimana :

$$H = \text{head pompa (m)}$$

$$h_a = \text{head statis pompa (m)}$$

*Head* ini adalah perbedaan tinggi antara muka air di sisi keluar dan sisi isap.

$$\Delta h_p = \text{perbedaan head tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air, } \Delta h_p = 0,$$

jika kedua sisi muka air berhubungan dengan udara

$h_l$  = kerugian gesek dan berbagai kerugian minor seperti kerugian bentuk ujung pipa, kerugian katup, kerugian belokan dan kerugian sambungan (m).

$v_d$  = kecepatan aliran rata-rata sisi keluar (m/s)

$v_s$  = kecepatan aliran rata-rata sisi isap (m/s)  
 $g$  = percepatan gravitasi ( 9,81 m/s<sup>2</sup> )

### Efisiensi Pompa Hidram

Untuk mengetahui efisiensi pompa hidram, dalam penelitian ini digunakan dua persamaan efisiensi yaitu efisiensi *D'Aubuisson* dan efisiensi *Rankine*.

#### Efisiensi *D'Aubuisson*

Daya atau tenaga yang dibutuhkan untuk menaikkan air adalah berbanding lurus dengan laju air yang di pompa dikalikan dengan ketinggian pemompanya. Demikian juga daya yang tersedia pada aliran air yang disuplai untuk mengoperasikan pompa hidram berbanding lurus dengan besarnya laju air *volumetric* air yang disuplai dikalikan dengan ketinggian suplainya. Pompa hidram bekerja dengan memanfaatkan daya yang tersedia tersebut untuk membawa aliran ke tempat yang lebih tinggi, sehingga efisiensi pompa hidram dinyatakan sebagai persamaan *D-Aubuisson* adalah sebagai berikut (A. M. Michael and S. D. Kheper, 1997):

$$\eta_D = \frac{(Q_p \times h_d)}{(Q_p + Q_w) h_s} \times 100\%$$

Dimana  $\eta_D$ , efisiensi pompa hidram (%),  $Q_p$  debit air hasil pemompaan (m<sup>3</sup>/s),  $Q_w$  debit air yang terbuang melalui katup limbah (m<sup>3</sup>/s),  $h_s$  tinggi jatuh air (m) dan  $h_d$  tinggi angkat pemompaan (m).

#### Efisiensi *Rankine*

Efisiensi menurut *Rankine* merupakan perbandingan antara selisih tinggi tekan isap dan sisi buang dikali kapasitas pengisapan, dengan tinggi tekan isap dikalikan kapasitas air yang dipindahkan dimana pada efisiensi *rankine* kerugian *head loss* diabaikan. Maka nilai efisiensi *rankine* dapat dihitung sebagai

berikut (A. M. Michael and S. D. Kheper, 1997):

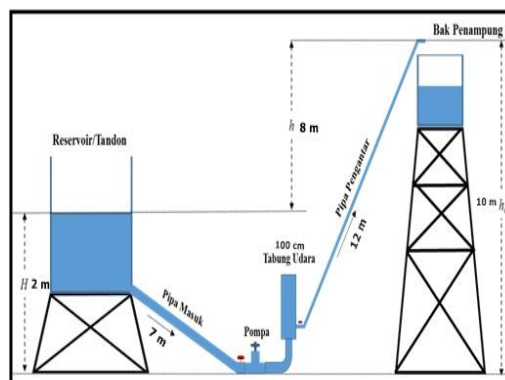
$$\eta_R = \frac{Q_p (h_d - h_s)}{(Q_w) h_s} \times 100\%$$

Dimana :  $\eta_R$  efisiensi *Rankine* (%)

## METODE PENELITIAN

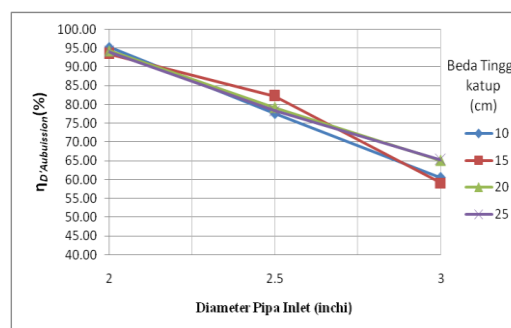
### Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang akan diteliti dalam penelitian ini dibedakan menjadi variabel bebas (*independent variable*) dan variabel terikat (*dependent variable*). Variabel bebas yaitu diameter pipa masuk yaitu 2 inci, 2,5 inci dan 3 inci dan beda tinggi katup divariasikan 10 cm; 15 cm; 20 cm; 25 cm. Sedangkan variabel terikat adalah debit dan efisiensi yang dihasilkan oleh pompa hidram.

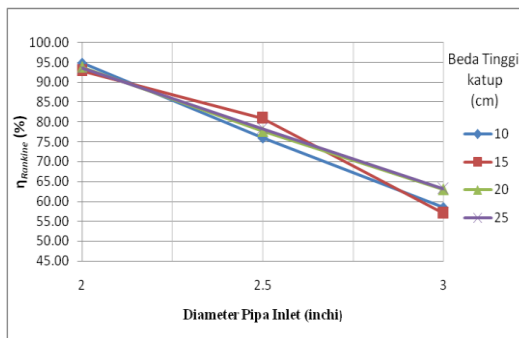


Gambar 2. Skema instalasi pompa hidram

## HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3. Grafik pengaruh beda tinggi katup dan diameter pipa masuk terhadap efisiensi (*D'Aubuisson*)



Gambar 4. Grafik pengaruh beda tinggi katup dan diameter pipa masuk terhadap efisiensi (Rankine)

Gambar 3. dan Gambar 4. menunjukkan bahwa beda tinggi katup dan diameter pipa masuk mempengaruhi efisiensi pompa hidram. Efisiensi semakin menurun jika beda tinggi antara katup semakin tinggi, begitu juga dengan diameter pipa masuk, semakin besar pipa maka efisiensi yang dihasilkan akan menurun. Hubungan ini merupakan hubungan secara tidak langsung, karena dari persamaan efisiensi, baik efisiensi *D'Aubuisson* maupun efisiensi *Rankine* besaran yang digunakan adalah debit air terbuang dan debit air pemompaan. Debit air terbuang dan debit air pemompaan sangat dipengaruhi oleh beda tinggi katup dan diameter pipa masuk yang terdapat pada Gambar 3. dan Gambar 4. Efisiensi *D'Aubuisson* minimum diperoleh sebesar 59.15 % yang terjadi pada beda tinggi katup 15 cm dan diameter pipa masuk 3 inchi sedangkan efisiensi maksimum diperoleh sebesar 95,29 % pada beda tinggi katup 10 cm dan diameter pipa masuk 2 inchi pada pompa hidram.

Untuk efisiensi *Rankine* lebih ditekankan pada selisih head efektif antara masukan dan pemompaan. Efisiensi *Rankine* minimum diperoleh sebesar 57,00 % terjadi pada beda tinggi katup 15 cm dan diameter pipa masuk 3 inchi, sedangkan efisiensi maksimum diperoleh sebesar 94,88 % pada beda tinggi katup 10 cm dan diameter pipa masuk 2 inchi pada pompa hidram.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pengamatan

yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa, diameter pipa masuk sangat berpengaruh pada debit air yang dihasilkan pompa, semakin besar diameter pipa masuk maka memperkecil debit pemompaan tetapi memperbanyak pulse dan debit terbuang

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. M. Michael., S. D. Kheper, 1997, *Water Well Pump Engineering*, McGraw Hill Publishing Compact Limited, New Delhi.
- [2] Hanafie, J., de Longh, H., 1979. *Teknologi Pompa Hidraulik Ram "Buku Petunjuk Untuk Pembuatan dan Pemasangan"*, PTP-ITB Ganesha, Bandung.
- [3] Jeffery, T.D., Thomas, T.H., Smith, A.V., Glover, P.B., Fountain, P.D., 2005. *An Introduction To Hydraulic Ram Pumps (And The DTU Range)*. The Department Technology Unit – Warwick University MDG Publishing, Warwickshire.
- [4] Gan Su San., Santoso, G., 2002. *Studi Karakteristik Tabung Udara dan Beban Katup Limbah Terhadap Efisiensi Pompa Hydraulic Ram*. *Jurnal Teknik Mesin* Vol.4 No.2 (81 – 87).
- [5] Saputra, B.Y., 2014. *Rancang Bangun dan Pengujian Pompa Hidram menggunakan 'Adjustable Spring Waste Valve'*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- [6] Sitompul, F.M., Hazwi, M., 2014. *Pengujian Pengaruh Variasi Head supply dan Panjang Langkah Katup Limbah terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram*. *Jurnal e-Dinamis*, Volume.8, No 4 Maret 2014.
- [7] Streeter, V.E., and Wylie, E.B., 1993, *Mekanika Fluida*, Diterjemahkan Oleh Priyono, A., M.S.E., Erlangga, Jakarta.
- [8] Sularso., Tahara, H., 2004. *Pompa dan Kompresor Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*. Pradya Paramita, Jakarta.

- [9] Wahyudi S. Imam, Yeri Sutopo, Melulosa Andi S., 2005, Model Penanggulangan Kekeringan di Jawa Tengah, Jurnal Ilmiah Suar Dewan Riset Daerah (DRD) Jateng, ISSN 1858-1331, Vol I., No. 2, Sept, Semarang.
- [10] White, F. M., 1994, *Fluid Mechanics*, 3<sup>rd</sup> edition, McGraw-Hill, Inc., New York.