

# ANALISIS EFISIENSI POMPA HIDRAM PARALEL EMPAT DENGAN DIAMETER KATUP BUANG 1 INCHI DAN 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> INCHI BERDASARKAN VARIASI PIPA INLET

Bayu Adi Pramono<sup>1</sup>, Kun Suharno<sup>2</sup>, Sri Widodo<sup>3</sup>.

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar  
Jl. Kapten Suparman No. 39 Magelang, Indonesia

email: [bayuadipramono82@gmail.com](mailto:bayuadipramono82@gmail.com), [kunsuharno@untidar.ac.id](mailto:kunsuharno@untidar.ac.id), [sriwidodo@untidar.ac.id](mailto:sriwidodo@untidar.ac.id)

## Abstract

*One effort to overcome water difficulties, especially in areas with higher elevations than water sources, is to use a pump. At this time there are various types of pumps used. The type of pump that is widely used today is the pump using the power of an electric motor or diesel power. Pumps using the power of an electric or diesel motor require fuel oil so that it requires additional costs in operation.*

*The purpose of the research conducted on this hydram pump is to determine the discharge obtained by four parallel hydram pumps and analyze the efficiency of the hydram pump with a variation of the diameter of the exhaust valve and suction valve 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> inch diameter and 1 inch. The research was conducted experimentally by flowing water from the reservoir as a water source with a height of 2.73m with an inlet pipe slope of 12.5°. The water from the reservoir is flowed to a hydram pump with a variation of the input diameter of the hydram pump pipe which is 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> inch 4 meters long and 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> inches long by 5 meters, with a pipe output diameter of 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> inch with a height of 8m. To find out its efficiency, we calculated pumping discharge and pump discharge which will be known how efficient the pump is with variations in the diameter of the exhaust valve and 1 inch suction and 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> inches with inlet pipe variations.*

*The results showed that the maximum yield discharge from the four parallel hydram pump was obtained at pump 1 with a suction valve diameter and 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> inch exhaust valve with a discharge of 0.0311 l/s and a minimum yield of 0.0067 l/s at pump 3 with diameter of 1 inch suction valve and 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> inch suction valve. The highest efficiency obtained from the four parallel hydram pump that is at pump 1 with a suction valve diameter and 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> inch exhaust valve produces an efficiency of 2.91%, and the lowest efficiency is 0.62% on pump 3 with a diameter of 1 inch suction valve and 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> inch exhaust valve.*

*Keywords: discharge, efficiency, exhaust valve, hydram pump, suction valve.*

## 1. PENDAHULUAN

Air merupakan materi yang penting dalam kehidupan manusia, hewan maupun tumbuh-tumbuhan. Kebutuhan air seringkali menimbulkan permasalahan baru bagi manusia. Pemenuhan air bersih untuk daerah-daerah yang berdekatan dengan sumber mata air dengan elevasi yang lebih rendah dari sumber mata air akan lebih mudah, karena dapat dialirkan menggunakan cara gravitasi. Salah satu upaya untuk mengatasi kesulitan air, terutama di daerah yang elevasinya lebih tinggi dari sumber air, adalah dengan menggunakan pompa. Pada saat ini ada bermacam-macam jenis pompa yang digunakan. Jenis pompa yang banyak digunakan pada saat ini adalah pompa dengan menggunakan tenaga motor listrik ataupun tenaga diesel. Pompa dengan menggunakan tenaga motor listrik ataupun diesel membutuhkan bahan bakar minyak sehingga membutuhkan biaya tambahan dalam pengoperasiannya.

Pompa hidram (Hydraulic Ram Pump) merupakan pompa pemindah air dari tempat rendah ketempat yang lebih tinggi atau dari tempat yang tidak terlalu tinggi ke tempat yang lebih tinggi. Prinsip kerja Hidram adalah dari hantaman air yang

kemudian mendorong air untuk ke tempat yang lebih tinggi. Untuk mendapatkan energi potensial dari hantaman air diperlukan syarat utama yaitu harus ada terjunan air yang dialirkan melalui pipa dengan beda tinggi elevasi dengan pompa Hidram minimal 1 meter (Widarto, 2000).

Kemiringan maupun ketinggian terjunan dan rumah pompa menjadi faktor yang sangat penting. 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. Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui pengaruh dari diameter katup hisap dan katup buang dengan variasi pipa inlet terhadap efisiensi yang dihasilkan pada pompa hidram paralel empat.

### Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil dari latar belakang yang dihadapi adalah :

1. Berapa debit yang dihasilkan dari variasi diameter badan pompa hidram paralel 1 inchi dan 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> inchi ?
2. Bagaimana pengaruh variasi diameter katup buang dan hisap pompa hidram terhadap efisiensi pompa hidram?

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan terhadap pompa hidram ini adalah:

1. Mengetahui debit yang diperoleh pompa hidram paralel empat dengan diameter pipa *inlet* 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> inchi dan 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> inchi.
2. Menganalisis efisiensi pompa hidram dengan variasi diameter katup buang 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> inchi dan 1 inchi dan katup hisap 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> inchi dan 1 inchi.

### Batasan Masalah

Guna memfokuskan penelitian ini sehingga didapatkan hasil penelitian yang dapat dipertanggungjawabkan, penelitian ini dibatasi hal-hal sebagai berikut ini:

1. Air yang masuk ke pompa dianggap kontinyu, dengan dijaga *head* di *reservoir* agar tetap penuh.
2. Head yang digunakan dalam penelitian yaitu 1,95 meter.
3. Panjang pipa *inlet* diameter 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> dengan panjang 4 meter dan diameter 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> inchi dengan panjang 5 meter
4. Pipa *output* terbuat dari pipa PVC dengan diameter 1/2 inchi.
5. Pipa penghantar terbuat dari pipa PVC dengan diameter 0.5 inchi.
6. Diameter tabung pompa hidram 2 inchi dengan tinggi 60 cm.
7. Sudut kemiringan pipa inlet 12,5<sup>o</sup>.

### Tinjauan Pustaka

Sinaga (2013) melakukan penelitian menggunakan variasi beban katup limbah dengan beban 0,353 kg, 0,388 kg, 0,424 kg dan variasi volume tabung udara dengan volume 0,0061 m<sup>3</sup>, 0,0082 m<sup>3</sup>, 0,0102 m<sup>3</sup>. Tinggi head supply 2,3 m dan panjang pipa pemasukan 15 m. Kemudian dilakukan pengujian pengaruh variasi beban katup limbah dan variasi volume tabung udara dengan head supply 2,3 meter terhadap performansi pompa hidram. Dari perhitungan didapat kapasitas pompa maksimum sebesar 0,000085 m<sup>3</sup>/s pada volume tabung 0,0061 m<sup>3</sup> dengan beban katup limbah 0,424 kg. Efisiensi maksimum pompa hidram sebesar 46,59 % pada volume tabung 0,0061 m<sup>3</sup> dengan beban katup limbah 0,424 kg.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Gan, et al. (2002) diperoleh hasil percobaan dan analisa varian serta regresi response surface diperoleh bahwa faktor volume tabung dan beban katup buang berpengaruh pada efisiensi pompa, begitu pula interaksi antara kedua faktor. Efisiensi

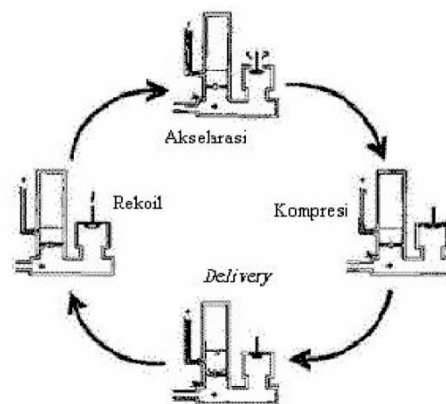
terbaik adalah volume tabung 1300 ml dan beban katup 400 gr untuk mendapatkan efisiensi 42,9209%.

Saputra (2014) Melakukan penelitian pompa hidram dengan Pipa inlet masuk ke pompa dengan ketinggian bak penampung 2 m dengan pipa diameter 2 inchi dan panjang 6 m. Variasi katup model pembebanan menggunakan pegas dibebani secara berurutan dari 0,4 kg – 1 kg dengan interval 0,1 kg. Variasi perbandingan luas penampang katup 1:2, 2:3, dan 3:4 terhadap luas penampang pipa saluran inlet. Dari penelitian didapatkan Efisiensi pompa hidram terbesar pada ketinggian pipa penghantar 4 m yaitu pada katup buang 1:2 pada beban 0,4 kg sebesar 39,53076 %. Pada ketinggian pipa penghantar 6 m yaitu pada katup buang 1:2 pada beban 0,4 kg efisiensi pompa sebesar 23,45 %.. Pada ketinggian pipa penghantar 8 m yaitu pada katup buang 3:4 pada beban 0,4 kg, efisiensi pompa sebesar 17,82345%.

Daniel (2012) melakukan penelitian pompa hidram menggunakan variasi tinggi tabung udara dengan tinggi 40 cm dan 60 cm dengan diameter 6,35 cm dan variasi panjang pipa pemasukan dengan panjang 8 m, 10 m dan 12 m. Tinggi saluran suplai 2,3 meter dan tinggi saluran tekan 8 m. Dari perhitungan di dapat kapasitas pompa maksimum sebesar 0,0000346666 m<sup>3</sup>/s. Efisiensi maksimum pompa hidram 29,55 % pada tinggi tabung 60 cm dan panjang pipa masuk 10 m.

### Landasan Teori

Prinsip kerja hidram adalah pemanfaatan gravitasi dengan memanfaatkan energi dari hantaman air yang menabrak faksi air lainnya untuk mendorong ke tempat yang lebih tinggi. Untuk mendapatkan energi potensial dari hantaman air diperlukan syarat utama yaitu harus ada terjunan air yang dialirkan melalui pipa dengan beda tinggi elevasi dengan pompa hidram minimal 1 meter. Syarat utama kedua adalah sumber air harus kontinu dengan debit minimal 7 liter per menit. Prinsip kerja dari pompa hidram dapat dilihat dari gambar 1 berikut ini :



Gambar 1. Siklus Pemompaan Pompa Hidrolik (Suroso, 2012)

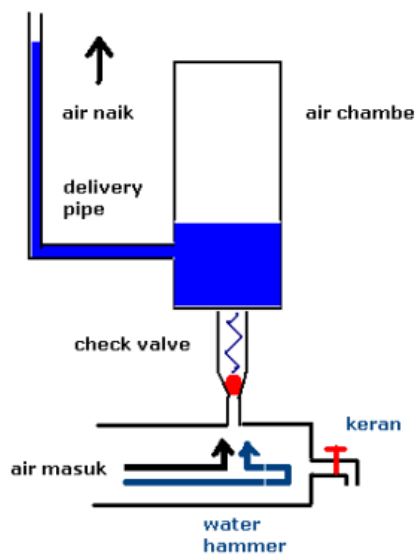
Keterangan gambar :

1. Periode 1: Akhir siklus yang sebelumnya, kecepatan air melalui ram bertambah, air melalui katup buang yang sedang terbuka, timbul tekanan negatif yang kecil dalam hidram.
2. Periode 2: Aliran bertambah sampai maksimum melalui katup buang yang terbuka dan tekanan dalam pipa pemasukan juga bertambah secara bertahap.
3. Periode 3: Katup buang mulai menutup dengan demikian menyebabkan naiknya tekanan dalam hidram, kecepatan aliran dalam pipa pemasukan telah mencapai maksimum.

4. Periode 4: Katup buang tertutup, menyebabkan terjadinya palu air (*water hammer*) yang mendorong air melalui katup pengantar. Kecepatan aliran pipa pemasukan berkurang dengan cepat.
5. Periode 5: Denyut tekanan terpukul ke dalam pipa pemasukan, menyebabkan timbulnya hisapan kecil dalam hidram. Katup buang terbuka karena hisapan tersebut dan juga karena beratnya sendiri. Air mulai mengalir lagi melalui katup buang dan siklus Hidram terulang kembali.

### Teori *Water Hammer*

Peristiwa palu air (*water hammer*) terjadi pada jaringan pipa dengan system pengaliran tertekan. Peristiwa tersebut berupa perubahan tekanan yang terjadi karena perubahan kecepatan aliran di dalam pipa secara mendadak, misalkan karena penutupan katup, perubahan beban pada hidraulik, dan sebagainya. Tekanan palu air tersebut merambat sepanjang jaringan pipa dengan kecepatan suara. Untuk menghindari rusaknya pipa atau peralatan hidraulik lainnya, maka sistem jaringan pengaliran tertekan harus dirancang untuk menerima tekanan oleh palu air tersebut. Peristiwa palu air tersebut merupakan peristiwa pengaliran tak tetap (*transient flow*) dapat dilihat dari gambar 2. Persamaan dasarnya merupakan persamaan diferensial parsil fungsi waktu dan tempat.



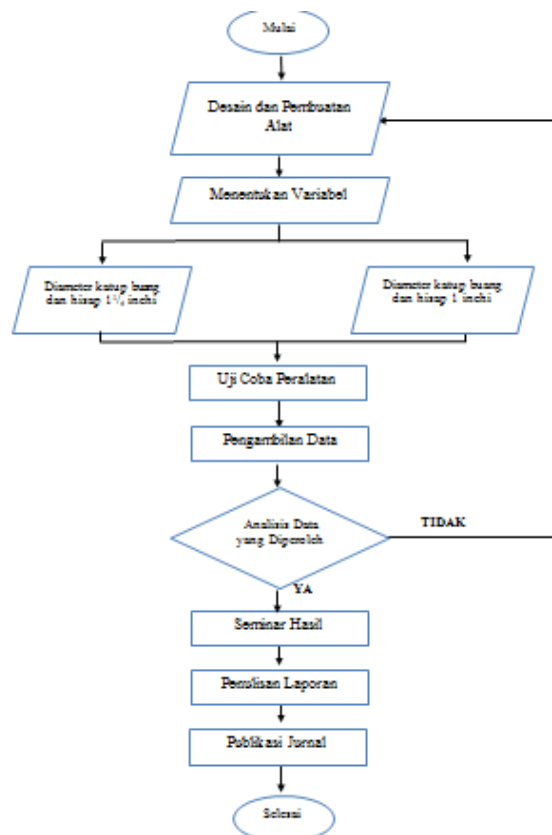
Gambar 2. Prinsip Kerja *Water Hammer*.

(Sumber :

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara eksperimen dengan mengalirkan air dari reservoir sebagai sumber air dengan ketinggian 2,73m dengan sudut kemiringan pipa inlet 12,5°. Air dari reservoir tersebut dialirkan menuju pompa hidram dengan diameter input pipa pompa hidram yaitu 1 1/2 inchi, dengan diameter output pipa adalah 1/2 inchi dengan ketinggian 8 meter. Untuk mengetahui efisiensinya kita menghitung debit pemompaan dan debit buang pompa yang nantinya akan diketahui berapa efisiensi dari pompa dengan variasi diameter katup buang dan hisap 1 inchi dan 1 1/4 inchi.

## Alur Penelitian



Gambar 3. Diagram alur penelitian

## Analisis Perhitungan

Perhitungan yaitu membahas dan menyelesaikan rumus-rumus yang sudah dicantumkan, kemudian membahasnya menggunakan data yang sudah diperoleh dari hasil percobaan tersebut. Adapun perhitungannya adalah :

a. Menghitung head *input* dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 H &= h_s + h_a \\
 H &= 1,93 + 0,80 \\
 H &= 2,73 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana  $H$  = Head total (m)  
 $h_s$  = tinggi tekan (m)  
 $h_a$  = Tinggi muka air (m)

b. Menghitung debit *input* dengan persamaan :

$$H = h_i + h_{f1} + h_k + h_{f2} + h_b + h_{f3} + h_0$$

Dimana  $H$  = Head total (m)  
 $h_i$  = Kerugian input  
 $h_f$  = Kerugian gesekan  
 $h_k$  = Kerugian katup

$h_c$  = Kerugian kontraksi  
 $h_b$  = Kerugian belokan  
 $h_o$  = kerugian *output*

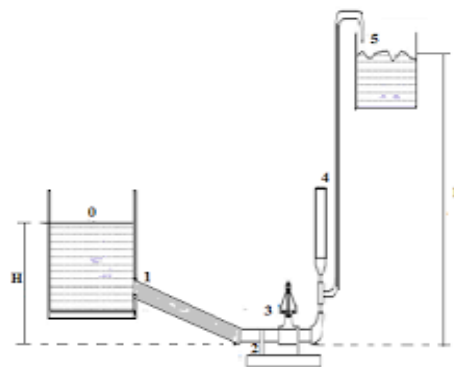
c. Menghitung debit output pompa

$$Q_o = \frac{\text{Volume Output}}{\text{Waktu}} \text{ l/det}$$

Suharno K. (2013)

Dimana :  $Q_o$  = debit *output* pompa

d. Menghitung efisiensi pompa



Gambar 4. Perhitungan Efisiensi

(Sumber: <http://download.portalgaruda.org/article.php?article&val=4135>)

$$\eta = \frac{Q_o \cdot h}{Q_i \cdot H} \quad (\text{Suharno K. (2013)})$$

Dimana :  $\eta$  = efisiensi (%)

$Q_o$  = debit output (l/det)

$Q_i$  = debit input (l/det)

$h$  = tinggi angkat (m)

$H$  = tinggi tekan (m)

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang telah dilaksanakan pada bulan Agustus 2018 yang bertempat di Laboratorium Universitas Tidar. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi diameter katup hisap dan katup buang terhadap efisiensi pompa hidram, dengan panjang diameter katup hisap dan katup buang  $1\frac{1}{4}$  inchi dan 1 inchi berdasarkan variasi pipa *inlet*  $1\frac{1}{2}$  inchi dan  $1\frac{1}{4}$  inchi.

Data yang diambil dari penelitian ini yaitu debit pipa *inlet*, debit katup buang dan debit pipa *outlet* yang sudah divariasikan diameter katup hisap dan katup buang. Pengukuran debit pipa *outlet* menggunakan gelas ukur atau ember ukur dengan waktu percobaan 5 detik. Berikut ini adalah hasil yang diperoleh dari penelitian dan percobaan di lapangan. Gambar dibawah ini adalah desain rangkaian pompa hidram :



Gambar 5. Desain Pompa Hidram

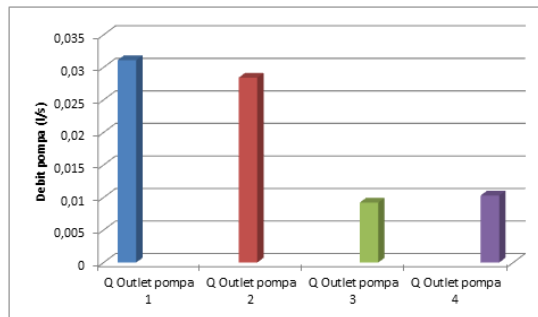
**Analisis Debit Hasil Pompa Paralel Empat.**

Pompa dengan variasi katup buang 1 1/4 inchi kanan dan katup hisap 1 1/4 inchi kiri

Tabel 1. Debit hasil pompa paralel katup buang 1 1/4 inchi kanan dan 1 inchi kiri

Percobaan ke-	Waktu (s)	Volume outlet pompa 1 (liter)	Q <sub>O.kn</sub> pompa 1 (l/s)	Volume outlet pompa 2 (liter)	Q <sub>O.kn</sub> pompa 2 (l/s)	Volume outlet pompa 3 (liter)	Q <sub>O.kr</sub> pompa 3 (l/s)	Volume outlet pompa 4 (liter)	Q <sub>O.kr</sub> pompa 4 (l/s)
1	5	0,16	0,032	0,16	0,032	0,055	0,011	0,035	0,007
2	5	0,15	0,03	0,13	0,026	0,04	0,008	0,065	0,013
3	5	0,13	0,026	0,145	0,029	0,045	0,009	0,05	0,01
4	5	0,14	0,028	0,13	0,026	0,045	0,009	0,055	0,011
5	5	0,18	0,036	0,14	0,028	0,05	0,01	0,05	0,01
6	5	0,165	0,033	0,12	0,024	0,045	0,009	0,05	0,01
7	5	0,155	0,031	0,145	0,029	0,04	0,008	0,045	0,009
8	5	0,14	0,028	0,145	0,029	0,05	0,01	0,06	0,012
9	5	0,175	0,035	0,15	0,03	0,04	0,008	0,05	0,01
10	5	0,16	0,032	0,155	0,031	0,05	0,01	0,055	0,011
Rata-rata	5	0,1555	0,0311	0,142	0,0284	0,046	0,0092	0,0515	0,0103

Hasil dari tabel di atas dapat di lihat bahwa rata-rata setiap debit yang dihasilkan Q<sub>O.kn</sub> pompa 1= 0,0311 (l/s), Q<sub>O.kn</sub> pompa 2= 0,0284 (l/s), Q<sub>O.kr</sub> pompa 3= 0,0092 (l/s), Q<sub>O.kr</sub> pompa 4= 0,01053 (l/s) dan disajikan dalam bentuk grafik agar bisa di lihat pada masing-masing debit. Hasil perbandingan data di atas dapat dilihat bahwa pada pompa 1 ke pompa 2 mengalami penurunan debit sebanyak 8,6%, pada pompa 2 ke pompa 3 mengalami penurunan debit sebanyak 67,6% dan pada pompa 3 ke pompa 4 mengalami kenaikan debit sebanyak 11,9% dan disajikan dalam bentuk grafik agar bisa dilihat pada masing-masing debit. Gambar 4.2 di bawah ini menunjukkan debit hasil pompa hidram paralel dengan katup buang 1 1/4 inchi disebelah kanan disebelah katup hisap 1 1/4 inchi, katup buang 1 inchi disebelah kiri katup hisap 1 inchi :



Gambar 6. Diagram debit hasil pompa paralel katup buang 1¼ inchi kanan dan 1 inchi kiri

Gambar 4.3 diatas menunjukkan hasil perbandingan debit hasil pompa paralel katup buang 1¼ inchi kiri dan 1 inchi kanan dengan waktu 5 detik. Dimana dapat dilihat dengan jelas bahwa pada pompa 1 dengan diameter katup buang 1 inchi dan katup hisap 1¼ memiliki debit hasil paling banyak yaitu 0,0308 (l/s).

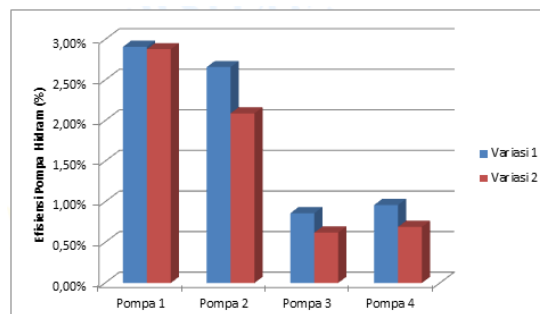
**Analisis data efisiensi**

Dalam perhitungan efisiensi untuk  $Q_{input}$  diambil dari perhitungan secara teoritis yaitu  $Q_i$  adalah 0,00312 m<sup>3</sup>/s (3,12 l/s). Sedangkan  $Q_o$  diambil dari hasil perhitungan debit rata-rata pada pengujian pompa hidram.

Tabel 2. Perbandingan efisiensi pompa hidram variasi 1 dan 2

Variasi	Efisiensi			
	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3	Pompa 4
1	2,91%	2,66%	0,86%	0,96%
2	2,88%	2,09%	0,62%	0,69%

Hasil dari tabel diatas dapat dilihat efisiensi yang dihasilkan dari variasi 1 pompa 1 : 2,91%, pompa 2 : 2,66%, pompa 3 : 0,86%, pompa 4 : 0,96% Efisiensi yang dihasilkan dari pompa hidram paralel variasi 2 yaitu pompa 1 : 2,88%, pompa 2 : 2,09%, pompa 3 0,62%, pompa 4 : 0,69% dan disajikan dalam bentuk grafik agar bisa dilihat pada masing-masing efisiensi. Gambar 4.6 dibawah ini menunjukkan perbandingan efisiensi yang dihasilkan dari variasi 1 dan variasi 2 :



Gambar 7. Perbandingan efisiensi pompa hidram paralel variasi 1 dan variasi 2



Gambar diatas menunjukkan hasil perbandingan efisiensi pompa hidram paralel variasi 1 dan variasi 2 dengan waktu 5 detik. Dimana dapat dilihat dengan jelas bahwa efisiensi pada pompa hidram paralel variasi 1 lebih tinggi dari pompa hidram paralel variasi 2 dengan efisiensi tertinggi 2,91% pada pompa 1 dengan diameter katup buang dan hisap 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> inchi dan efisiensi terendah 0,62% pada pompa 3 dengan diameter katup hisap 1 inchi dan katup buang 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> inchi.

## 5. SIMPULAN

Hasil percobaan yang dilakukan, didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Debit hasil maksimum dari pompa hidram paralel empat didapatkan pada pompa 1 dengan diameter katup hisap dan katup buang 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> inchi dengan debit sebesar 0,0311 l/s dan debit hasil minimum 0,0067 l/s pada pompa 3 dengan diameter katup hisap 1 inchi dan katup hisap 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> inchi.
2. Efisiensi tertinggi yang diperoleh dari pompa hidram paralel empat yaitu pada pompa 1 dengan diameter katup hisap dan katup buang 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> inchi menghasilkan efisiensi sebesar 2,91%, dan efisiensi terendah diperoleh 0,62% pada pompa 3 dengan diameter katup hisap 1 inchi dan katup buang 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> inchi.

## DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 1977, *Pompa Air: Hidraulic Ram Autimatic*, ITB, Bandung.

Anonim, 2015, *Membuat Pompa Hydram (Hidraulic Ram Pump)*. available online at : <http://infomotuba.blogspot.co.id/2015/03/membuat-pompa-hydram-hidraulic-ram-pump.html>

Candrika, 2014, *Tinjauan Pustaka Pompa Hidram*, available online at : [http://eprints.undip.ac.id/44427/3/BAB\\_II\\_Tinjauan\\_Pustaka.pdf](http://eprints.undip.ac.id/44427/3/BAB_II_Tinjauan_Pustaka.pdf).

Daniel Ortega Pjt , 2012, Jurnal “*Rancang Bangun Pompa Hidram dan Pengujian*

*Pengaruh Variasi Tinggi Tabung Udara Dan Panjang Pipa Pemasukan Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram.*” Medan, Sumatera Utara.

Ginting, 2015, *Dasar Teori Sejarah Pompa Hidram*, Universitas Sumatra Utara, Medan.

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, hh. 81 – 87.

Hanafie, J., Hans, D.L., 1979, *Teknologi Pompa Hidrolik Ram*, Bandung, ITB.

Herlambang, A., Heru, D.W, 2006, *Rancang Bangun Pompa Hidram Untuk Masyarakat Pedesaan*. ITB. Bandung.

Panjaitan, D.O., Tekad, S, 2012, *Rancang Bangun Pompa Hidram Dan Pengujian Pengaruh Variasi Tinggi Tabung Udara Dan Panjang Pipa Pemasukan Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram*. Universitas Sumatra Utara, Medan

Saputra, B, 2014, Rancang Bangun Dan Pengujian Pompa Hidram Menggunakan 'Adjustable Spring Waste Valve', Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Sinaga, U, 2013, **Pengujian Pengaruh Variasi Beban Katup Limbah dan Variasi Volume Tabung Udara Dengan Head Supply 2,3 Meter Terhadap Performansi Pompa Hidram**, Universitas Sumatra Utara, Medan.

Suharno, K. 2010, *Analisis Kemampuan Tinggi Tekan Hidraulik Ram Thd Debit.*

Universitas Tidar Magelang, Magelang.

Suroso, 2012, *Pembuatan Dan Karakterisasi Pompa Hidrolik Pada Ketinggian 1,6 Meter*, available online at : <http://papers.stnbatan.ac.id/prosiding/2012/39.pdf>..

Triyoko, 2014, *Landasan Teori Pompa Hidram*, available online at : [http://eprints.undip.ac.id/44006/3/BAB\\_II.pdf](http://eprints.undip.ac.id/44006/3/BAB_II.pdf)