

PERANCANGAN ALAT UJI MODEL POMPA TANPA MOTOR (HYDRAULIC RAM PUMP)

Jorfri B. Sinaga^{1*}, Azhar², Sugiman³

^{1,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung (UNILA)

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung (UNILA)

Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145

*E-mail: jorfri6@yahoo.com

ABSTRAK

Pompa tanpa motor (*hydraulic ram pump*) adalah suatu peralatan yang istimewa dimana peralatan ini menggunakan energi dari aliran air yang memiliki ketinggian jatuh rendah sebagai sumber energi untuk memompa (menaikkan) sebagian air ke tempat yang jauh lebih tinggi dari tinggi sumber air. Dengan cara ini maka aliran air yang terdapat di daerah lembah dapat digunakan untuk memompakan sebagian air tersebut untuk kebutuhan air minum atau untuk irigasi bagi lahan pertanian masyarakat pedesaan yang tinggal di daerah perbukitan, tanpa menggunakan energi listrik atau bahan bakar minyak. Pada makalah ini diberikan perancangan dan pengujian unjuk kerja model pompa tanpa motor yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung. Hasil pengujian model rancangan *hydraulic ram pump* ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan *head* sumber 1,5 m, pompa ini dapat menaikkan air dengan laju aliran volume maksimum yang dipompakan 2,755 lit/men., 1,730 lit/men, and 1,665 lit/men, untuk masing-masing ketinggian pemompaan 7 m, 8 m, dan 9 m.

Kata kunci: Perancangan, pompa tanpa motor, unjuk kerja, energi terbarukan.

ABSTRACT

A hydraulic ram pump is a unique device that uses 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. In this way, water from a spring or stream in a valley can be pumped to a village or irrigation scheme on the hillside without using electricity or hydrocarbon fuel. In this paper is presented design and performance testing of hydraulic ram pump model conducted in Laboratorium of fluid mechanic, Mechanical Engineering Department, University of Lampung. The testing results of of the model hydraulic ram pump shown that with using the supply head of 1,5 m, the pump can lift water with the maximum volume flow rate of 2,755 lit/men., 1,730 lit/men, and 1,665 lit/men., for delivery head of 7 m, 8 m, and 9 m respectively.

Keywords: design, hydraulic ram pump, performance, renewable energy

PENDAHULUAN

Lampung merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang menjadi pendorong pertumbuhan produksi padi di Indonesia. Produksi padi di provinsi Lampung pada tahun 2014 sebanyak 3,32 juta ton, naik sebesar 113,06 ribu ton dibandingkan dengan produksi padi pada tahun sebelumnya. Dan ditargetkan untuk menaikkan jumlah produksi padi sebesar 541,45 ribu ton pada tahun 2015 (BPS Provinsi Lampung, 2015). Untuk mencapai tujuan tersebut dibutuhkan berbagai solusi agar produksi padi yang ditargetkan dapat tercapai

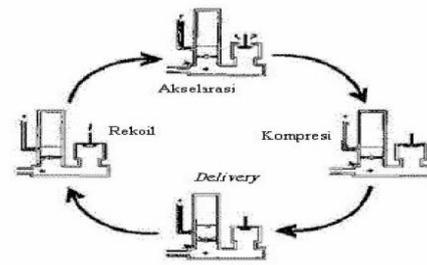
karena sama seperti daerah yang lainnya di Indonesia, provinsi Lampung juga memiliki permasalahan untuk meningkatkan produksi padinya salah satunya yaitu kebutuhan air untuk tanaman padi yang tidak mencukupi. Hal ini dapat dilihat dari data bahwa luas sawah yang mendapatkan irigasi di provinsi Lampung sebesar 185569 Ha dari keseluruhan luas sawah yang ada di provinsi Lampung yaitu sebesar 360273 Ha. Dari data tersebut, luas lahan persawahan yang belum mendapatkan irigasi sebesar 174704 Ha (Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian, 2014).

Provinsi Lampung dengan luas wilayah 3.528.835 Ha memiliki potensi sumber daya energi terbarukan yang cukup banyak. Salah satunya adalah energi aliran air sebagai sumber energi untuk sistem pembangkit listrik baik Pembangkit Listrik. Provinsi Lampung yang memiliki 4.355 desa, 875 di antaranya belum terjangkau aliran listrik. Dan bila dilihat dari jumlah masyarakat Lampung, rasio yang menikmati listrik yaitu masih 67 % artinya dari 9,2 juta penduduk Provinsi Lampung, 3 juta jiwa belum menikmati listrik. Salah satu faktor penyebabnya adalah pemanfaatan energi aliran air yang belum maksimal. Turbin air yang umum digunakan untuk sistem pembangkit listrik adalah yang menggunakan sumber energi aliran air yang harus memiliki tinggi jatuh. Sementara banyak potensi energi aliran air di desa-desa yang hanya memiliki tinggi jatuh rendah atau tidak memiliki tinggi jatuh yang belum dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik. Dan saat ini dilakukan penelitian mengenai suatu pembangkit listrik dengan menerapkan teknologi pompa tanpa motor (*hydraulic ram pump*) (Sinaga,dkk., 2015). Pompa ini akan digunakan untuk memanfaatkan energi aliran yang memiliki tinggi jatuh rendah dan dipompakan ke ketinggian yang jauh lebih tinggi, dan aliran ini digunakan untuk membantu irigasi dan juga untuk membangkitkan energi listrik bagi masyarakat.

Pada makalah ini diberikan perancangan dan pengujian unjuk kerja hasil rancang bangun model pompa tanpa motor yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung. Head sumber aliran yang digunakan 1,5 m, dan pengujian ketinggian pemompaan yang dilakukan yaitu: 6 m, 7 m, dan 8 m.

Prinsip Kerja Pompa Tanpa Motor

Pompa *hydraulic ram pump* bekerja dalam suatu siklus pemompaan yang didasarkan pada posisi katup impulsnya (*impulse valve*). Siklus kerja pompa *hydraulic ram pump* terbagi dalam empat periode seperti dapat dilihat pada Gambar 1 (Taye, 1998).

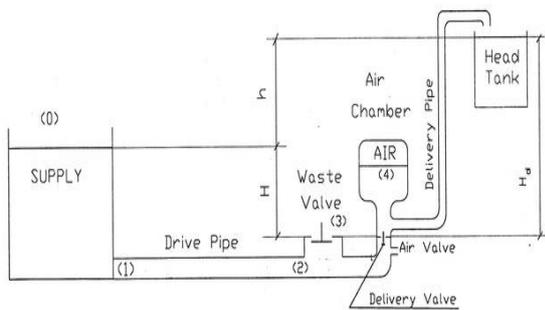


Gambar 1. Siklus kerja pompa *hydraulic ram pump*.

1. *Akselerasi*: air pada pipa suplai mulai mengalir dengan cepat. Dan sebagian air keluar melalui katup buang. Semakin lama tekanan air terus membesar, hingga sampai pada saat dimana tekanan air mulai melebihi berat katup buang, sehingga katup buang mulai terangkat karena gaya dorong air.
2. *Kompresi*: tekanan air telah menyebabkan katup buang menutup secara sempurna, sehingga aliran air tidak dapat mengalir melalui katup buang. Akibatnya, air hanya mampu mengalir kearah tabung udara. Air terus mengalir, menekan udara di dalam tabung, hingga saat dimana gaya dorong air tidak lagi mampu menekan udara di dalam tabung. Pada saat itu, air disekitar pompa tiba-tiba berhenti..
3. *Penyaluran (delivery)*: sesaat setelah terjadinya hentakan, udara akan menekan balik air didalam tabung, mirip seperti pegas. Air yang telah masuk kedalam tabung udara tak bisa lagi balik ke katup buang dan pipa suplai, karena adanya katup searah. Akibatnya, tekanan balik itu akan mendorong air mengalir masuk ke pipa penyaluran (*delivery pipe*).
4. *Pembalikan (recoil)*: pada tahap *recoil*, tekanan air mulai berkurang. Air mengalir yang telah kehilangan gaya dorong itu akan mengalir balik ke arah pipa suplai. Bersamaan dengan itu, katup buang mulai terbuka kembali karena adanya gaya berat dari katup impuls tersebut.

Perancangan Pompa Tanpa Motor

Dalam perancangan pompa *hydraulic ram pump* ada beberapa hal yang harus diperhatikan agar hasil pemompaan yang diinginkan dapat tercapai. Dari skema pada Gambar 2 dapat dilihat data-data yang perlu diketahui dalam perancangan pompa *hydraulic ram pump*.



Gambar 2. Skema instalasi pompa *hydraulic ram pump* (Taye, 1998)

Potensi sumber air

Pada awal proses perancangan pompa *hydraulic ram pump*, terlebih dahulu dilakukan survei di lokasi pemasangan pompa. Data yang perlu diketahui adalah :

1. Tinggi jatuh air atau *head* sumber dan ketersediaan debit air.
2. Jarak dari sumber air dengan lokasi tempat pemasangan pompa *hydraulic ram pump*.
3. Ketinggian pemompaan yang diperlukan.

Dimensi pipa suplai (drive pipa)

Untuk diameter pipa suplai (D_{drv}) dapat kita tentukan dengan metode *Calvert*, dimana perbandingan antara panjang pipa suplai dan diameternya

$$50 \leq \frac{L}{D} \leq 1000 \tag{1}$$

Dalam penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode *Calvert* karena banyak peneliti yang menyimpulkan bahwa metode *Calvert* menghasilkan nilai keluaran yang paling memuaskan (Taye, 1998).

Dimensi katup buang

Than (2008) mengatakan untuk mencari berat dari katup buang, dapat menggunakan Persamaan 2 berikut ini

$$W_{wv} = \frac{2 \cdot A_s \cdot H \cdot \gamma \cdot C_d}{M} \tag{2}$$

- dimana, W_{wv} adalah berat katup buang (N)
 A_s adalah luas katup buang (m^2)
 γ adalah berat jenis air (N/m^3)
 C_d adalah *drag coefficient* katup buang
 M adalah *head loss coefficient*

Diameter katup buang yang digunakan sebaiknya mendekati diameter pipa suplai.

Dimensi tabung udara

Than (2008) mengatakan untuk dimensi volume tabung udara berada diantara kisaran 20 sampai 50 kali volume air yang di pompakan per tiap siklus. Volume air yang tersalurkan dalam satu siklus dapat ditentukan dengan Persamaan 3

$$Vol_d = \left(\frac{L_{del} \cdot A_{del}}{N} \right) \ln(1 + \beta) \tag{3}$$

Besarnya β , masing- masing adalah

$$\beta = \frac{N \cdot V_{drv}^2}{2 \cdot g \cdot H} \tag{4}$$

dimana, N adalah *head loss coefficient* untuk pipa penyaluran

Effisiensi pompa *hydraulic ram pump*

Metode yang digunakan untuk menghitung effisiensi pompa *hydraulic ram pump*, yaitu metode *Rankine* (Taye, 1998).

$$\eta_{Rankine} = \frac{Q(H_d - H)}{(Q + Q_w)H} \tag{6}$$

dimana, $\eta_{Rankine}$ adalah effisiensi pompa (%)

Q adalah debit air yang dipompakan (liter/menit)

Q_w adalah debit air yang terbuang (liter/menit)

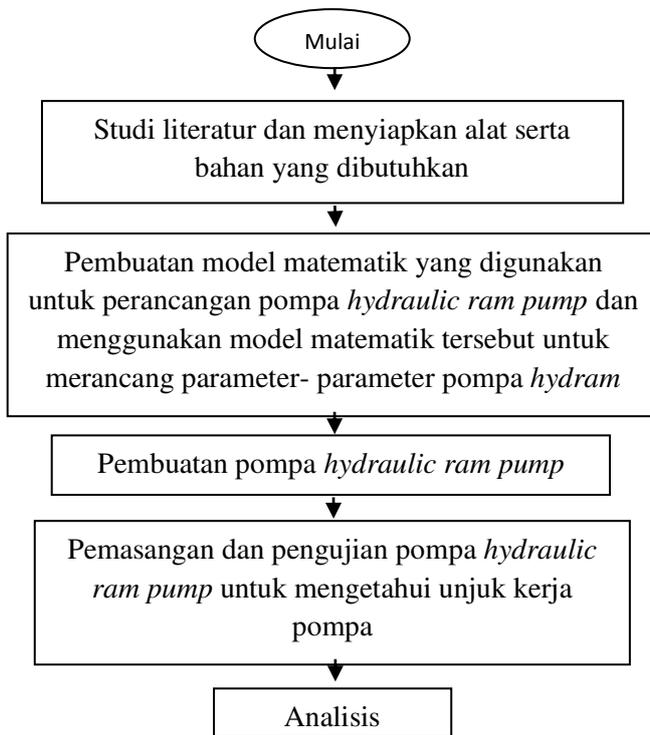
H_d adalah *head* penyaluran di atas pembukaan katup buang (m)

H adalah *head* sumber di atas pembukaan katup buang (m)

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Perancangan dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah diberikan pada bagian pendahuluan. Head yang digunakan pada perancangan ini adalah 1,5 m.

Adapun alur penelitian dapat dilihat dalam Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Metode Pengujian

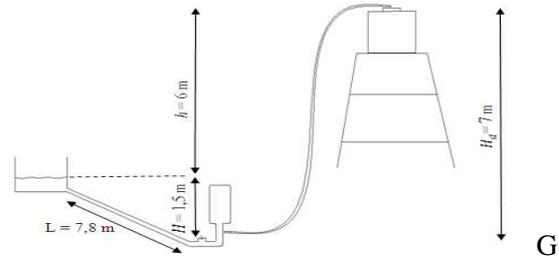
Sebelum dilakukan pengujian hal yang dilakukan adalah:

- Menyiapkan alat- alat yang dibutuhkan untuk pengujian:
 - Stopwatch
 - Jangka Sorong
 - Gelas ukur
 - Meteran
- Mengukur ketinggian *head* sumber (H) yaitu tinggi dari sumber air sampai ke pompa *hydraulic ram pump* dan mengukur *head* penyalurannya (h) yaitu tinggi dari sumber air ke tangki air tempat penampungan hasil pemompaan menggunakan meteran.
- Mengatur panjang langkah katup buang dengan jangka sorong dari katup buang dan mengatur beban katup buang yang digunakan
- Mengukur debit air yang dipompakan (Q) dan debit aliran air yang terbuang (Q_w) dengan gelas ukur, mencatat waktu (t) yang dibutuhkan untuk menyalurkan debit air yang dipompakan dengan *stopwatch*.
- Hasil pengukuran kemudian dihitung untuk mendapatkan unjuk kerja dari pompa tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter-Parameter Perancangan Pompa *Hydraulic ram pump*

Potensi yang dijadikan acuan untuk perancangan komponen-komponen pompa *hydraulic ram pump* yaitu *head* sumber sebesar 1,5 m seperti dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Potensi- potensi yang didapat dilapangan

Pipa suplai

Dimensi pipa suplai yang ditentukan yaitu panjang pipa suplai dan diameter dari pipa suplai. Panjang pipa suplai yaitu sebesar 7,8 m. Diameter pipa suplai yang digunakan yaitu 1 ¼ inci. Perbandingan panjang dan diameter pipa suplai yang didapat

$$\frac{L}{D} = 208,56$$

Nilai ini masih dalam range Persamaan 1 sehingga dimensi pipa suplai yang direncanakan dapat digunakan. Dengan menggunakan pipa suplai berdiameter 1 ¼ inci didapatkan debit air yang melalui pipa suplai yaitu sebesar 1,8 liter/detik.

Katup buang

Menurut Thomas (1994), diameter saluran air keluar pada rumah katup buang sebaiknya mendekati dari diameter pipa suplai. Pipa suplai yang digunakan berdiameter 1¼ inci dengan diameter dalam 37,4 mm. Sedangkan untuk *body* pompa dibuat dengan sambungan T dan sambungan L pipa besi yang berukuran 2 in. dengan diameter dalam 52,5 mm. Diameter saluran air keluar rumah katup buang dibuat sebesar 38 mm dan diameter katup buang dibuat sebesar 45 mm. Setelah diameter dari katup buang diketahui, berat dari katup buang dapat diketahui. Berat dari katup buang yang disarankan kurang lebih 0,122 kg setelah dilakukan perhitungan.

Tabung udara

Media yang digunakan untuk menyalurkan air dari pompa *hydraulic ram pump* menuju reservoir menggunakan selang berdiameter 5/8 inci dengan panjang 9 m dan tingkat kekasaran (e/D) sebesar 0,00005 (Fox dan Mc Donald, 1995). Data- data tersebut digunakan untuk mencari volume air yang terpompa dalam satu siklus. Dari hasil perhitungan, volume air yang terpompa tiap siklus sebesar 0,12 lit. Menurut Than (2008) volume tabung udara berada diantara 20 - 50 kali volume air yang terpompa tiap siklus. Volume tabung udara yang dipilih yaitu sebesar 35 kali dari volume air yang terpompa, sehingga volume tabung udara yang dibutuhkan kurang lebih 4,2 liter.

Pembuatan dan Pemasangan Pompa *Hydraulic ram pump*

Sebelum melakukan perakitan pompa *hydraulic ram pump*, terlebih dahulu dilakukan pembuatan komponen-komponen pompa *hydraulic ram pump*. Komponen-komponen pompa *hydraulic ram pump* serta hasil perakitan pompa *hydraulic ram pump* dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Hasil pembuatan dan perakitan pompa *hydraulic ram pump*

Pemasangan pompa *hydraulic ram pump*

Hasil pemasangan pompa *hydraulic ram pump* untuk model alat uji sistem irigasi dan untuk pembangkit listrik dapat dilihat pada Gambar 6.

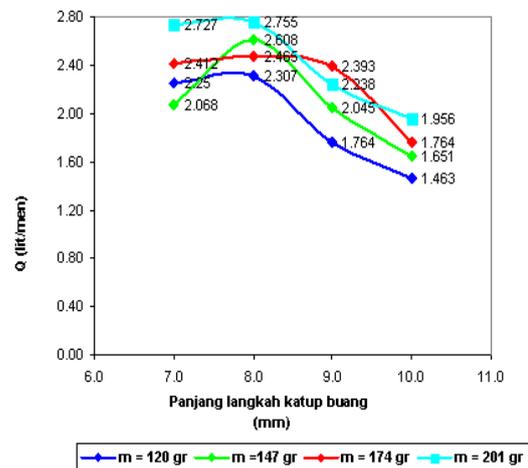


Gambar 6. Hasil pemasangan pompa *hydraulic ram pump* untuk model alat uji sistem irigasi dan pembangkit listrik.

Hasil Pengujian Pompa *Hydraulic ram pump*

Pada proses pengujian divariasikan tinggi langkah katup buang, berat katub buang. Ketinggian langkah katup buang divariasikan mulai dari 7 mm, 8 mm, 9 mm, 10 mm. Berat katup buang divariasikan untuk tanpa beban, penambahan 1 beban, penambahan 2 beban, dan 3 beban dimana untuk setiap beban mempunyai berat 27 gram. Volume tabung udara digunakan 4,2 liter.

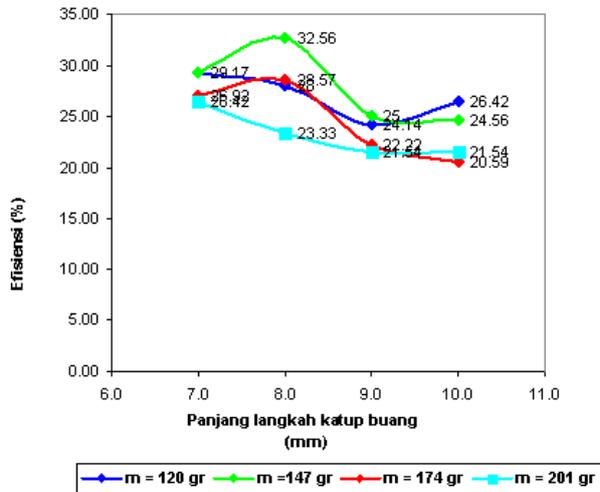
Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 7 s/d Gambar 12.



Gambar 7. Grafik hubungan panjang langkah katup buang terhadap debit pemompaan dan berat katup buang pada head pemompaan 7 m

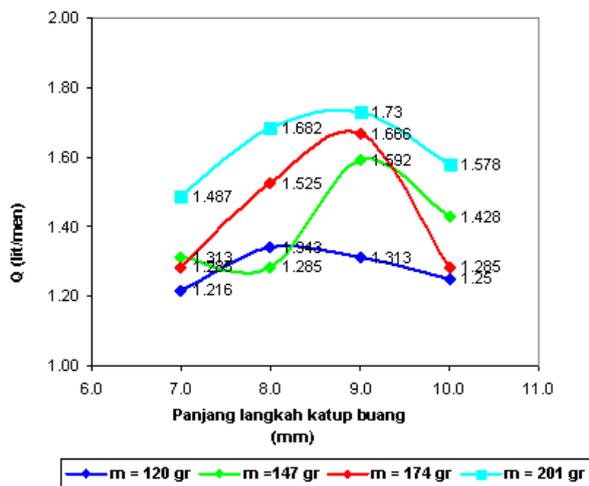
Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa pemompaan maksimum terdapat pada panjang langkah 8 mm dan menggunakan beban 201 gram dengan debit pemompaan yaitu 2,755 lit./menit dan pemompaan paling kecil terdapat pada panjang langkah 10 mm pada

beban 120 gram dengan debit pemompaan yaitu 1,463 lit/menit.



Gambar 8. Grafik hubungan panjang langkah katup buang terhadap efisiensi dan berat katup buang pada head pemompaan 7 m.

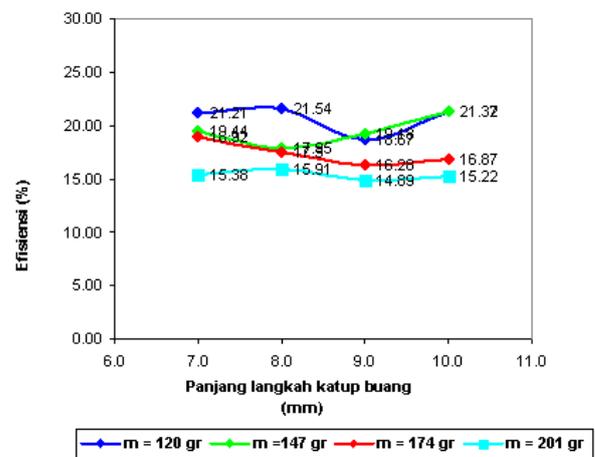
Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa efisiensi maksimum terdapat pada panjang langkah 8 mm pada beban 147 gram dengan efisiensi 32,56 % sedangkan efisiensi paling kecil terdapat pada panjang langkah 10 mm pada beban 174 gram dengan efisiensi 20,59 %.



Gambar 9. Grafik hubungan panjang langkah katup buang terhadap debit pemompaan dan berat katup buang pada head pemompaan 8 m

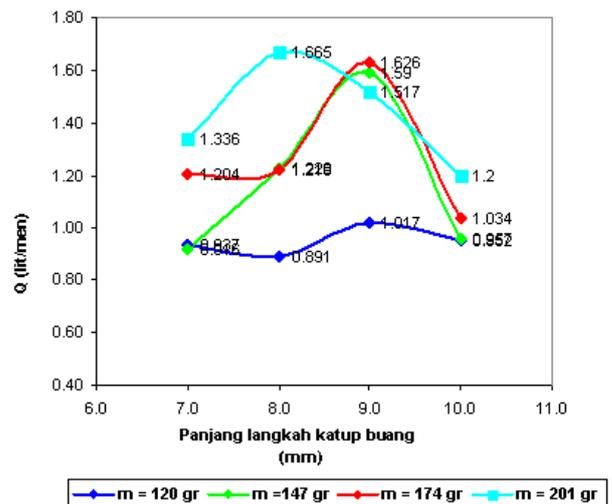
Dari Gambar 9. dapat dilihat bahwa pemompaan maksimum terdapat pada panjang langkah 9 mm pada beban 201 gram dengan debit pemompaan yaitu 1,730 lit/menit dan pemompaan paling kecil terdapat pada

panjang langkah 7 mm pada beban 120 gram dengan debit pemompaan yaitu 1,216 lit/menit.



Gambar 10. Grafik hubungan panjang langkah katup buang terhadap efisiensi dan berat katup buang pada head pemompaan 8 m.

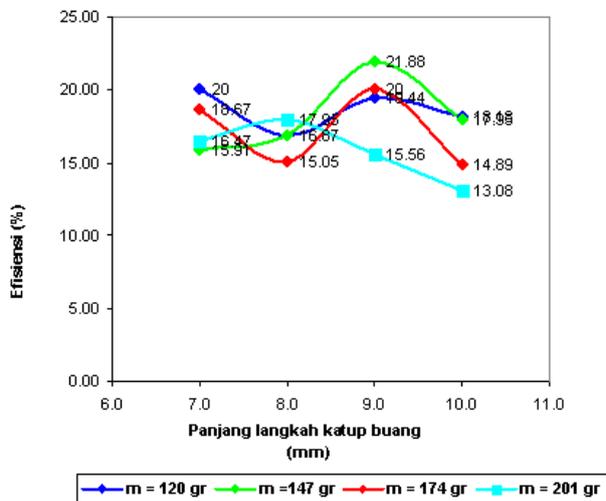
Dari Gambar 10. dapat dilihat bahwa efisiensi maksimum terdapat pada panjang langkah 7 mm pada beban 120 gram dengan efisiensi 21,54 % sedangkan efisiensi paling kecil terdapat pada panjang langkah 9 mm pada beban 201 gram dengan efisiensi 14,89 %.



Gambar 11. Grafik hubungan panjang langkah katup buang terhadap debit pemompaan dan berat katup buang pada head pemompaan 9 m.

Dari Gambar 11. Dari Gambar 4.36 dapat dilihat bahwa pemompaan maksimum terdapat pada panjang langkah 8 mm pada beban 201 gram dengan debit pemompaan yaitu 1,665

lit/menit dan pemompaan paling kecil terdapat pada panjang langkah 8 mm pada beban 120 gram dengan debit pemompaan yaitu 0,891 lit/menit.



Gambar 12. Grafik hubungan panjang langkah katup buang terhadap efisiensi dan berat katup buang pada head pemompaan 9 m.

Dari Gambar 12. dapat dilihat bahwa efisiensi maksimum terdapat pada panjang langkah 9 mm pada beban 147 gram dengan efisiensi 21,88 % sedangkan efisiensi paling kecil terdapat pada panjang langkah 10 mm pada beban 201 gram dengan efisiensi 13,08 %.

Setelah pengujian dilakukan dan hasil pengujian telah didapatkan, dapat disimpulkan bahwa metode perancangan untuk menentukan komponen- komponen pompa *hydraulic ram pump* memberikan hasil pemompaan yang yang baik. Sehingga metode ini dapat digunakan untuk merancang pompa hydraulic ram pump yang akan digunakan sesuai ketinggian head sumber di lapangan untuk pembangunan sistem irigasi dan pembangkit listrik menggunakan teknologi pompa *hydraulic ram pump*.

SIMPULAN

Setelah melakukan perancangan, pembuatan dan pengujian pompa *hydraulic ram pump* maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Metode perancangan pompa *hydraulic ram pump* dilakukan dengan menggunakan head

sumber sebesar 1,5 m, dengan panjang dan diameter pipa suplai adalah 7,8 m dan 1 ¼ in, dan debit air dalam pipa penggerak yang tersedia sebesar 1,8 liter/detik. Dengan menggunakan data-data tersebut maka berat katup buang dapat diketahui yaitu sebesar 0,122 kg, dan tabung udara 4,2 lit.

2. Setelah dilakukan pengujian debit pemompaan yang paling besar untuk tinggi pemompaan 7 m yaitu 2,755 lit/menit menggunakan beban 0,201 kg pada panjang langkah katup buang 9 mm.
3. Pembuatan dan perawatan pompa *hydraulic ram pump* relatif mudah dan biaya pembuatannya terjangkau karena bahan-bahan yang dibutuhkan dapat dengan mudah ditemukan di toko-toko material.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2015. *Produksi Tanaman Pangan 2014*. Jakarta.
- BPS Provinsi Lampung. 2015. *Produksi Padi, Jagung, Kedelai*. Lampung.
- Fox, R. W., McDonald, A.T. dan Pritchard, P.J. 2003. *Introduction to Fluid Mechanics 6th Edition*. Wiley & Sons, Inc., Hoboken, AS.
- Sinaga, J. B., Azhar, dan N. Tanti, 2015. *Rancang Bangun Model Pembangkit Listrik dengan Menggunakan Teknologi Pompa Tanpa Motor (Hydraulic Ram Pump) untuk Membantu Memenuhi Listrik Pedesaan di Provinsi Lampung*. Laporan Tahun Pertama Hibah Bersaing, Universitas lampung, Bandar Lampung.
- Taye, T. 1998. *Hydraulic Ram Pump*. Journal of the ASME, Vol II, No.1, Addis Ababa, Ethiopia..
- Than, P.M. 2008. *Construction and Performance Testing of the Hydraulic Ram Pump*. GMSARN International Conference on Sustainable Development: Issues and Prospects for the GMS., Mandalay, Myanmar.
- Thomas, T. H., 1994. *Algebraic Modelling of the Behaviour of Hydraulic Ram Pumps*, Working Paper No. 41 Department of Engineering, University of Warwick.