

## Pengaruh Diameter Piringan Katup Limbah Terhadap Tekanan Aliran Balik Dalam Pompa Hidram

Kadek Bayu Laksana<sup>1)</sup>, Made Suarda<sup>2)</sup>, Ainul Ghurri<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia 80361

Email: [bayukdk@gmail.com](mailto:bayukdk@gmail.com), [made.suarda@unud.ac.id](mailto:made.suarda@unud.ac.id), [ghurri.reservoir@gmail.com](mailto:ghurri.reservoir@gmail.com)

doi: <https://doi.org/10.24843/METTEK.2019.v05.i02.p06>

### Abstrak

Pompa hidram bekerja dengan memanfaatkan proses palu air. Terjadinya palu air akan mengakibatkan sebagian air menuju ke tabung udara dan sebagian lagi akan mengalami aliran balik pada pipa penggerak. Diameter piringan katup limbah mempengaruhi laju aliran dan gaya tekan di dalam badan pompa, sehingga akan mempengaruhi besarnya tekanan balik yang terjadi. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh diameter piringan katup limbah terhadap tekanan aliran balik dalam pipa penggerak pompa hidram. Penelitian menggunakan variasi diameter piringan katup limbah 35 mm, 40 mm, 45 mm, 50 mm, dan 53 mm. Penelitian dilakukan dengan menggunakan kamera berkecepatan tinggi yaitu 960 fps, untuk merekam aliran balik yang sudah disemprotkan gliter sebelumnya. Sehingga didapatkan jarak pergerakan gliter untuk mendapat kecepatan dan pada akhirnya mendapat tekanan. Hasil dari penelitian menunjukkan diameter piringan katup limbah berpengaruh terhadap tekanan balik yang terjadi. Dimana head tekanan tertinggi terjadi pada diameter piringan katup limbah 40 mm sebesar 42.76 N/m<sup>2</sup>. Diikuti dengan debit pemompaan terbesar pada diameter piringan 42.88 mm sebesar 2.3 liter/menit. Selain tekanan, semakin besar diameter piringan katup limbah akan meningkatkan frekuensi dan efisiensi pompa hidram. Namun debit pembuangan menurun seiring bertambahnya diameter piringan.

**Kata kunci** : Pompa hidram, katup limbah, diameter piringan katup, tekanan balik.

### Abstract

*Hydrum pump works by utilizing the water hammer process. Water hammer that take place some water flow into the air tube and some other will back into the drive pipe. The waste valve disk diameter affects the flow rate and the pressure force inside the pump body, so that it will affect the back pressure. Therefore it is necessary to conduct further research on the effect of the waste valve disk diameter to backflow pressure in the hydrum pump drive pipe. The work used variations in diameter of 35 mm, 40 mm, 45 mm, 50 mm, and 53 mm. The flow pattern was recorded using a high-speed camera with 960 fps. The water was mixing with glitters. The glitter movement distance is obtained to get the speed and then its pressure. The results that show the diameter of the waste valve influences the back pressure. Finally the highest pressure is on the disk diameter 40 mm at 42.76 N/m<sup>2</sup>. Furthermore, the largest pumping debit was on a 42.88 mm disk diameter at 2.3 liters/minute. In addition, the larger valve disk diameter cause the higher frequency and efficiency. However, the waste debit decreases with increasing disk diameter.*

**Keywords**: Hydrum pump, waste valve, valve disk diameter, pressure back.

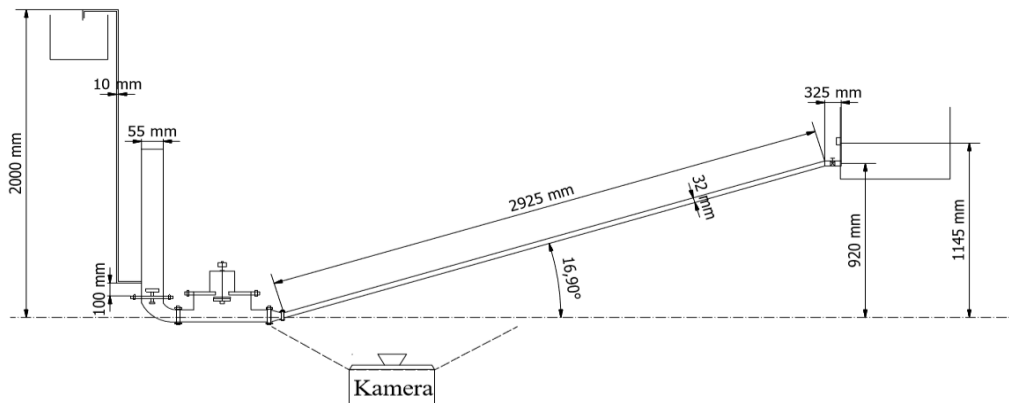
## 1. PENDAHULUAN

Pompa hidram adalah sebuah pompa yang tidak perlu menggunakan listrik atau bahan bakar lain dalam pengoperasiannya melainkan dengan menggunakan energi potensial dari suatu sumber air yang akan dialirkan sebagai daya penggerak tanpa menggunakan sumber energi luar [1] sehingga sebagian air dapat diangkat menuju tempat yang lebih tinggi. Pompa hidram bekerja berdasarkan prinsip palu air [2]. Dimana gelombang palu air ini dipengaruhi oleh kecepatan aliran [3].

Pompa hidram pertama kali dibuat oleh John Whitehurst seorang peneliti asal Inggris pada tahun 1772 [4]. Pompa hidram memiliki dua bagian bergerak yaitu katup limbah (*waste valve*) dan katup pengantar (*delivery valve*). Di dalam pompa hidram ini juga terdapat bagian-bagian lain diantaranya pipa penggerak (*drive*), pipa pengantar (penyalur), tabung udara dan bodi pompa [5]. Diameter piringan mempengaruhi laju aliran dan gaya tekan di dalam badan pompa sehingga akan mempengaruhi besarnya tekanan balik yang terjadi, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai diameter piringan katup limbah terhadap tekanan balik pada pipa *drive* yang dilakukan pada pompa hidram dengan bahan akrilik untuk dapat dilihat dan mengukur pergerakan air sebagai fluida kerja dengan ditambahkan glitter serta direkam menggunakan kamera berkecepatan tinggi yaitu 960 fps. Rekaman gambar digital membantu untuk menyelesaikan masalah yang berhubungan dengan aliran fluida [6]. Diameter piringan katup limbah divariasikan sesuai dengan diameter lubang katup limbah yaitu 32 mm, maka variasi yang digunakan yaitu 35 mm, 40 mm, 45 mm, 50 mm, dan 53 mm. Sehingga nantinya didapat diameter piringan yang optimal.

## 2. METODE

### 2.1. Skema Penelitian



Gambar 1. Skema instalasi penelitian tekanan balik pada pompa hidram

Skema instalasi penelitian seperti pada Gambar 1. Penelitian ini menggunakan pompa hidram yang dibuat dari bahan akrilik dan menggunakan media berupa glitter yang disemprotkan dengan suntikan yang ditambah selang kecil, dimasukkan melalui *supply tank* agar aliran balik yang terjadi dapat dilihat secara langsung dan direkam menggunakan kamera digital berkecepatan tinggi yaitu 960 fps (*frame per second*). Berikut variasi ukuran diameter *disk* ( $D_d$ ) katup limbah dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai variabel bebas, sedangkan variabel terikatnya adalah diameter lubang plat datar ( $D_h$ ) = 32 mm, panjang langkah ( $s$ ) = 4 mm, dan massa katup limbah yang bergerak ( $m$ ) = 350 gram

Tabel 1. Variasi ukuran diameter *disk* katup limbah pompa hidram

Variasi	$D_b$ (mm)	$D_h$ (mm)	$D_d$ (mm)
I	55	32	35
II	55	32	40
III	55	32	45
IV	55	32	50
V	55	32	53

Selain data berupa video, penelitian ini juga mengamati frekuensi pergerakan katup limbah (F), debit pemompaan ( $Q_p$ ), dan debit pembuangan ( $Q_w$ ).

## 2.2. Metoda Pengolahan Data

Data yang diolah adalah berupa gambar maka digunakan *software Free Video to JPG Converter* untuk mengekstrak video aliran balik menjadi *frame-frame* secara terpisah. Kemudian dilakukan pengukuran jarak pergerakan gliter dalam proses aliran balik yang dilakukan dengan menggunakan *software Image-J*. Dengan mengetahui panjang jejak dari partikel gliter tersebut kemudian dibagi dengan *shutter speed* dari kamera Sony RX 100 IV 960 fps yang digunakan sehingga didapat sebuah kecepatan. Sesuai dengan persamaan 1.

$$v = \frac{s}{t} \quad (1)$$

Dimana  $v$  adalah kecepatan fluida (m/s);  $s$  adalah jarak pergerakan gliter (m); dan  $t$  adalah waktu atau *shutter speed* kamera (s).

Setelah kecepatan didapat dan aliran dinamis maka head tekanan dapat dicari melalui persamaan :

$$P_H = \frac{1}{2}\rho v^2 \quad (2)$$

Dimanavadalah kecepatan fluida (m/s);  $P_H$  adalah head tekanan ( $N/m^2$ ); dan  $\rho$  adalah massa jenis fluida ( $1000 \text{ kg}/m^3$ )

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Aliran Balik

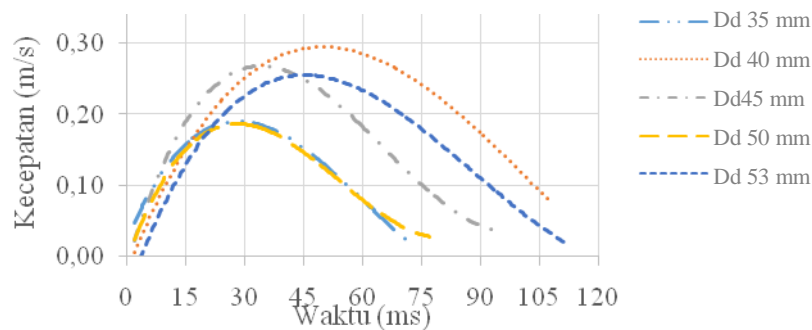
Aliran balik (*pressure back*) dalam siklus kerja pompa hidram terjadi pada tahap *delivery*. Pada tahap ketiga ini semua katup dalam kondisi tertutup. Termasuk katup tekan yang semula terbuka kembali tertutup akibat tekanan udara pada tabung udara. Akibat semua katup tertutup terjadi tekanan balik (*pressure back*) menuju pipa penggerak, air yang telah berada pada badan pompa hidram akan bergerak berbalik arah menuju pipa penggerak.

### 3.2. Analisis Data

Jarak perpindahan gliter pada proses aliran balik yang diukur menggunakan *software image-J* dengan menandai pergerakan partikel pada *frame* dalam siklus aliran balik dari video yang telah dirubah menjadi 960 *frame* menggunakan *software Free Video to JPG Converter*, kemudian jarak tersebut akan dibagi dengan waktu pengambilan video (*shutter speed*) untuk mendapatkan kecepatan aliran balik yaitu 1/960. Dalam penelitian ini pengambilan video *slow motion* berlangsung selama 2 detik, sedangkan video dikonversi menjadi 960 gambar sehingga waktu yang digunakan untuk mencari kecepatan  $2/960 = 0.002$  detik. Kemudian kecepatan aliran balik dapat dilihat pada Gambar 2.

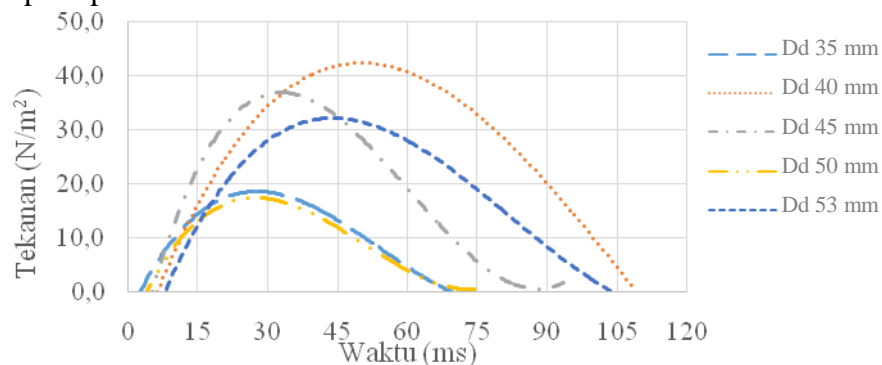
Pada Gambar 2 dapat diketahui titik puncak kecepatan terjadi pada waktu yang berbeda dalam setiap variasi diameter *disk* katup limbah. Dimana titik puncak kecepatan pada diameter 35 mm dan 50 mm terjadi pada waktu 28 milidetik, kemudian diameter 45 mm mencapai titik puncak pada waktu 35 milidetik, selanjutnya diameter 53 mm pada 45 milidetik, dan yang terlama mencapai titik puncak adalah diameter *disk* 40 mm dengan waktu 50 milidetik.

Dimana frame yang diambil hanya saat aliran balik terjadi, yaitu pada frame 544-578 untuk diameter 35 mm, frame 406-456 untuk diameter 40 mm, frame 794-838 untuk diameter 45 mm, frame 199-235 untuk diameter 50 mm, dan frame 763-816 untuk diameter 53 mm.



Gambar 2. Grafik pengaruh diameter piringan katup limbah terhadap kecepatan aliran balik pada pipa penggerak pompa hidram

Berdasarkan kecepatan aliran balik tersebut maka head tekanan dapat diketahui dengan persamaan (2) seperti pada Gambar 3.

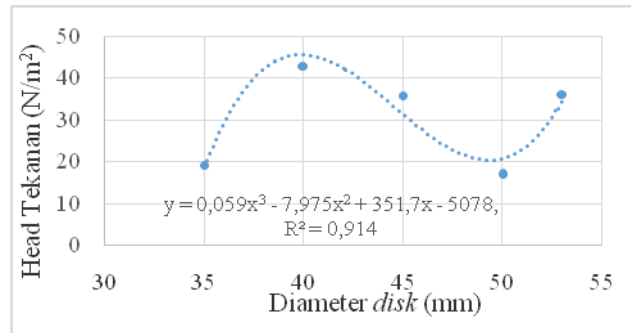


Gambar 3. Grafik pengaruh diameter piringan katup limbah terhadap tekanan aliran balik pada pipa penggerak pompa hidram

Dalam grafik diatas dapat diketahui bahwa waktu untuk mencapai titik puncak atau head tekanan maksimal pada setiap diameter *disk* tidak sama. Dimana diawali dengan diameter *disk* 50 mm mencapai titik puncak pada waktu 25.82 milidetik dengan head tekanan maksimalnya hanya sebesar 16.37 N/m<sup>2</sup>. Kemudian diameter *disk* 35 mm titik puncaknya dicapai pada waktu 28.46 milidetik dengan head tekanan maksimalnya yaitu 19.1 N/m<sup>2</sup>. Diameter *disk* 45 mm pada waktu 31.37 milidetik dengan head tekanan maksimalnya sebesar 35.72 N/m<sup>2</sup>. Diameter 53 mm pada 44.67 milidetik dengan head tekanan maksimal sebesar 36.1 N/m<sup>2</sup>, dan yang terlama mencapai head tekanan maksimal adalah diameter *disk* 40 mm pada waktu 50.56 milidetik dengan head tekanan maksimal pada 42.76 N/m<sup>2</sup>, sebagai head tekanan maksimum.

Selain itu, panjang grafik setiap variasi diameter *disk* juga berbeda-beda. Panjang grafik di sini menunjukkan lama atau cepatnya aliran balik yang terjadi. Dimana aliran balik terlama terjadi pada diameter 53 mm selama 113 milidetik, diameter 40 mm 108 milidetik, selanjutnya diameter 45 mm selama 94 milidetik, kemudian diameter 50 mm selama 77 milidetik, dan yang paling cepat yaitu diameter 35 mm selama 73 milidetik.

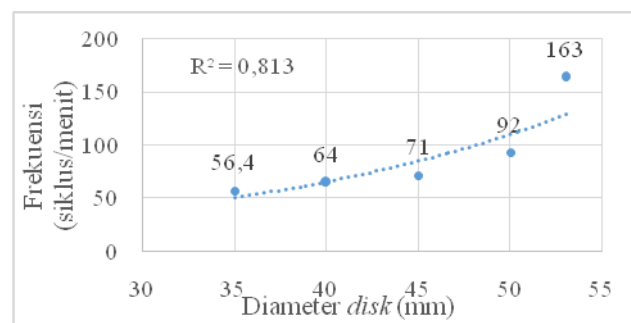
Sedangkan tekanan maksimal pada masing-masing diameter *disk* dapat dilihat pada Gambar 4 yang menunjukkan head tekanan tertinggi terjadi pada diameter *disk* 40 mm sebesar 42.76 N/m<sup>2</sup>.



Gambar 4. Grafik pengaruh diameter piringan katup limbah terhadap head tekanan aliran balik pada pipa penggerak pompa hidram

### 3.3. Frekuensi Pergerakan Katup Limbah

Frekuensi pergerakan katup limbah didapat dengan menghitung secara manual banyaknya pergerakan katup limbah selama 1 menit sebanyak 5 kali kemudian dirata-ratakan, sehingga frekuensi pada variasi diameter *disk* katup limbah dapat dilihat pada Gambar 5.



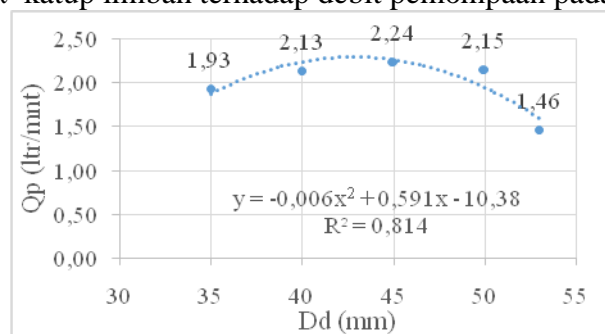
Gambar 5. Grafik pengaruh diameter *disk* katup limbah terhadap frekuensi pergerakan katup limbah pompa hidram

Berdasarkan Gambar 5 terlihat adanya peningkatan pergerakan katup, semakin besar diameter *disk* katup limbah maka frekuensi pergerakan katup limbah semakin meningkat, itu disebabkan karena diameter *disk* katup limbah yang semakin besar membuat air yang menekan *disk* katup limbah lebih banyak, sehingga gaya tekan yang terjadi akan semakin besar maka katup limbah lebih cepat menutup.

### 3.4. Unjuk Kerja Pompa Hidram

#### 3.4.1 Debit Pemompaan

Debit pemompaan ( $Q_p$ ) dicari dengan membagi volume air yang masuk ke reservoir sebanyak 1 liter terhadap waktu. Sehingga debit pemompaan dapat dilihat dalam grafik pengaruh diameter *disk* katup limbah terhadap debit pemompaan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik pengaruh diameter *disk* katup limbah pompa hidram terhadap debit pemompaan

Berdasarkan grafik pada Gambar 6 terlihat debit pemompaan mengalami peningkatan pada diameter *disk* antara 40 mm dan 45 mm. Titik puncak tersebut dapat dicari dengan persamaan kuadrat dari *trendline* grafik, yaitu :

$$y = -0.0069x^2 + 0.5918x - 10.381$$

Dimana :  $a = -0.0069$ ;  $b = 0.5918$ ;  $c = -10.381$  maka :

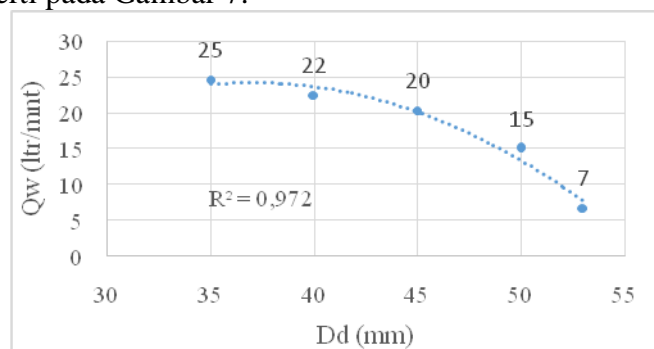
$$x = \frac{-b}{2a} = \frac{-0.5918}{2(-0.0069)}$$

$$y = -0.0069(42.88)^2 + 0.5918(42.88) - 10.381 = 2.309$$

Nilai  $x$  adalah diameter *disk* dan nilai  $y$  adalah debit pemompaan, sehingga titik puncak debit pemompaan adalah 2.309 liter/menit pada diameter *disk* 42.88 mm.

### 3.4.2 Debit Pembuangan

Debit pembuangan dicari dengan membagi volume air pembuangan sebanyak 5 liter terhadap waktu. Seperti pada Gambar 7.

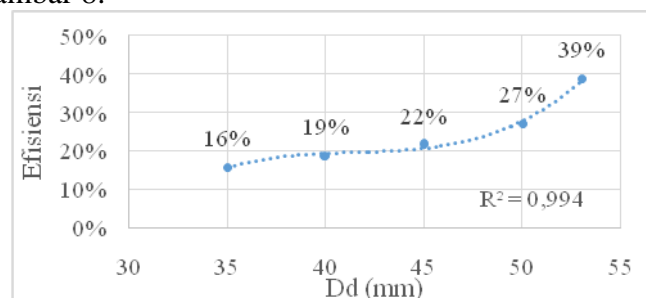


Gambar 7. Grafik pengaruh diameter *disk* katup limbah pompa hidram terhadap debit pembuangan

Pada Gambar 7 dapat dilihat pada diameter *disk* katup limbah 35 mm debit pembuangan ( $Q_w$ ) sebesar 25 liter/menit dan diameter 53 mm sebesar 7 liter/menit, jadi dapat disimpulkan semakin besar ukuran diameter *disk* katup limbah maka debit pembuangan semakin menurun. Ini disebabkan karena jika diameter *disk* lebih besar maka akan semakin mendekati badan pompa yang memiliki diameter 55 mm sehingga air lebih sedikit keluar melalui lubang katup limbah. Sesuai dengan persamaan kontinuitas.

### 3.4.3 Efisiensi

Tinggi bak (*supply tank*) 0,92 meter dan reservoir 2 meter, untuk mengetahui besarnya efisiensi pompa hidram selanjutnya yang perlu diketahui adalah debit pemompaan ( $Q_p$ ) dan debit air penggerak pompa ( $Q_s = Q_p + Q_w$ ). Sehingga efisiensi pompa hidram dapat dilihat dalam grafik pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik pengaruh diameter piringan katup limbah terhadap efisiensi pompa hidram

Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat pada diameter *disk* 35 mm efisiensinya sebesar 16% sebagai efisiensi terkecil dan terus meningkat sampai pada diameter 53 mm efisiensinya terbesar yaitu 39% ini dipengaruhi oleh debit pembuangan yang menurun sehingga

efisiensinya meningkat. Maka dapat disimpulkan bahwa jika diameter piringan semakin besar maka efisiensi dari pompa hidram semakin meningkat.

#### 4. SIMPULAN

Diameter *disk* katup limbah berpengaruh signifikan terhadap head tekanan aliran balik dalam pipa penggerak pompa hidram. Head tekanan aliran balik tertinggi terjadi pada diameter *disk* katup limbah 40 mm yaitu  $42.76 \text{ N/m}^2$  diikuti dengan debit pemompaan terbesar pada diameter *disk* 42.88 mm sebesar 2.309 liter/menit.

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian tentang pengaruh variasi panjang pipa penggerak (*drive*) atau sudut kemiringan pipa penggerak terhadap tekanan aliran balik dalam pipa penggerak pompa hidram.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih terutama kepada Bapak Ir. Made Suarda, M.Eng dan Bapak Ainul Ghurri, ST, MT, Ph.D yang telah membimbing dalam penelitian ini. Penulis juga berterimakasih kepada keluarga yang telah banyak mendukung baik doa dan biaya hingga selesainya penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suarda, Made dan Wirawan IKG. *Kajian Eksperimental Pengaruh Tabung Udara pada Head Tekanan Pompa Hidram*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM Vol. 2 No. 1, Juni 2008.
- [2] Pasek Sandi Darsana I Putu, Suarda Made, Ghurri Ainul. *Visualisasi Pola Aliran Air Di Sekitar Katup Limbah Pompa Hidram Dengan Variasi Diameter Piringan Katup Limbah*. Prosiding Konferensi Nasional Engineering Perhotelan IX - 2018 (203-210). ISSN 2338 – 414X. 2018.
- [3] Bochari, Joleha, Nurdin dan Amril. *Fenomena Palu Air (Water Hammer) Menggunakan Pendekatan Model Fisik*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru 28293. 2007.
- [4] Muhaimin dkk. *Pengaruh Ketinggian Sumber Air Terhadap Efisiensi Pompa Hidram*. Widya Teknika Vol. 24 No. 2. 2016.
- [5] Mohammed Shuaibu Ndache. *Design and Construction of a Hydraulic Ram Pump*. Nigeria. ISSN 1583-1078. 2007.
- [6] Srisha Rao, M.V and Jagadeesh, G. *Visualization and Image Processing of Compressible Flow in a Supersonic Gaseous Ejector*. Journal of the Indian Institute of Science vol 93:1.2013.