

LENGTH INLET TO HIDRAM EFFICIENCY

PANJANG PIPA INLET TERHADAP EFISIENSI POMPA HIDRAM

Yeni Herawati, Kuswartomo, dan Gurawan Djati Wibowo

Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Pebelan Kartasura, Tromol Pos 1 Surakarta Kode Pos 57102
e-mail: wartomoums@gmail.com

ABSTRACT

Pumps need to login is one of the water pump that is energy efficient and environmentally friendly. Pumps need to login is the appropriate technology in the field using the energy momentum pumping water (water hammer) to raise the water, so that one need to login pump water pump that does not use fuel and electricity. Effectiveness need to login pump performance is affected by several parameters such as pipe diameter, high reservoir, waste valve, air tubes need to login to the pump, inlet pipe length. This study aims to observe and analyze the influence of the length of the inlet pipe at the pump need to login to the high discharge pumps and pumping. Research methods need to login through the design of the pump installation and observation influence the variation of waste ballast valve weight (0.46 kg, 0.69 kg and 0.92 kg), and observations of the influence of the inlet pipe length (2.5 m, 2.0 m, 1.5 m and 1.0 m) to the pump discharge need to login. Tests conducted on the campus of Civil Engineering University. The longer the size of the discharge pump inlet pipes need to login (q) generated will be greater. It is also directly proportional to the efficiency of the pumps need to login, the longer the inlet pipe is used the greater the value of discharge (q) generated. Values need to login pump discharge (q) is maximum at the inlet pipe length 2.5 m, with a weight 0.46 kg, with a value of $q = 142.126 \text{ cm}^3/\text{dt}$. The maximum value of the pump efficiency is the efficiency by using weights 0.46 kg at 2.5 m long inlet pipe and conductor pipe head ($H + h$) 200 cm, with discharge efficiency of 24.40% and the efficiency of D'Aubuisson 35.87%.

Keywords : inlet, discharge, efficiency

ABSTRAK

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. Efektivitas kinerja pompa hidram dipengaruhi oleh beberapa parameter antara lain diameter pipa, tinggi reservoir, katub limbah, tabung udara pada pompa hidram, panjang pipa *inlet*. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati dan menganalisa pengaruh panjang pipa *inlet* pada pompa hidram terhadap debit pompa dan tinggi pemompaan. Metode penelitian melalui perancangan instalasi pompa hidram dan pengamatan pengaruh pemberat katub limbah dengan variasi pemberat (0,46 kg; 0,69 kg dan 0,92 kg), dan pengamatan pengaruh ukuran panjang pipa *inlet* (2,5 m, 2,0 m, 1,5 m, dan 1,0 m) terhadap debit pompa hidram. Pengujian dilakukan di kampus Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Semakin panjang ukuran pipa inlet maka debit pompa hidram (q) yang dihasilkan akan semakin besar. Hal ini juga berbanding lurus dengan nilai efisiensi pompa hidram, semakin panjang pipa *inlet* yang digunakan semakin besar nilai debit (q) yang dihasilkan. Nilai debit pompa hidram (q) maksimum adalah pada panjang pipa inlet 2,5 m, dengan pemberat 0,46 kg, dengan nilai $q = 142,126 \text{ cm}^3/\text{dt}$. Nilai efisiensi pompa maksimum adalah efisiensi dengan menggunakan pemberat 0,46 kg pada panjang pipa inlet 2,5 m dan *head* pipa penghantar ($H+h$) 200 cm, dengan efisiensi debit sebesar 24,40 % dan efisiensi D'Aubuisson sebesar 35,87%.

Kata-kata Kunci : pipa *inlet*, debit, efisiensi

PENDAHULUAN

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. Efektivitas kinerja dari pompa hidram dipengaruhi beberapa parameter, antara lain tinggi jatuh, diameter pipa, jenis pipa, karakteristik katub limbah, panjang pipa inlet dan panjang pipa pada katub limbah. Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui pengaruh dari panjang pipa inlet terhadap debit dan tinggi pemompaan.

PTP-ITB dalam Cahyanta dan Indrawan (1996) mengemukakan hasil penelitian bahwa beban katub limbah berpengaruh terhadap efisiensi pompa hidram. Penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi pompa terbesar diperoleh pada beban katub limbah 400 gram yaitu 42,92 %.

Cahyanta dan Indrawan (1996) telah melakukan penelitian dengan kesimpulan bahwa besar kecilnya beban pada katub lim-

bah sangat berpengaruh pada efektifitas kerja pompa hidram terutama pada debit pemompaan.

Shu San dan Santoso (2002) melakukan penelitian tentang karakteristik volume tabung udara dan beban katub limbah terhadap efisiensi pompa *hydraulic ram*, dan menghasilkan kesimpulan bahwa faktor beban katub limbah dan volume tabung berpengaruh pada variabilitas dari efisiensi pompa hidram, begitu pula interaksi antar kedua faktor tersebut.

Suarda dan Wirawan (2008) melakukan kajian eksperimental pengaruh tabung udara pada head tekanan pompa hidram dan menyimpulkan bahwa dengan pemakaian tabung udara, terjadi penurunan perubahan tinggi tekanan dalam pipa penghantar pada instalasi pompa hidram.

Wahyudi dan Fachrudin (2008) melakukan penelitian di laboratorium dan didapatkan tekanan *input* dan tekanan *output* pada pompa hidram. Tekanan *input* merupakan tinggi jatuh air dari sumbernya ke pompa hidram. Sedangkan tinggi *output* merupakan tinggi dari pompa hidram ke lokasi pengiriman tertinggi. Penelitian tersebut juga diturunkan suatu persamaan empiris dengan berdasarkan data-data laboratorium, persamaan *bernouilly* dan *water hammer*.

LANDASAN TEORI

Sistem Kerja Pompa Hidram

Pompa hidram merupakan alat untuk menaikkan air ke tempat yang lebih tinggi yang energi penggerakannya tidak menggunakan bahan bakar minyak ataupun tenaga listrik, melainkan menggunakan tenaga hantaman air yang masuk ke dalam pompa atau disebut juga dengan "water hammer".

Air mengalir dari suatu sumber ataupun suatu *reservoir* ke dalam pompa hidram melalui pipa pemasukan dengan posisi pompa lebih rendah dari sumber air ataupun *reservoir* tersebut. Di dalam pompa air, air keluar melalui katup limbah dengan cukup cepat, maka tekanan dinamik yang bergerak ke atas tersebut akan mendorong katup limbah sehingga katup limbah akan tertutup secara tiba-tiba dan katup limbah tersebut menghentikan aliran air dalam pipa pemasukan. Air yang terhenti akibat katup limbah tersebut mengakibatkan tekanan tinggi yang terjadi secara tiba-tiba di dalam pompa hidram.

Tekanan air yang besar atau "water hammer" dalam *ram* sebagian direduksi oleh lolosnya air ke dalam tabung udara yang berfungsi meratakan perubahan tekanan yang drastis dalam *hydraulic ram* melalui katup penghantar dan denyut tekanan di dalam tabung yang kembali lagi ke pompa akan menyebabkan hisapan dan tertutupnya katup penghantar yang merupakan katup searah yang menghalangi kembalinya air ke dalam pompa, sehingga air dalam tabung tersebut akan tertekan keluar melalui pipa penghantar (*outlet*) yang mengalirkan air ke atas dengan ketinggian tertentu.

Pengaturan ukuran panjang pipa inlet dari *reservoir* ke kolom limbah dan berat dari katup limbah diharapkan pompa hidram dapat memompa air yang optimal.

Momentum Aliran Pipa

Zat cair yang bergerak dapat menimbulkan gaya yang dapat menggerakkan katup pada pompa hidram. Demikian juga zat cair yang mengalir pada belokan pipa juga bisa menimbulkan gaya yang bekerja pada belokan tersebut.

Gaya pada aliran pipa dapat dijelaskan dengan persamaan momentum yang didefinisikan sebagai perkalian antara massa (M) dan kecepatan (v).

$$\text{Momentum} = m \cdot v \quad (1)$$

Menurut hukum *Newton II*, perubahan momentum dapat menyebabkan terjadinya gaya, yang sebanding dengan laju perubahan momentum. Gaya yang terjadi karena adanya gerak zat cair disebut dengan gaya dinamis dan merupakan gaya tambahan pada gaya tekanan hidrostatik. Dalam menentukan laju perubahan momentum di dalam aliran zat cair, dipandang tabung arus denganampang dA seperti ditunjukkan dalam Gambar III.2. Dalam hal ini dianggap bahwa aliran melalui tabung arus adalah mantap. Momentum melalui tabung aliran dalam satu satuan waktu adalah :

$$\text{Momentum} = dm \cdot v = \rho \cdot v \cdot dA \cdot v = \rho \cdot v^2 \cdot dA \quad (2)$$

dengan :

- ρ = rapat massa zat cair
- v = kecepatan aliran
- A = tampang aliran
- t = waktu
- dm = perubahan momentum
- dA = perubahan tampang

Integrasi persamaan di atas diperoleh :

$$\text{Momentum} = \int_A v^2 dA = \rho \int_A dA = \rho A v^2 \quad (3)$$

Atau

$$\text{Momentum} = \rho Q v \quad (4)$$

dengan

v = Kecepatan rerata pada tampang

Q = Debit.

Pada Gambar 1, apabila dt adalah waktu yang diperlukan elemen zat cair untuk melintasi tabung arus, maka massa zat cair yang yang melewati tabung arus adalah :

$$dM = \rho \cdot dQ \cdot dt = \rho \cdot v \cdot dA \cdot dt \quad (5)$$

Berdasar Hukum *Newton II*,

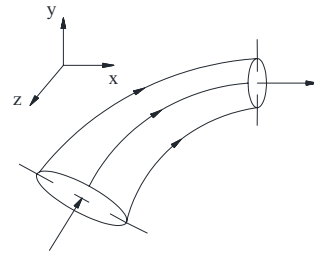
$$dF = dm \cdot a = \rho \cdot v \cdot dA \cdot dt \cdot dv \quad (6)$$

Apabila kecepatan merata maka dan aliran pada seluruh tampang maka:

$$F = \rho v dv \int_A dA = \rho v A dv \quad (7)$$

atau:

$$F = \rho Q \cdot dv \quad (8)$$



Gambar 1. Penurunan persamaan momentum (Sumber : Bambang Triadmodjo, 1996)

Apabila ditinjau tabung pipa terdiri dari sejumlah tabung dan dibatasi oleh tampang 1 dan 2, maka :

$$F = Q (v_2 - v_1) \quad (9)$$

atau:

$$F = \rho Q v_2 - \rho Q v_1 \quad (10)$$

Analisis persamaan-persamaan di atas menunjukkan bahwa gaya yang bekerja pada zat cair adalah sebanding dengan laju perubahan momentum. (Bambang Triadmodjo, 1996).

Persamaan (9) dapat diasumsikan untuk 3 arah persamaan yaitu :

- Arah sumbu x : $F_x = \rho Q (v_{x2} - v_{x1})$ (11)

- Arah sumbu y : $F_y = \rho Q (v_{y2} - v_{y1})$ (12)

- Arah sumbu z : $F_z = \rho Q (v_{z2} - v_{z1})$ (13)

Resultante dari ketiga komponen diatas adalah :

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2} \quad (14)$$

Efisiensi Pompa Hidram

Perhitungan efisiensi unjuk kerja pompa hidram dihitung dengan persamaan efisiensi debit dan efisiensi *D'abuisson*. Berikut ini sketsa pompa hidram berikut parameter yang digunakan untuk perhitungan efisiensi. Nilai efisiensi debit dirumuskan sebagai berikut ini.

$$\eta_q = \frac{q}{Q + q} \times 100\% \quad (15)$$

dengan

η_q = efisiensi debit.

Q = Debit *spill*.

q = Debit pompa hidram.

Selain dihitung efisiensi debit di atas, juga dihitung efisiensi *D'abuisson* dengan persamaan adalah sebagai berikut ini.

Efisiensi menurut *D'Abuisson* :

$$\eta_D = \frac{\gamma \times q \times (H + h)}{\gamma \times (Q + q) \times h} \times 100\% \quad (16)$$

dengan :

- η_D = Efisiensi *D'Aubuisson*.
- Q = Debit *Spill*.
- q = Debit pompa hidram.
- γ = Berat jenis zat cair.
- h = Tinggi tekan statik diatas rumah pompa.
- H = Tinggi tekan statik diatas *head reservoir*.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian di Laboratorium Kampus Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Kriteria perencanaan model adalah sebagai berikut;

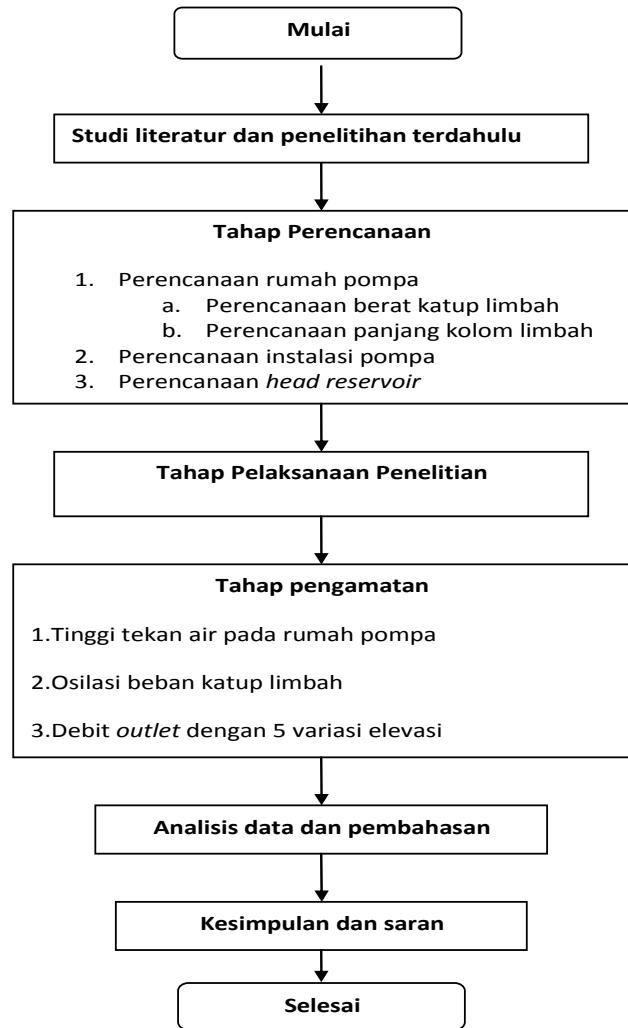
1. Penentuan tinggi jatuh antara reservoir pensuplai dengan garis sumbu pipa pada katup (klep) limbah, dengan perencanaan tinggi jatuh 1,5 m
2. Pipa pesat dari reservoir ke rumah pompa hidram direncanakan 2 inchi, dengan variasi panjang pipa 2.5m, 2.0m, 1.5m, 1.0m.
3. Pompa air dengan kapasitas P = 2 Hp.
4. Beban pada katup limbah direncanakan sebesar 0.46kg, 0.69kg, 0.92kg.
5. Tabung peredam tekanan pipa didesain lebih besar atau sama dengan pipa *inlet* maupun pipa penghantar.
6. Panjang kolom limbah ditentukan sebesar 2 inchi dengan panjang kolom limbah efektif dari study hidram terdahulu sebesar 5cm.
7. Pipa penghantar ditentukan sebesar 1 inchi dengan titik-titik *outlet* ditentukan pada 4 elevasi yang berbeda (2m, 3m, 4m, 5m).

Analisa data osilasi katup limbah dilakukan dengan membuat grafik beban dari katup limbah dengan jumlah osilasi pada katup limbah dengan empat variasi panjang pipa *inlet* pada pompa hidram. Grafik hubungan antara variasi beban pada katup limbah dan panjang pipa *inlet* dengan jumlah osilasi pada katup limbah tersebut dapat menunjukkan *trend* hubungan antara ketiga variabel tersebut.

Analisa data kenaikan muka air dilakukan dengan membuat grafik hubungan waktu dengan kenaikan air di pipa penghantar. Grafik data kenaikan muka air tersebut dapat menunjukkan *trend* kenaikan air di pipa penghantar dari awal sampai akhir di setiap variasi pemberat katup limbah dan panjang kolom limbah dengan 4 variasi panjang pipa *inlet* pada pompa hidram

Analisa data debit pompa hidram dilakukan dengan membuat grafik hubungan antara debit pompa hidram pada ketinggian pemompaan tertentu dengan variasi beban katup limbah dan panjang kolom limbah. Grafik data debit pompa hidram menunjukkan *trend* perbedaan debit pompa hidram pada ketinggian tertentu.

Analisa data efisiensi pompa hidram dilakukan dengan cara menghitung efisiensi pompa dengan dua cara, yaitu efisiensi debit pompa hidram dan efisiensi daya menurut *D'Aubuisson*. Hasil dari perhitungan efisiensi kemudian dibuat grafik dengan membuat hubungan antara efisiensi pompa hidram dengan variasi pemberat katup limbah dan panjang pipa *inlet* pada pompa hidram. Grafik hubungan antara efisiensi pompa hidram dengan variasi pemberat katup limbah dan panjang pipa *inlet* menunjukkan *trend* hubungan antar variabel-variabel tersebut.

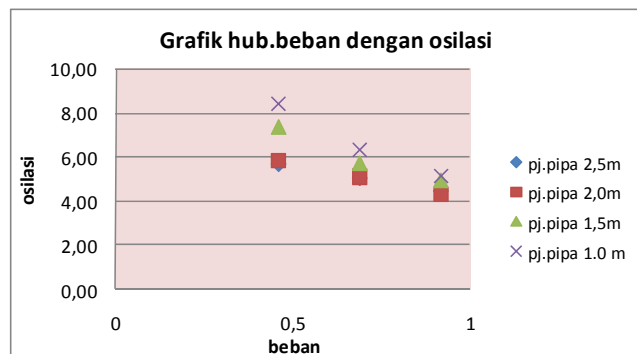


Gambar 2. Bagan alir penelitian

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

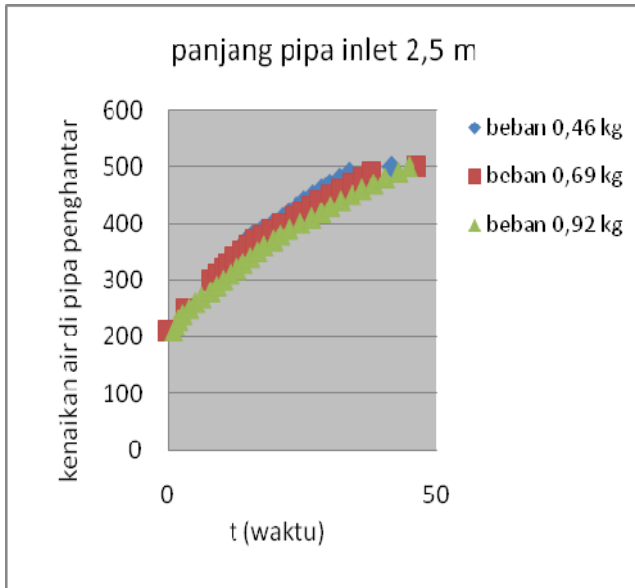
Osilasi Katup Limbah

Grafik dalam Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin berat beban katup limbah semakin rendah juga gerak osilasi katup. Kondisi ini menyebabkan kebutuhan gaya angkat katub semakin besar, sehingga percepatan osilasi katub menjadi semakin rendah. Panjangnya inlet menambah besarnya gaya gesek, sehingga berkurangnya energy aliran dalam pipa inlet. Berkurangnya energy memberikan pengaruh berkurangnya nilai osilasi katub.

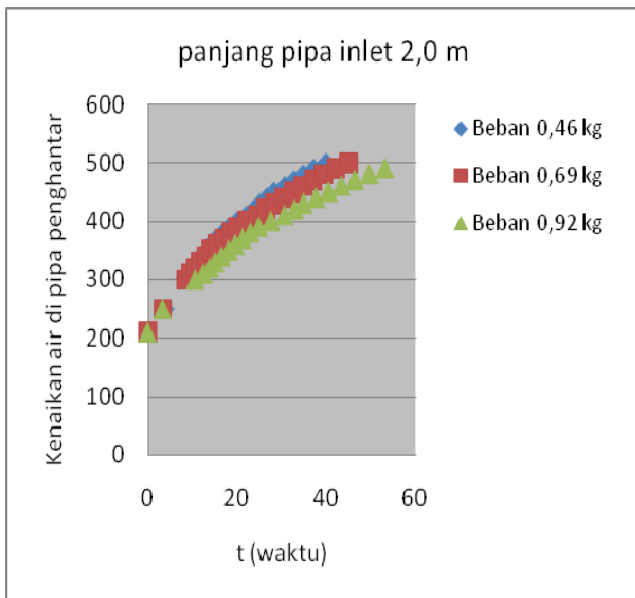


Gambar 3. Grafik hubungan antara beban katup dan osilasi katup limbah

Waktu Kenaikan Air di Pipa Penghantar

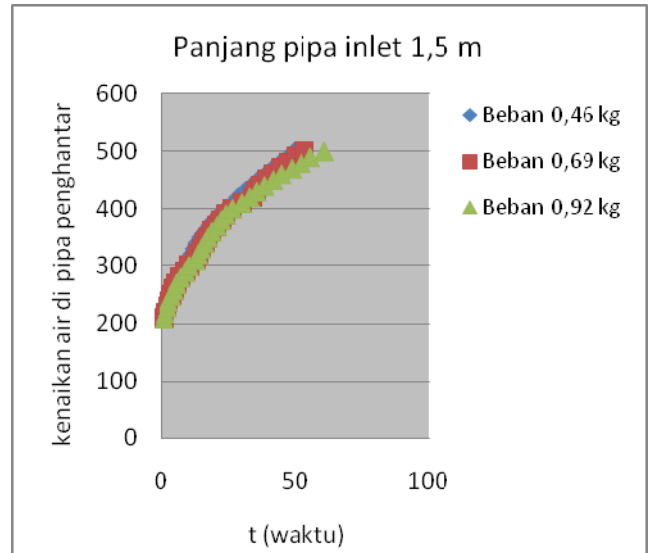


Gambar 4. Grafik hubungan antara kenaikan air di pipa penghantar terhadap waktu kenaikan dengan panjang pipa inlet 2,5 m

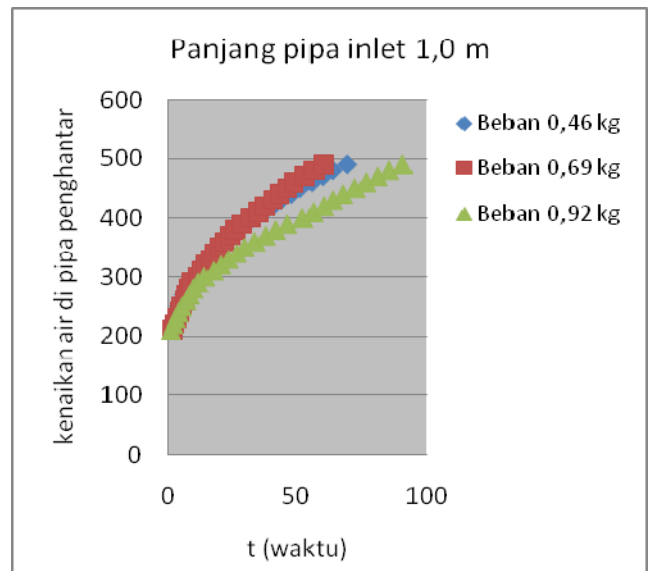


Gambar 5. Grafik hubungan antara kenaikan air di pipa penghantar terhadap waktu kenaikan dengan panjang pipa inlet 2 m

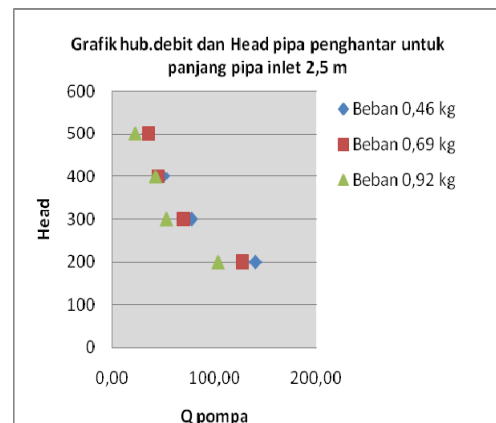
Grafik tersebut di atas menunjukkan hubungan berbanding terbalik antara panjang pipa inlet dengan waktu kenaikan air di pipa penghantar. Penambahan berat beban pada katub limbah tidak mengubah atau mempengaruhi kondisi tersebut. Pendeknya waktu kenaikan air di pipa penghantar memperlihatkan siklus water hammer yang terjadi pada pipa inlet juga pendek. Pendeknya siklus water hammer ini memberikan pengaruh pada debit aliran pada pipa penghantarnya.



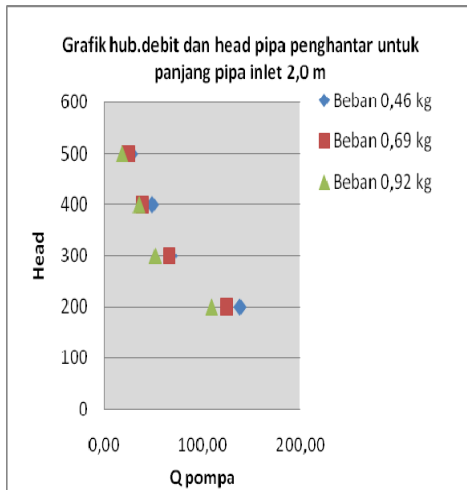
Gambar 6. Grafik hubungan antara kenaikan air di pipa penghantar terhadap waktu kenaikan dengan panjang pipa inlet 1,5 m



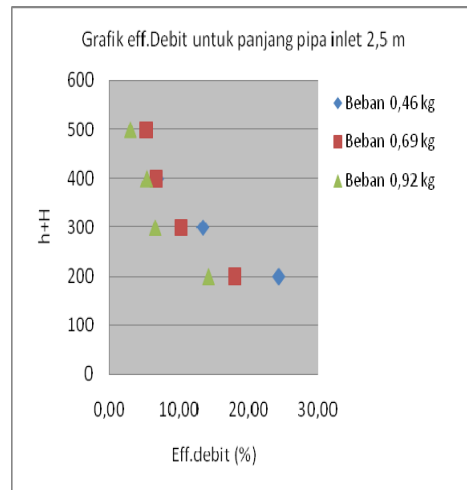
Gambar 7. Grafik hubungan antara kenaikan air di pipa penghantar terhadap waktu kenaikan dengan panjang pipa inlet 1 m



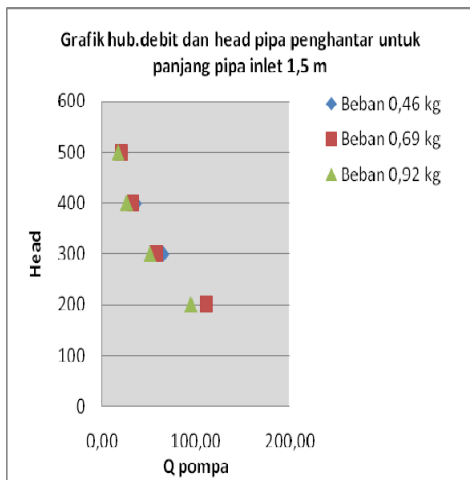
Gambar 8. Grafik hubungan antara head pipa penghantar dengan debit pada panjang pipa inlet 2,5 m.



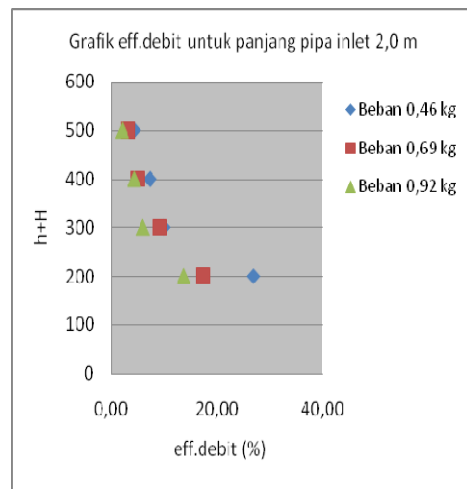
Gambar 9. Grafik hubungan antara *head* pipa penghantar dengan debit pada panjang pipa *inlet* 2 m



Gambar 12. Grafik efisiensi debit panjang inlet 2,5 m



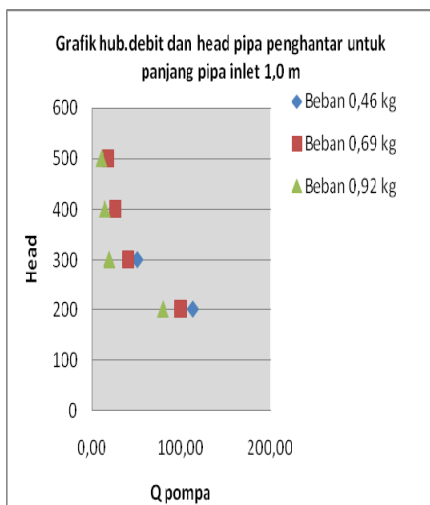
Gambar 10. Grafik hubungan antara *head* pipa penghantar dengan debit pada panjang pipa *inlet* 1,5 m



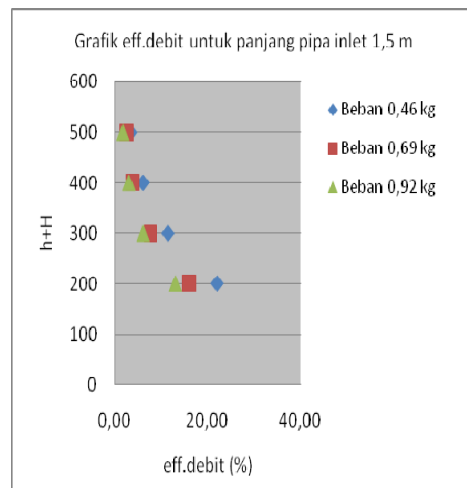
Gambar 13. Grafik efisiensi debit panjang inlet 2,0m

Debit dan Head

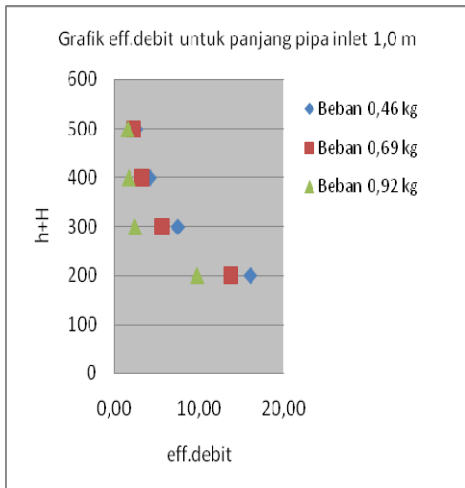
Head air di pipa penghantar dan debit pompa tidak dipengaruhi oleh panjang pipa inlet dan beban katup limbah. Hubungan head pada pipa penghantar dengan debit adalah berbanding terbalik dan logaritmik.



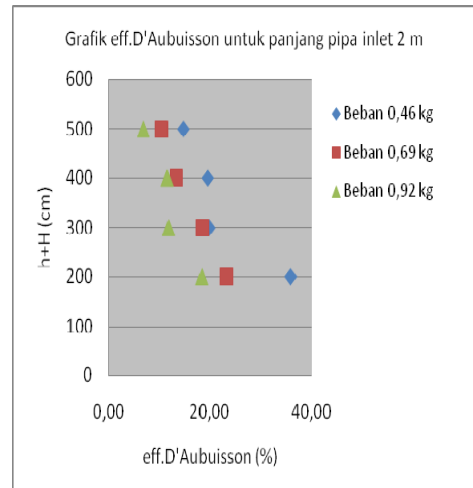
Gambar 11. Grafik hubungan antara *head* pipa penghantar dengan debit pada panjang pipa *inlet* 1 m



Gambar 14. Grafik efisiensi debit panjang inlet 1,5 m



Gambar 15. Grafik efisiensi debit panjang inlet 1 m



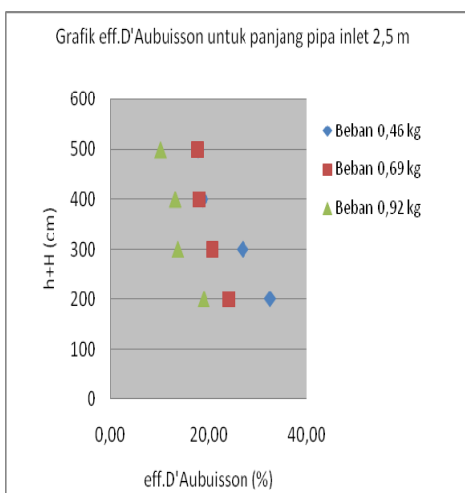
Gambar 17. Grafik efisiensi daya hidram dengan panjang inlet 2 m

Head dengan Efisiensi Debit

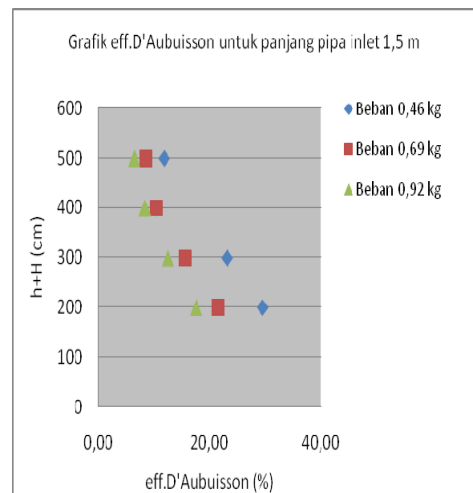
Grafik hubungan antara *head* pipa penghantar dan efisiensi debit menunjukkan bahwa debit yang dihasilkan oleh hidram berbanding terbalik dengan tinggi head pipa penghantar dan beban katub limbah. Beban katub limbah terringan yang memberikan efisiensi debit terbesar ada semua kondisi tinggi head di pipa penghantar. Hal ini juga terlihat pada setiap perubahan panjang pipa inlet, namun pada pipa inlet yang semakin panjang memberikan efisiensi debit yang semakin besar pula. Hal ini menunjukkan bahwa semakin panjang pipa inlet debit yang dihasilkan oleh hidram semakin besar pada head yang sama. Pada panjang pipa inlet yang lebih panjang akan memberikan momentum aliran yang besar. Pada beban katub yang ringan akan memberikan osilasi katub limbah lebih lambat. Osilasi katub yang lambat menyebabkan air yang terbuang lebih sedikit.

Head dengan Efisiensi Daya Hidram

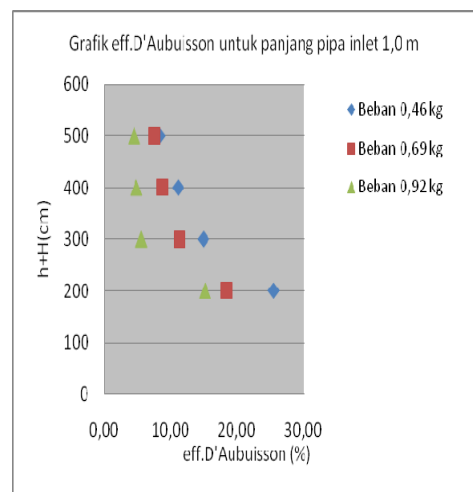
Hasil analisis terhadap efisiensi daya pompa menunjukkan bahwa pada daya pompa hidram berbanding lurus terhadap panjang pipa inlet, tetapi berbanding terbalik dengan berat beban katub limbah. Hidram dengan pipa inlet yang panjang akan memberikan gaya tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pipa inlet yang pendek. Pada beban katub yang ringan mengakibatkan osilasi katub lambat sehingga gaya tekan yang terjadi dapat bekerja lebih lama untuk menaikkan air pada pipa penghantar. Kondisi ini akan memberikan debit yang lebih besar.



Gambar 16. Grafik efisiensi daya hidram dengan panjang inlet 2,5 m



Gambar 18. Grafik efisiensi daya hidram dengan panjang inlet 1,5 m



Gambar 19. Grafik efisiensi daya hidram dengan panjang inlet 1 m

KESIMPULAN

Panjang pipa *inlet* pada pompa hidram sangat berpengaruh terhadap debit pompa. Semakin panjang ukuran pipa *inlet* maka semakin besar nilai debit pompa hidram yang dihasilkan. Hasil dari 4 variasi panjang pipa *inlet* yang dicoba (2,5m, 2,0m, 1,5m,

dan 1,0m), yang paling besar nilai q pada panjang pipa *inlet* 2,5m dengan nilai $q = 142,126 \text{ cm/dt}^3$, pada beban 0,46 kg. Panjang pipa *inlet* pada pompa hidram juga sangat berpengaruh terhadap nilai efisiensi pompa, Semakin panjang pipa *inlet* maka semakin besar nilai efisiensi pompa yang dihasilkan. Hasil dari 4 variasi panjang pipa *inlet* yang digunakan, yang paling efektif untuk memompa hidram adalah pada panjang pipa *inlet* 2,5 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triadmojo. (1996). *Hidraulika II*, Beta Offset, Yogyakarta.
- 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.
- Shu San, G. dan Santoso, G. (2002). "Studi Karakteristik Tabung Udara dan Beban Katub Limbah Terhadap Efisiensi Pompa Hydraulic Ram." *Jurnal Teknik Mesin*, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Suarda, M. dan Wirawan, IGK. (2008). "Kajian Eksperimental Pengaruh Tabung Udara Pada Head Tekanan Pompa Hydram." *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Universitas Udayana, Bali.
- Wahyudi, S. I. dan Fachrudin, F. (2008). "Korelasi Tekanan dan Debit Air Pompa Hidram Sebagai Teknologi Pompa Tanpa Bahan Bakar Minyak." *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, Universitas Sultan Agung, Semarang.