

## PENGARUH VARIASI PANJANG PIPA MASUK (*DRIVE PIPE*) DAN BEBAN KATUP BUANG (*WASTE VALVE*) TERHADAP EFISIENSI POMPA HIDRAM

Mietra Anggara<sup>1</sup>, Naif Fuhaid<sup>2</sup>, Toni Dwi Putra<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Masyarakat yang bertempat tinggal jauh dari jangkauan sumber energi listrik terdapat kendala untuk memindahkan air dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi. Untuk memompa air ke dalam rumah umumnya mereka menggunakan pompa sentrifugal. Jenis pompa ini membutuhkan energi listrik untuk mengoperasikannya, namun kadang-kadang listrik juga merupakan suatu masalah tersendiri bagi masyarakat. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan pompa hidram atau *hydraulic ram* yang energi atau tenaga penggerakannya berasal dari tekanan atau hantaman air yang masuk ke dalam pompa melalui pipa. Pompa hidrolik ram merupakan suatu solusi karena tidak membutuhkan energi listrik atau bahan bakar. Pompa jenis ini dapat bekerja terus menerus 24 jam sehari, harganya murah dan mudah dibuat

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi unjuk kerja pompa hidrolik ram dengan variasi panjang pipa masuk dan beban katub buang. Metode penelitian melalui perancangan instalasi pompa hidram dengan pengamatan pengaruh panjang pipa masuk (4 m, 6 m dan 8 m), dan pengamatan pengaruh beban katub buang (450 kg, 830 kg, dan 1220 kg) terhadap debit pompa hidram.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi pompa hidram adalah 36,19 % efisiensi D'Aubuisson pada berat beban 450 gram dan panjang pipa masuk 4 m. Faktor panjang pipa masuk dan berat beban sangat berpengaruh terhadap debit pemompaan, debit buang, dan efisiensi pompa hidram.

Kata kunci: Pompa Hidram, pipa masuk, katub buang, dan efisiensi.

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Air merupakan salah satu faktor yang sangat penting dan dibutuhkan dalam kehidupan makhluk hidup. Selain untuk pengembangan fisiologis makhluk hidup, air juga menjadi input bagi beragam upaya atau kegiatan makhluk hidup dalam rangka menghasilkan sesuatu untuk kelangsungan hidupnya. Oleh karena itu, air harus tersedia kapanpun dan dimanapun dalam jumlah, waktu, dan mutu yang memadai. Dengan jumlah air yang tersedia relatif tetap, sementara kebutuhan air semakin meningkat, maka air dari sisi ketersediaan dan permintaannya perlu dikelola dan diatur sedemikian rupa, sehingga air dapat disimpan jika berlebihan dan selanjutnya dimanfaatkan dan didistribusikan jika diperlukan.

Pompa hidram merupakan salah satu pompa air yang hemat energi dan ramah lingkungan. Pompa hidram merupakan teknologi tepat guna dalam bidang pemompaan dengan menggunakan tenaga momentum air (*water hammer*) untuk menaikkan air, sehingga pompa hidram salah satu pompa air yang tidak menggunakan BBM dan listrik. Penelitian mengenai pompa hidram telah banyak dilakukan, akan tetapi masih banyak pula yang perlu dikaji sehingga pengetahuan tentang perencanaan pompa hidram lebih baik. Efektifitas kinerja dari pompa hidram dipengaruhi beberapa parameter, antara lain head masuk/tinggi jatuh, diameter pipa, tabung penghantar, karakteristik katub buang (*waste valve*), panjang pipa masuk (*drive pipe*), sudut pipa masuk dan volume tabung hantar. Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui pengaruh dari variasi panjang pipa masuk (*drive pipe*) dan beban

katub buang (*waste valve*) terhadap efisiensi pompa hidram.

#### Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi panjang pipa masuk (*drive pipe*) dan beban katub buang (*waste valve*) terhadap efisiensi pompa hidram.

### KAJIAN PUSTAKA

#### Prinsip Kerja Pompa Hidrolik Ram

Prinsip kerja pompa hidrolik ram adalah melipatgandakan kekuatan pukulan air pada rumah pompa, sehingga terjadi perubahan energi kinetik menjadi tekanan dinamik yang mengakibatkan terjadinya palu air (*water hammer*) dan terjadi tekanan tinggi di dalam pompa. *Water hammer* adalah hentakan tekanan atau gelombang air yang disebabkan oleh energi kinetik air dalam gerakannya ketika tenaga air ini dihentikan atau arahnya dirubah secara tiba-tiba. Tekanan dinamik diteruskan ke dalam tabung udara yang berfungsi sebagai penguat tekanan air dan memaksa air naik ke pipa penghantar.

#### Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang pompa hidrolik ram pernah dilakukan oleh PTP-ITB dengan memodifikasi pompa hidrolik ram dari ITDG (*Intermediate Technology Development Group*) London. Pada penelitian ini digunakan pompa hidrolik ram berukuran 2 inci dengan diameter pipa masuk pompa 2 inci dan diameter pipa penghantar 1 inci. Dari studi tersebut diperoleh bahwa beban katub limbah berpengaruh terhadap efisiensi pompa hidrolik ram. Penelitian ini menunjukkan bahwa

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang

2) dan 3) Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang

efisiensi pompa terbesar diperoleh pada beban katup buang 400 gram yaitu 42,92 %.

Cahyanta dan Indrawan (1996) telah melakukan penelitian dengan kesimpulan bahwa besar kecilnya beban pada katup buang sangat berpengaruh pada efektifitas kerja pompa hidram terutama pada debit pemompaan.

Muhamad Jafri, Ishak Sartana Limbong (2011) telah melakukan penelitian pada beban katub buang dan panjang langkah, bahwa efisiensi tertinggi pompa hidram adalah 55,30%, efisiensi D'Aubuisson pada berat beban 400 gram dan panjang langkah 0,5 cm.

Penelitian pompa hidram dengan variasi beban katup buang dilakukan oleh Cahyanta, dkk, (2008). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas aliran maksimum, dan efisiensi maksimum dicapai pada berat beban katup buang 410 gram yaitu sebesar 11,146 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s, dan efisiensi maksimum 16,302%.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Gan, et al. (2002). Hasil percobaan dan analisa varians serta regresi response surface diperoleh bahwa faktor volume tabung dan beban katup buang berpengaruh pada efisiensi pompa, begitu pula interaksi antara kedua faktor. Efisiensi terbaik adalah volume tabung 1300 ml dan beban katup 400 gr untuk mendapatkan efisiensi 42,9209%.

### 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 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Michael and Kheepar, 1997).

$$\eta_A = \frac{(q \times h)}{(Q + q) H} \times 100 \%$$

Keterangan :

$\eta_A$  = efisiensi hidram menurut D'Aubuisson (%)

q = debit hasil (m<sup>3</sup>/s)

Q = debit buang (m<sup>3</sup>/s)

h = head keluar (m)

H = head masuk (m)

### METODOLOGI PENELITIAN

#### Waktu dan Tempat Penelitian

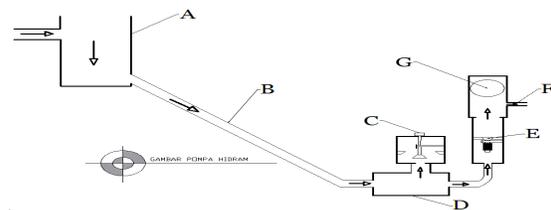
Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fenomena Dasar Mesin Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Widyagama Malang.

#### Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini adalah :

- a. Variabel Bebas :
  - Variasi panjang pipa pemasukan yaitu : 4 m, 6 m dan 8 m
  - Variasi beban katub buang yaitu : 450 gr, 830 gr, dan 1220 gr
- b. Variabel terikat :
  - Debit pemompaan (q)
  - Debit buang (Q)
  - Jumlah ketukan katup buang (N)
  - Efisiensi pompa hidram ( $\eta$ )

### Skema Pompa Hidram

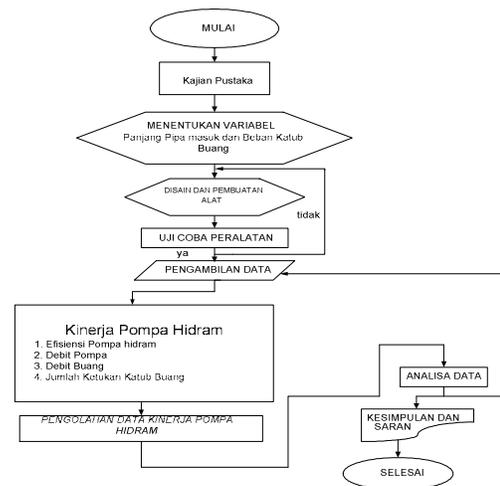


Gambar 1 Skema Penelitian Pompa Hidram

Keterangan gambar :

- A. Water Source Tank
- B. Pipa Masuk (Drive Pipe)
- C. Katup Buang (Waste Valve)
- D. Badan Hidram
- E. Katub Penghantar
- F. Pipa Penghantar (Delivery Pipe)
- G. Tabung udara

### Diagram Alir Penelitian

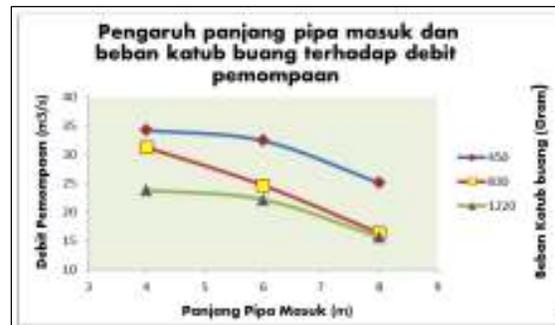


Gambar 2 Diagram alir pompa hidram

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian diperoleh data dan dapat dibuat grafik sebagai berikut:

#### a. Pengaruh panjang pipa masuk dan beban katub buang terhadap debit pemompaan.



Gambar 3 Grafik pengaruh panjang pipa masuk dan beban katub buang terhadap debit pemompaan

Berdasarkan grafik 3 diatas diperoleh data debit pemompaan yang diambil pada saat melakukan pengujian cukup bervariasi. Penambahan panjang pipa masuk dan berat beban katub buang sangat berpengaruh terhadap debit pemompaan yang dihasilkan. Debit pemompaan terendah terdapat pada panjang pipa masuk 8 meter dan beban katub buang 1220 gram yaitu sebesar 15,66 L/menit. Sedangkan untuk debit pemompaan tertinggi terdapat pada panjang pipa masuk 4 meter dan beban katub buang 450 gram yaitu sebesar 34,24 L/menit. Hal ini terjadi karena pengaruh gaya gravitasi pada panjang pipa yang ditambah menyebabkan kecepatan aliran yang mengalir mengalami penurunan serta gesekan (*friction*) yang terjadi dalam pipa semakin besar. Sedangkan pada berat beban katub buang yang ditambah akan mengalami pembukaan dan penutupan katub buang yang semakin lambat karena tekanan dalam rumah pompa tidak mampu mengangkat katub buang sehingga mengakibatkan katub buang terbuka terus sehingga proses pemompaan air berlangsung singkat menyebabkan air yang terpompa keluar pada pipa hantar sedikit.

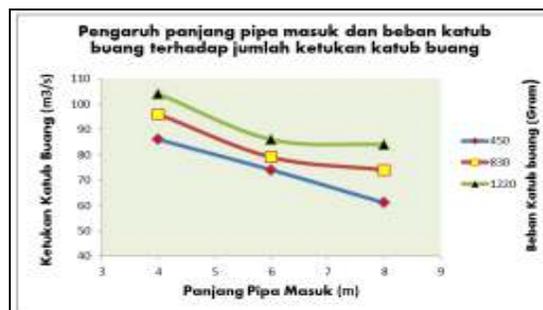
**b. Pengaruh panjang pipa masuk dan beban katub buang terhadap debit air terbuang.**



Gambar 4 Grafik pengaruh panjang pipa masuk dan beban katub buang terhadap debit air terbuang

Berdasarkan grafik 4 diatas dihasilkan data debit air terbuang yang bervariasi pada saat melakukan pengujian. Penambahan panjang pipa masuk dan berat beban katub buang sangat berpengaruh terhadap debit pemompaan yang dihasilkan. Debit air terbuang terendah terdapat pada panjang pipa masuk 8 meter dan beban katub buang 450 gram yaitu sebesar 234,7 L/menit. Sedangkan untuk debit air terbuang tertinggi terdapat pada panjang pipa masuk 4 meter dan beban katub buang 1220 gram yaitu sebesar 259,99 L/menit. Hal ini dikarenakan semakin panjang pipa masuk semakin bertambah besarnya gaya gesek sehingga berkurangnya energy aliran dalam pipa masuk dan jarak tempuh akan memberi waktu yang lama pada air untuk masuk badan pompa serta berat beban yang bertambah mengakibatkan ketukan katub bergerak lambat karena tekanan dalam rumah pompa tidak mampu mengangkat katub buang sehingga mengakibatkan katub buang terbuka terus. Kondisi ini akan memberikan debit pemompaan kecil sedangkan debit buang sangat besar.

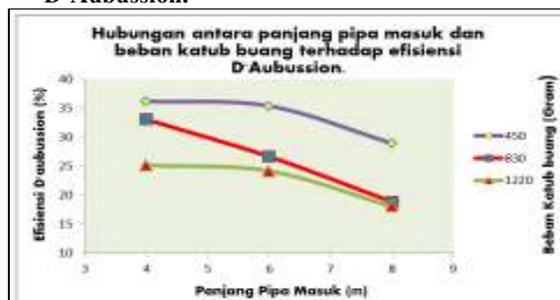
**c. Pengaruh panjang pipa masuk dan beban katub buang terhadap jumlah ketukan katub buang.**



Gambar 5 Grafik pengaruh panjang pipa masuk dan beban katub buang terhadap jumlah ketukan katub buang

Berdasarkan grafik 5 diatas diperoleh data jumlah ketukan katub buang pada saat melakukan pengujian yang cukup bervariasi pada saat melakukan pengujian. Penambahan panjang pipa masuk dan berat beban katub buang sangat berpengaruh terhadap debit pemompaan yang dihasilkan. Jumlah ketukan katub buang terendah yang menghasilkan debit pemompaan sedikit terdapat pada panjang pipa masuk 8 meter dan beban katub buang 1220 gram yaitu sebesar 15,66 L/menit. Sedangkan untuk jumlah ketukan katub buang terbaik yang menghasilkan debit pemompaan terbanyak terdapat pada panjang pipa masuk 4 meter dan beban katub buang 450 gram yaitu sebesar 34,24 L/menit. Pada penambahan panjang pipa masuk maka semakin kecil jumlah ketukan yang terjadi. Hal ini karena tekanan air pada pipa masuk berkurang yang diakibatkan oleh pengaruh gaya gravitasi dan gesekan-gesekan yang terjadi pada dinding pipa. Sedangkan berat beban pada katub buang waktu yang dibutuhkan katub buang untuk menutup akan semakin lambat. Hal ini karena tekanan dalam rumah pompa tidak mampu mengangkat katub buang sehingga mengakibatkan katub buang terbuka terus serta air yang masuk ke dalam tabung udara sedikit sehingga air yang terpompa keluar melalui pipa hantar jumlahnya juga sedikit.

**d. Hubungan antara panjang pipa masuk dan beban katub buang terhadap efisiensi D'Aubussion.**



Gambar 6 Grafik hubungan antara panjang pipa masuk dan beban katub buang terhadap efisiensi D'Aubussion

Berdasarkan grafik 6 diatas menunjukkan bahwa pada panjang pipa masuk 4 m dan beban katub buang

450 gram lebih efisien dalam menghasilkan debit air pemompaan dibandingkan dengan variasi panjang pipa masuk dan beban katub buang yang lain. Hal ini disebabkan panjang pipa masuk 4 m sedikit mengalami pengaruh dari gaya gravitasi yang menyebabkan berkurangnya kecepatan dan tekanan aliran dalam pipa serta gesekan-gesekan yang terjadi dalam pipa tersebut jika dibandingkan dengan variasi panjang pipa masuk yang lain. Sedangkan pada berat beban 450 gram waktu membuka dan menutup katub lebih stabil yaitu tidak terlalu cepat dan lambat sehingga proses pemompaan air pada katub udara yang dihasilkan lebih banyak jika dibandingkan dengan variasi berat beban katub buang yang lain.

## PEMBAHASAN

Pompa hidraulik ram bekerja berdasarkan prinsip palu air. Penutupan katup limbah menyebabkan aliran air seperti dihentikan secara tiba-tiba sehingga terjadi perubahan bentuk energi kinetik menjadi energi tekanan. ditentukan oleh kecepatan menutupnya katup. Water hammer adalah hantakan tekanan atau gelombang air yang disebabkan oleh energi kinetik air dalam gerakannya ketika tenaga air ini dihentikan atau arahnya dirubah secara tiba-tiba. Untuk variasi panjang pipa masuk (4 m, 6m dan 8 m) yang digunakan pada penelitian ini ternyata sangat berpengaruh terhadap debit pemompaan, debit buang dan efisiensi pompa hidram. Hal ini disebabkan pengaruh gaya gravitasi pada panjang pipa yang ditambah menyebabkan kecepatan aliran yang mengalir mengalami penurunan serta gesekan (*friction*) yang terjadi dalam pipa semakin besar sehingga berkurangnya energy aliran dalam pipa masuk dan jarak tempuh akan memberi waktu yang lama pada air untuk masuk ke badan pompa. Sedangkan untuk variasi beban katub buang (450 gr, 830 gr dan 1220 gr) yang digunakan pada penelitian ini ternyata juga berpengaruh terhadap debit pemompaan, debit buang dan efisiensi pompa hidram. Hal ini terjadi karena beban katup limbah yang semakin berat mengakibatkan katup limbah terbuka terus karena tekanan dalam rumah pompa tidak mampu mengangkat katup limbah. Jika beban katup limbah terlalu ringan atau terlalu berat mengakibatkan siklus terbuka dan tertutupnya katup limbah tidak terjadi sehingga siklus palu air (water hammer) juga tidak terjadi.

Efisiensi D'aubuission minimum diperoleh sebesar 18,08% terjadi pada panjang pipa masuk 8 m dan beban katub buang 1220 gram, sedangkan efisiensi tertinggi dari hasil eksperimen adalah 36,19 % efisiensi D'Aubuisson pada panjang pipa masuk 4 m dan beban katup buang 450 gram. Angka efisiensi pada pompa hidram memang relatif rendah mengingat bahwa tidak semua air yang diumpankan dapat disalurkan ke tempat yang dikehendaki karena adanya air yang harus dialihkan / dibuang.

## PENUTUP

### Kesimpulan

1. Debit pemompaan tertinggi adalah 34,24 L/menit terdapat pada variasi beban katub buang 450 gram

dan panjang pipa masuk 4 meter dari jumlah input debit 283 L/menit. Sedangkan debit buang tertinggi terdapat pada variasi panjang pipa masuk 4 meter dan berat beban katub pada 1220 gram yaitu 259,99 L/menit dari jumlah input debit 283 L/menit.

2. Jumlah ketukan katub buang terbaik yang menghasilkan debit air pemompaan terbanyak terdapat pada variasi panjang pipa masuk 4 meter dan berat beban katub pada 1220 gram yaitu 86 ketukan/menit.
3. Efisiensi tertinggi pompa hidram adalah 36,19 % efisiensi D'Aubuisson pada berat beban 450 gram dan panjang pipa masuk 4 m. Faktor panjang pipa masuk dan berat beban sangat berpengaruh terhadap debit pemompaan, debit buang, dan efisiensi pompa hidram.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triadmojo. (1996). *Hidraulika I*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Cahyanta, Y. A. dan Indrawan. (1996). "Studi Terhadap Prestasi Pompa Hydraulic Ram Dengan Variasi Beban Katup Limbah." Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Cakram.
- Gan, S.S., 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).<http://puslit.petra.ac.id/journals/mechanical/>
- Hanafie, J., de Longh, H., 1979. *Teknologi Pompa Hidraulik Ram Buku Petunjuk Untuk Pembuatan dan Pemasangan*. PTP-ITB Ganesha, Bandung.
- Muhamad, Jafri, dan Ishak Sartana, L. 2011. *Analisa Unjuk Kerja Pompa Hidram Paralel Dengan Variasi Berat Beban Dan Panjang Langkah Katup Limbah*. Jurnal MIPA FST UNDANA, Vol 10, N0. 1A
- M. White, Frank dan Hariandja, Manahan. 1988. *Mekanika Fluida* (terjemahan). Erlangga, Jakarta.
- Taye, T., 1998, *Hydraulic Ram Pump, Journal of the ESME*, Vol II, No.1