

## Pengaruh Rasio Panjang dan Diameter Pipa Suplai terhadap Unjuk Kerja Model Pompa Tanpa Motor (*Hydraulic Ram Pump*)

Jorfri B. Sinaga

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung  
Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145  
Telp. (0721)7479221, (0721)701609 ext. 221&223, Fax: (0721)702767  
Email: jorfri6@yahoo.com

### Abstract

*A hydraulic ram pump is environmentally friendly devices using the energy from a stream of water falling from a low head as the driving power to pump part of the water to a head much higher than the supply head for agricultural or domestic use. In the use of this pump, one of factors that influence the performance is ratio of drive pipe length to diameter (L/D). This paper presents the experimental study of effect of ratio of drive pipe length to diameter on hydraulic ram pump designing model. This hydraulic ram pump designing model is tested on various ratio of drive pipe length to diameter, namely 158, 165, 176, and 202. The results of the testing of the model hydraulic ram pump shows that the operation of this pump should use the ratio of drive pipe length to diameter (L/D) of 176. Using supply head of 1 m and volume of air chamber of 5702,754 cm<sup>3</sup>, water can be pumped with the volume flow rate of 3 lit/min to the height of 8,5 m, and the efficiency of this pump is 78,7 %. The data of the testing results also show that using the volume of air chamber of 4562,203 cm<sup>3</sup>, and supply head of 1 m, this model of hydraulic ram pump can lift water of 2,727 lit/min to the height of 9,5 m with the maximum efficiency of 87,96 %..*

**Keywords:** *drive pipe, hydraulic ram pump, irrigation, performance, renewable energy.*

### PENDAHULUAN

Lahan pertanian yang dijadikan sawah di Provinsi Lampung umumnya masih banyak yang belum mendapat irigasi. Sehingga para petani sering mengalami kegagalan panen karena tidak memiliki air di musim kemarau seperti yang terjadi pada sejumlah desa di Kabupaten Lampung Tengah, Tanggamus, Pringsewu, dan Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung [1] dan juga panen dilakukan hanya satu kali dalam setahun karena hanya mengharapkan curah hujan. Sistem pengairan yang sering dilakukan yaitu dengan membangun bendungan untuk irigasi dan umumnya dibangun pada daerah pertanian yang besar. Pada daerah pertanian yang kecil sering tidak terdapat irigasi untuk mengairi sawah atau areal pertanian sehingga pengairan untuk daerah pertanian ini hanya mengharapkan hujan yang turun. Hal ini diakibatkan para petani tidak memiliki dana yang cukup untuk membangun bendungan,

atau dana untuk biaya bahan bakar saat pengoperasian pompa bila menggunakan pompa yang digerakkan motor diesel.

Jadi irigasi menjadi masalah bagi para petani, sementara di daerah pertanian tersebut terdapat aliran sungai yang dapat dimanfaatkan untuk membantu pengairan bagi daerah pertanian itu. Penggunaan suatu pompa yang tidak digerakkan oleh motor listrik atau diesel (*hydraulic ram pump*) tetapi dengan menggunakan energi aliran air itu sendiri dapat membantu irigasi persawahan petani, dan ini merupakan salah satu langkah untuk memecahkan masalah di atas.

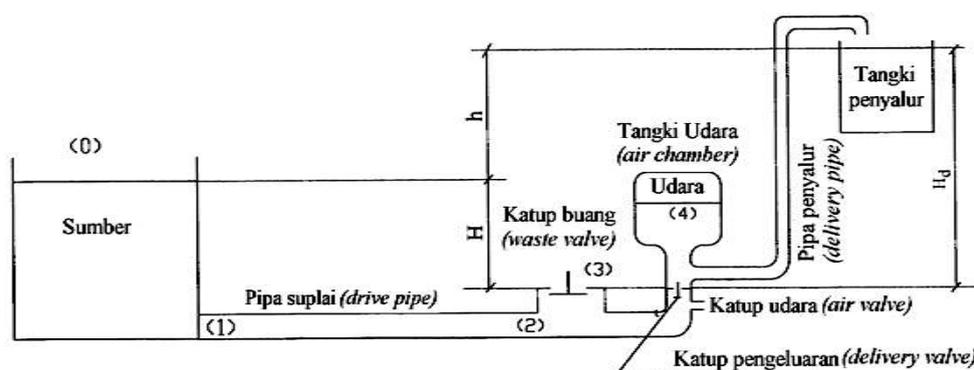
Namun sebelum penggunaan pompa tanpa motor (*hydraulic ram pump*) ini dilakukan maka perlu diperoleh metode perancangan *hydraulic ram pump* sehingga nantinya dalam pengoperasiannya diperoleh unjuk kerja kerja yang optimal. Dalam perancangan *hydraulic ram pump* salah satu faktor yang mempengaruhi unjuk kerja pompa ini adalah rasio panjang dan diameter pipa

---

suplai (L/D). Pada makalah ini diberikan kajian eksperimental pengaruh rasio panjang dan diameter pipa suplai (L/D) terhadap unjuk kerja model pompa tanpa motor (*hydraulic ram pump*) hasil rancangan Saragih dan Sinaga [2]. Penelitian ini juga adalah lanjutan dari penelitian yang telah dilakukan penulis [3, 4, 5].

### Sistem Hydraulic Ram Pump

Gambar 1 menunjukkan diagram seluruh



Gambar 1. Instalasi *hydraulic ram pump*.

Pompa *hydraulic ram pump* adalah suatu alat yang sederhana secara struktur, terdiri atas dua bagian yang bergerak yaitu: katup pembuangan (*waste valve*), dan katup pengeluaran (*delivery valve*). Unit ini juga terdiri atas tangki penyimpanan udara (*air chamber*) dan katup udara masuk (*snifter valve*). Pengoperasian pompa *hydraulic ram pump* adalah intermitent akibat siklus pembukaan dan penutupan katup buang dan pengeluaran. Penutup katup buang akan mengakibatkan peningkatan tekanan yang tinggi di dalam pipa suplai (*drive pipe*). Tangki penyimpanan udara dibutuhkan untuk mencegah tekanan yang tinggi ini dan digunakan untuk memompakan air yang mengalir secara intermitent menjadi suatu aliran yang kontinu. Katup udara memberikan udara masuk ke *hydraulic ram pump* menggantikan udara yang diabsorb oleh air akibat tekanan yang tinggi dan percampuran di dalam tangki udara (*air chamber*).

### Kenaikan Tekanan di Dalam Hydraulic Ram Pump

Sebagaimana ditunjukkan sebelumnya,

komponen sistem pompa *hydraulic ram pump*. Pompa *hydraulic ram pump* adalah suatu peralatan yang unik dimana peralatan ini menggunakan energi dari aliran air yang memiliki ketinggian jatuh rendah (H) sebagai energi penggerak untuk memompa sebagian air ke tempat yang jauh lebih tinggi dari head sumber air (h). Aliran air yang kontinu mengakibatkan pengeoperasian pompa ini juga kontinu dengan tidak menggunakan sumber energi lain [6].

suatu hydram memanfaatkan penutupan aliran yang tiba-tiba di dalam pipa untuk menghasilkan tekanan surge yang tinggi yang dikenal sebagai pukulan air (*water hammer*) [7]. Jika aliran di dalam pipa yang tidak elastis diberhentikan tiba-tiba, kenaikan tekanan secara teoritik dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini.

$$\Delta H = \frac{V \times C}{g} \quad (1)$$

Dimana:  $\Delta H$  adalah kenaikan tekanan (m), V adalah kecepatan fluida di dalam pipa (m/det), C adalah kecepatan gelombang suara di dalam fluida (m/det), dan g adalah percepatan akibat gravitasi bumi (m/det<sup>2</sup>).

Kecepatan gelombang suara di dalam fluida dihitung dengan menggunakan persamaan yang diusulkan [7],

$$C = \left( \frac{Ev}{\rho} \right)^{1/2} \quad (2)$$

Dimana: Ev adalah modulus elastisitas yang menggambarkan kompresibilitas fluida. Bilangan ini adalah perbandingan perubahan tekanan terhadap perubahan volume per satuan

volume. Nilai modulus elastisitas ini  $2.07 \times 10^9 \text{ N/m}^2$  untuk air, sehingga nilai kecepatan suara di dalam air adalah  $C = 1440 \text{ m/s}$ , dan  $\rho$  adalah massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ ).

### Percepatan di Dalam Pipa Suplai (*Drive Pipe*)

Karena head (H) yang dihasilkan seperti pada Gambar 1, air mengalami percepatan di dalam pipa penggerak (*drive pipe*) dan keluar melalui katup buang (*waste valve*). Percepatan ini diberikan oleh Persamaan 3,

$$H - f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} - \sum k \frac{V^2}{2g} = \frac{L}{g} \frac{dV}{dt} \quad (3)$$

dimana: H adalah head sumber (m),  $f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$

adalah kerugian head di dalam pipa akibat gesekan (m), f adalah faktor gesekan (Rumus

Darcy-Weibach),  $\sum k \frac{V^2}{2g}$  adalah jumlah

seluruh kerugian head minor (m), k adalah suatu faktor untuk pengecilan atau pembesaran saluran, L adalah panjang pipa penggerak (m), D adalah diameter pipa penggerak (m), V adalah kecepatan aliran di dalam pipa (m/det), dan t adalah waktu (det)

Nilai-nilai untuk k dan f dapat diketahui dari buku teks mekanika fluida [8]. Akhirnya aliran ini akan memiliki kecepatan yang cukup untuk memulai menutup katup buang (*waste valve*).

### Efisiensi Pompa

Ada dua metode yang umum digunakan untuk menghitung efisiensi pompa ini, yaitu efisiensi daya dengan metode Rankine dan efisiensi volume yang masing-masing diberikan di bawah ini [6]:

$$\eta_{\text{Rankine}} = \frac{Q \times h}{((Q + Q_w) \times H)} \quad (3)$$

$$\eta_v = \frac{Q}{(Q + Q_w)} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana:  $\eta$  adalah efisiensi pompa, Q adalah aliran yang dipompakan (lit/ men),  $Q_w$  adalah aliran yang terbuang (lit/men), H adalah head sumber di atas pembukaan katup pembuangan (m), h adalah head pompa di atas head sumber (m), dan  $H_d$  adalah head total di atas pembukaan katup pembuangan = (H+h) (m).

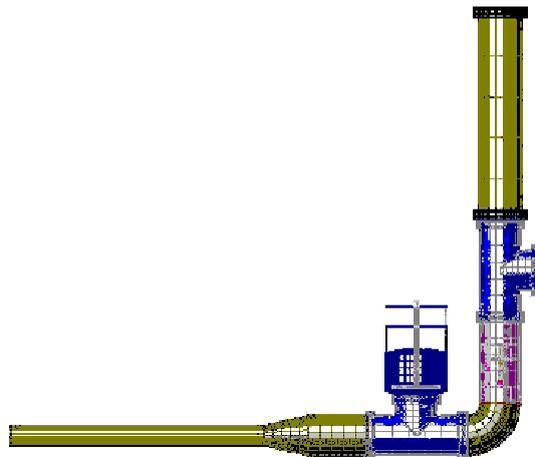
### METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin UNILA. Peralatan instalasi pengujian *hydrum pump* yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 2. Pembuatan hasil perancangan model *hydrum pump* dilakukan di Laboratorium Teknologi Mekanik Jurusan Teknik Mesin UNILA dan dibuat dari material yang mudah didapatkan di pasar. Parameter-parameter model *hydraulic ram pump* ini ditentukan dengan menggunakan head sumber 1 m, pipa suplai yang digunakan adalah pipa bahan PVC 1 in., pipa penyalur yang digunakan adalah pipa (selang) plastik 0.5 in., massa katup buang 112,94 gr, dan diameter piringan untuk katup buang yang digunakan adalah 4,6 cm, dan volume tabung udara yang digunakan yaitu:  $4562,203 \text{ cm}^3$  dan  $5702,754 \text{ cm}^3$ . Pada pengujian ini rasio panjang dan diameter pipa suplai (L/D) divariasikan yaitu: 158, 165, 176, dan 202. Pengujian terhadap model *hydraulic ram pump* ini dilakukan untuk memperoleh data-data yang berhubungan dengan kinerja model pompa yaitu laju aliran air terbuang ( $Q_w$ ), laju aliran air yang dipompakan (Q), head penyaluran (h) dengan head sumber (H) 1 m. Panjang langkah katup buang (S) divariasikan pada 4 mm, 6 mm, 8 mm, 9 mm, dan 10 mm. Efisiensi pompa dihitung dengan menggunakan metode Rankine.





Gambar 2. Sistem instalsi model pengujian *hydraulic ram pump*.



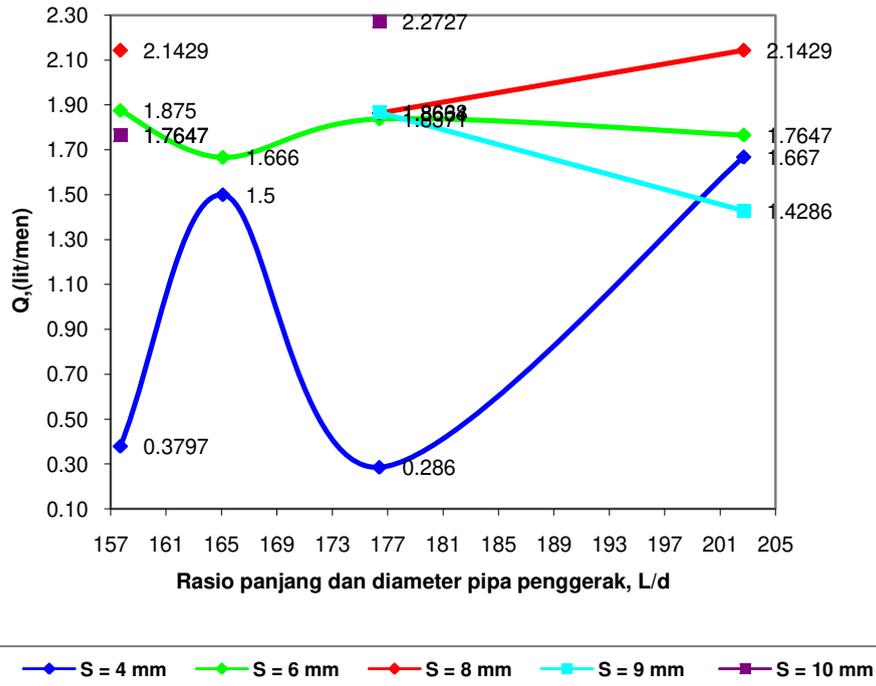
Gambar 3. Model *hydraulic ram pump*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

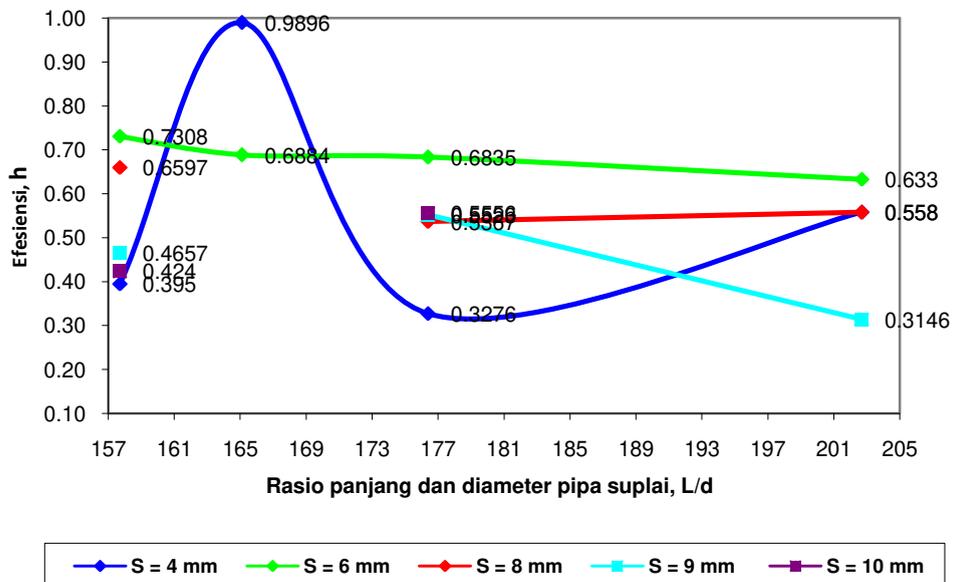
Setelah dilakukan pengujian terhadap model *hydraulic ram pump*, maka diperoleh data-data yang berhubungan dengan kinerja model pompa yaitu laju aliran air terbuang ( $Q_w$ ), laju aliran air yang dipompakan ( $Q$ ), dan head penyaluran ( $h$ ) dimana head sumber ( $H$ ) 1 m. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 11.

---

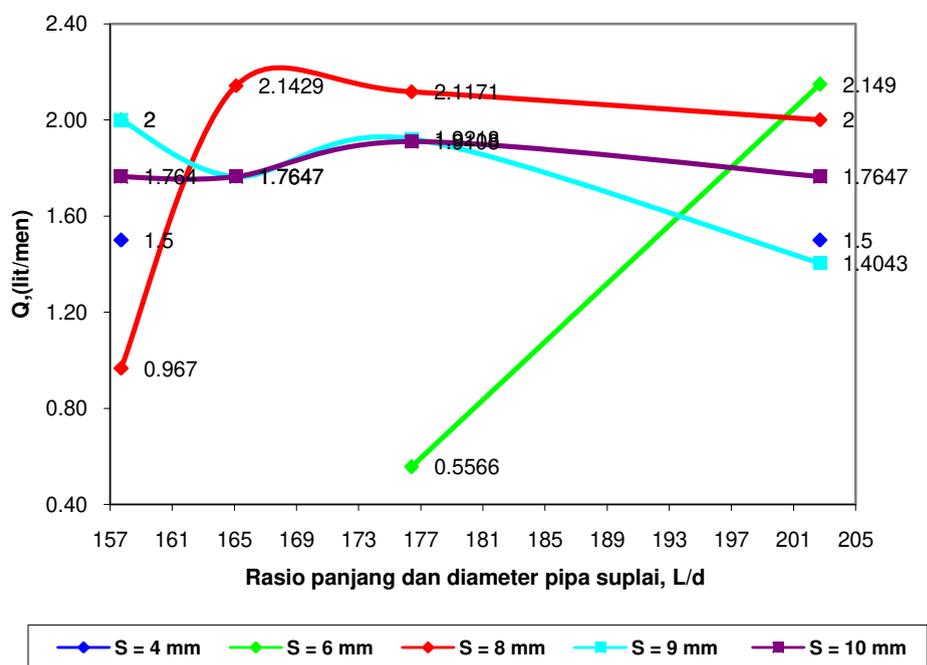




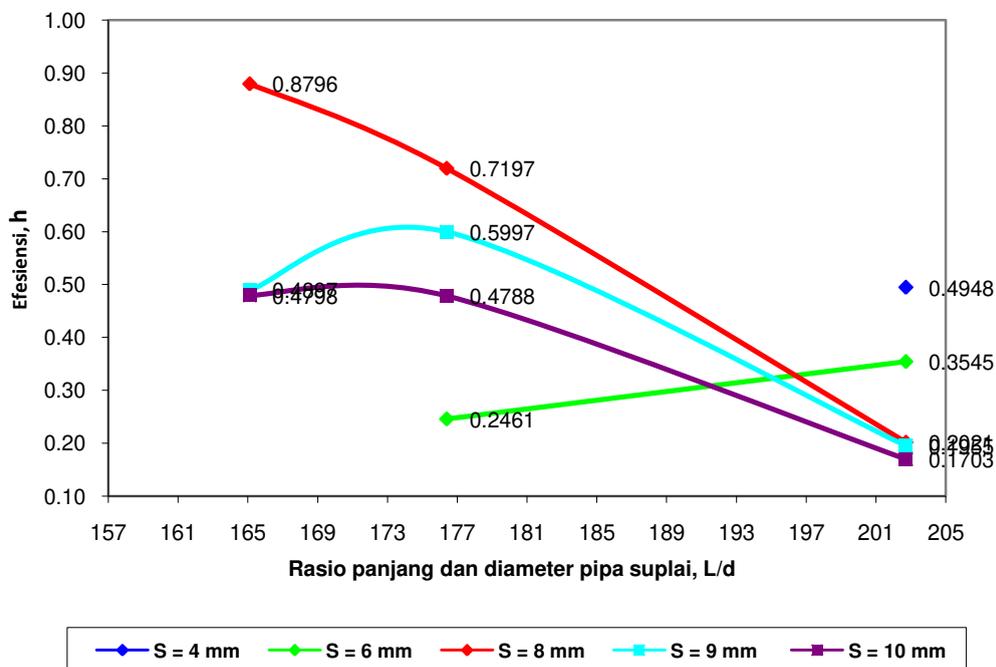
Gambar 4. Grafik hubungan antara laju aliran volume air yang dipompa terhadap rasio panjang dan diameter pipa suplai untuk volume tabung udara 5702,754 cm<sup>3</sup> dan head pemompan 9,5 m.



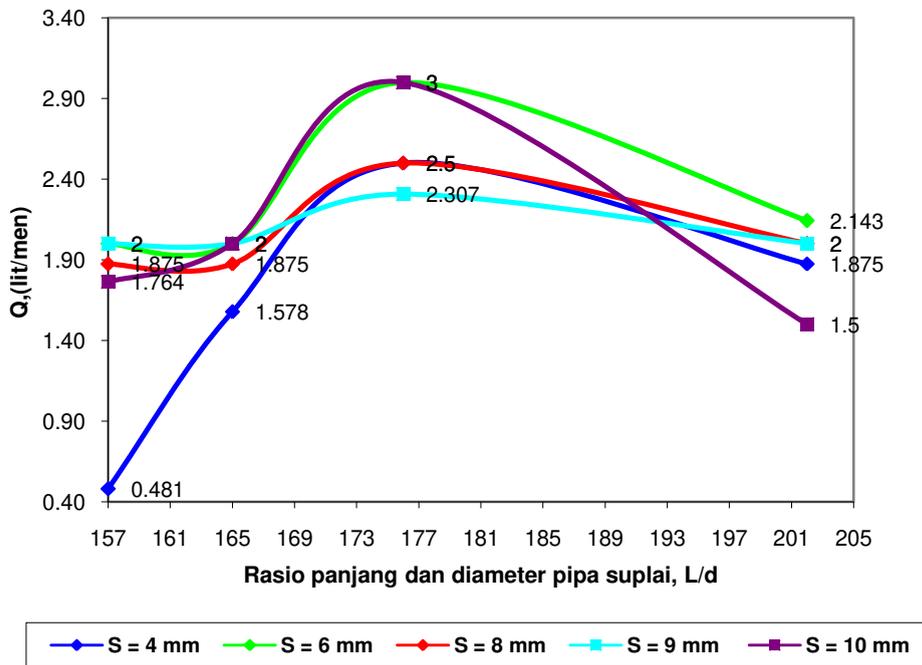
Gambar 5. Grafik hubungan antara efisiensi terhadap rasio panjang dan diameter pipa suplai untuk volume tabung udara 5702,754 cm<sup>3</sup> dan head pemompan 9,5 m.



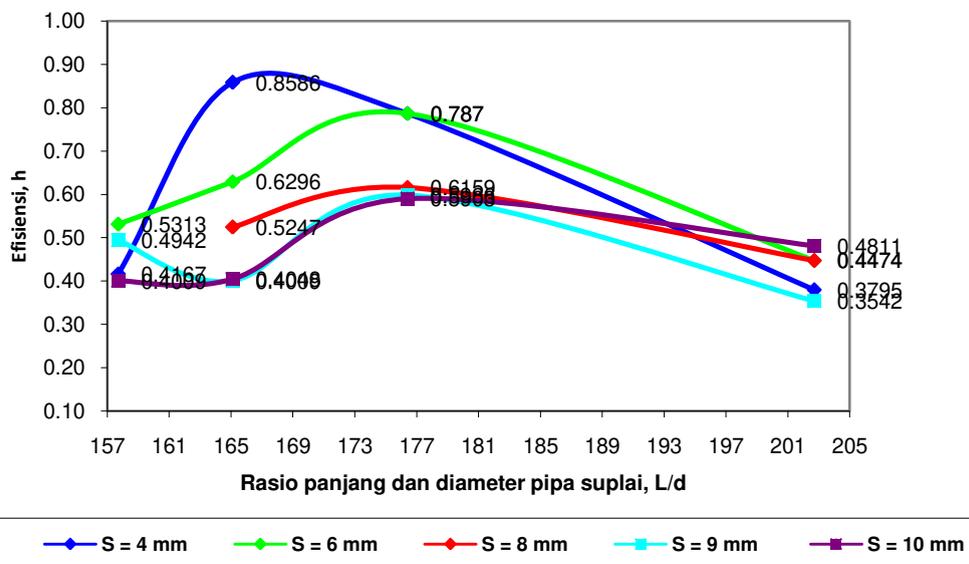
Gambar 6. Grafik hubungan antara laju aliran volume air yang dipompakan terhadap rasio panjang dan diameter pipa suplai untuk volume tabung udara 4562,203 cm<sup>3</sup> dan head pemompan 9,5 m



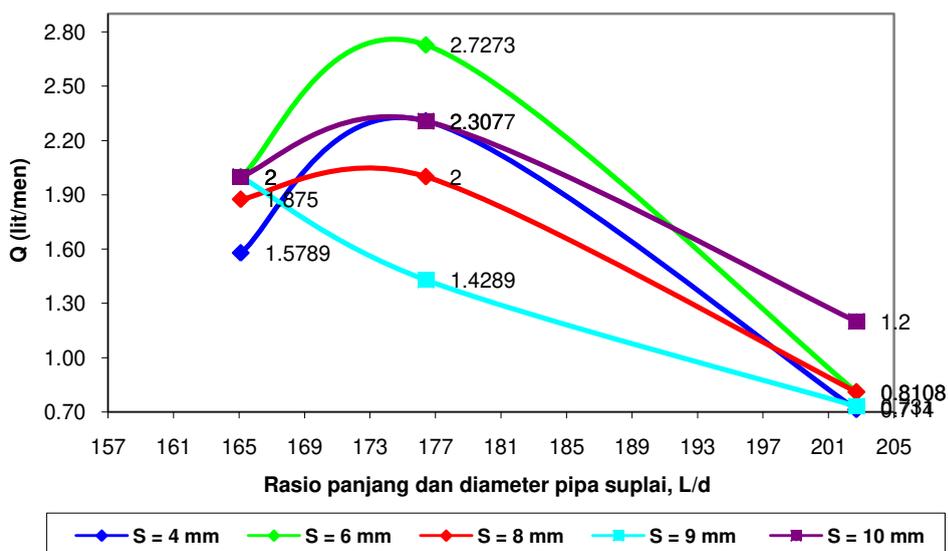
Gambar 7. Grafik hubungan antara efisiensi terhadap rasio panjang dan diameter pipa suplai untuk volume tabung udara 4562,203 cm<sup>3</sup> dan head pemompan 9,5 m



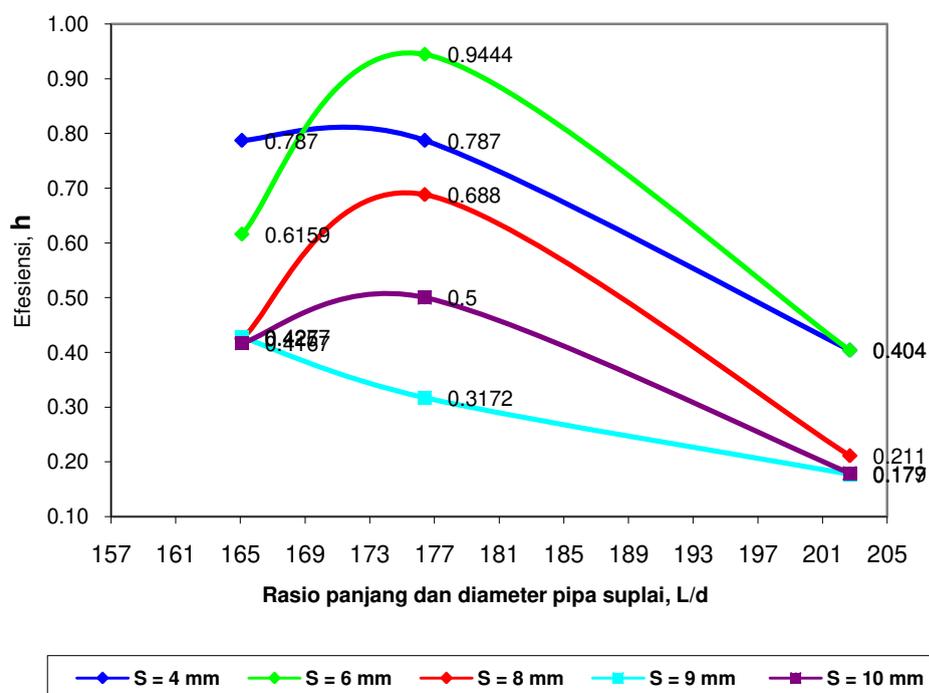
Gambar 8. Grafik hubungan antara laju aliran volume air yang di pompakan terhadap rasio panjang dan diameter pipa suplai untuk volume tabung udara 5702,754 cm<sup>3</sup> dan pengoprasian head 8,5 m.



Gambar 9. Grafik hubungan antara efesiensi terhadap rasio panjang dan diameter pipa suplai untuk volume tabung udara 5702,754 cm<sup>3</sup> dan pengoprasian head 8,5 m.



Gambar 10. Grafik hubungan antara laju aliran volume air yang di pompakan terhadap rasio panjang dan diameter pipa suplai untuk volume tabung udara 4562,203 cm<sup>3</sup> dan pengoprasian head 8,5 m.



Gambar 11. Grafik hubungan antara efisiensi terhadap rasio panjang dan diameter pipa suplai untuk volume tabung udara 4562,203 cm<sup>3</sup> dan pengoprasian head 8,5 m.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pompa ini mampu memompakan air 3

lit/men dan efisiensi pemompaan 78,7 % pada rasio panjang dan diameter pipa suplai

176 untuk volume tabung udara 5702,754 cm<sup>3</sup> untuk pengoperasian head 8,5 m dan untuk pengoperasian volume tabung udara 4562,203 cm<sup>3</sup> pompa ini mampu memompakan air 2,727 lit/men dan efisiensi pemompaan 94,46 % pada rasio panjang dan diameter pipa suplai 176 untuk pengoperasian head 8,5 m dan 9,5 m. Perbedaan unjuk kerja ini dibandingkan penggunaan rasio panjang dan diameter pipa suplai 157, 165, dan 202 karena pada penggunaan rasio panjang dan diameter pipa suplai 176 ini menunjukkan bahwa fraksi energi kinetik yang digunakan untuk pembukaan katup penghantar dan pembalikan lebih baik dimana untuk rasio panjang dan diameter pipa suplai 202 fase pembalikan ini lebih lama sehingga banyak bagian energi kinetik yang digunakan untuk pembukaan katup penghantar sementara untuk rasio panjang dan diameter pipa suplai 157, dan 165 energi kinetik yang diberikan untuk pembalikan lebih kecil dan pembukaan katup penghantar lebih cepat sehingga pompa tidak bekerja dengan maksimal.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dari hasil perancangan model *hydraulic ram pump* ini maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Rasio rasio panjang dan diameter pipa suplai (L/D) pompa mempengaruhi unjuk kerja dari model *hydraulic ram pump*.
2. Kondisi pengoperasian ideal model pompa *hydraulic ram* ini adalah rasio panjang dan diameter pipa suplai (L/D) dengan volume tabung udara 5702,754 cm<sup>3</sup> dimana laju aliran volume air yang dipompakan 3 lit/men dan efisiensi pemompaan 78,7 % untuk pengoperasian head 8,5 m, dan head sumber 1 m.
3. Model *hydraulic ram pump* yang telah dibuat ini juga mampu beroperasi dengan efisiensi pemompaan 94,46 % dimana laju aliran volume air yang dipompakan 2,727 lit/men pada rasio panjang dan diameter pipa suplai (L/D) 176, volume tabung udara 4562,203 cm<sup>3</sup>, dan pengoperasian head 8,5 m.

4. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk memperoleh pengaruh parameter-parameter perancangan yang menyeluruh terhadap unjuk kerja model pompa ini seperti: berat, ukuran dan geometri katup buang, dan kemiringan pengoperasian pipa suplai (H/L).

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] ----, 2009, "Areal Padi Gadu Lampung Mulai Dilanda Kekeringan", Lebih Cepat.Com. available at: <http://www.lebihcepat.com/nasional/34-berita-nasional/832-areal-padi-gadu-lampung-mulai-dilanda-kekeringan.html>.
  - [2] Saragih, R. S., dan Sinaga, J. B., 2007. "Perancangan Model Pompa Tanpa Motor (*Hydraulic Ram Pump*) untuk Irigasi Persawahan di Daerah Pedesaan Propinsi Lampung", Laporan Penelitian Dosen Muda, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
  - [3] Sinaga, J. B., 2010, "Pengaruh Panjang Langkah Katup Buang terhadap Unjuk Kerja Model Pompa Tanpa Motor (*Hydrant Pump*)", Prosiding Seminar Nasional Teknologi Tepat Guna Agroindustri Polinela.
  - [4] Sinaga, J. B., 2010. "Pengaruh Volume Tabung Udara terhadap Unjuk Kerja Model Pompa Tanpa Motor (*Hydrant Pump*)", Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Lampung.
  - [5] Sinaga, J. B., Suudi, A., Sugiman, Azhar, 2010c. "Kajian Eksperimental Pengaruh Rasio Head Pemompaan dan Head Sumber terhadap Unjuk Kerja Model Pompa Tanpa Motor (*Hydrant Pump*)", Prosiding Seminar Nasional Sains & Teknologi III, Bandar Lampung.
  - [6] Taye, T., 1998. "Hydraulic Ram Pump", *Journal of the Ethiopian society of Mechanical Engineers*, Vol. II, No. 1.
-

- [7] David, J.P. and Edward, H.W., 1985, Schaum's Outline of Theory and Problems of Fluid Mechanics and Hydraulics, SI (Metric) Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
  - [8] Fox, R. W., and Mc Donald, A. T., 1995. Introduction to Fluid Mechanics. John Wiley & Sons, New York.
-