

## Studi Eksperimental Pengaruh Diameter Katup Limbah dan Diameter Katup Pengantar terhadap Efisiensi Pompa Hidram 3 Inchi

<sup>1)</sup> Muhamad Jafri, <sup>2)</sup> Jefri S. Bale, <sup>3)</sup> Alionvember R. Thei  
<sup>1,2,3)</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana  
Jl. Adi Sucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597  
Email: jafri\_muhamad@gmail.com

### ABSTRAK

Pompa hidram merupakan suatu alat yang digunakan untuk menaikkan air dari tempat bertekanan rendah ke tempat bertekanan tinggi secara automatic dengan energi yang berasal dari air itu sendiri. Mekanisme kerja pompa hidram adalah melipat gandakan kekuatan pukulan air dalam tabung udara, dimana terjadi perubahan energi kinetic air menjadi tekanan dinamik yang menimbulkan palu air. Tekanan dinamik akan diteruskan ke dalam tabung udara yang berfungsi sebagai penguat. Penelitian mengenai pompa hidram telah banyak dilakukan, akan tetapi masih banyak pula yang perlu dikaji sehingga pengetahuan tentang perencanaan pompa hidram akan lebih baik. Dari pengujian dan analisis yang telah dilakukan disimpulkan bahwa variasi diameter katup limbah dan diameter katup pengantar sangat berpengaruh terhadap kinerja pompa hidram. Efisiensi tertinggi terdapat pada variasi diameter katup limbah 2,75 inchi pada diameter katup pengantar 2,2 inchi sebesar 67,66 % untuk efisiensi *D'Aubuisson*, dan 65,35 % untuk efisiensi *Rankine*. Sedangkan efisiensi terendah terdapat pada variasi diameter katup limbah 2,25 inchi dengan diameter katup pengantar 0,6 inchi sebesar 36,14 % untuk efisiensi *D'Aubuisson*, dan 33,80 % untuk efisiensi *Rankine*, yang tidak jauh berbeda pada diameter katup limbah 2 inchi dan katup pengantar 0,6 inchi sebesar 36,28 % untuk efisiensi *D'Aubuisson* dan 33,93 % untuk efisiensi *Rankine*.

*Kata kunci: Diameter katup limbah, diameter katup pengantar, efisiensi pompa*

### ABSTRACT

*Hydraulic ram is a tool that met to drive water from lower to a higher place with the energy that comes from the water itself. The mechanism rules of hydraulic ram is double the force of the blow water in the air tube, when there is happen a changing kinetic energy of water become dynamic pressure that make water hammer. Dynamic pressure will be continue into the air tube that funetion as a strengthener. Recearch with the same object have been done in many places but it is still need more information about hydraulic ram and it's planning. From the experiment and analysis has been done the concluded that the variation of waste valve diameter and conductor valve diameter are very influential by tyhe performance of hydraulic ram. The highest efficiency be found in variation of waste valve diameter 2,75 inch at conductor valve diameter 2,2 inch as big as 67,66 % to *D'Aubuisson* efficiency, and 65,35 % to *Rankine* efficiency. Maenwhile the lowest efficiency be found waste valve diameter 2,25 inch at conductor valve diameter 0,6 inch at big as 36,14 % of *D'Aubuisson* efficiency, and 33,80 % of *Rankine* efficiency. There is no significant different of valve diameter 2 inch and conductor valve 0,6 inch indicate by 36,14 % of *D'Aubuisson* efficiency, and 33,80 % of *Rankine* efficiency, there is significant different of valve diameter 2 inch and conductor valve 0,6 inch as big as 36,28 % of *D'Aubuisson* efficiency and 33,93 % of *Rankine* efficiency.*

*Keywords: The waste valve diameter, conductor valve diameter, the pump efficiency*

### PENDAHULUAN

Air merupakan materi yang penting dalam kehidupan manusia, hewan maupun tumbuh-tumbuhan. Air juga merupakan sumber tenaga yang disediakan oleh alam sebagai pembangkit tenaga mekanis. Kenyataan

menunjukkan bahwa ada banyak daerah di pedesaan yang mengalami kesulitan penyediaan air, baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun untuk kegiatan pertanian (Hanafie, J., de Longh. H, 1979). Untuk itu perlu adanya upaya yang bisa mengatasi kebutuhan tersebut.

Salah satu upaya untuk mengatasi

kesulitan air, terutama di daerah yang elevasinya lebih tinggi dari sumber air adalah dengan menggunakan pompa. 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 (BBM) sehingga membutuhkan biaya tambahan dalam pengoperasiannya. Sedangkan pada saat ini penggunaan bahan bakar minyak mulai dibatasi dengan alasan semakin menipisnya sumber energi mineral dan isu lingkungan hidup. Hal ini juga disebabkan karena keadaan ekonomi masyarakat yang masih terbatas dan juga membutuhkan tenaga ahli dan terampil untuk menggunakan mesin-mesin pompa tersebut.

Salah satu alternatifnya adalah membuat teknologi pompa yang tidak menggunakan tenaga motor listrik maupun *diesel* yaitu pompa hidram yang bekerja secara hidraulik tanpa menggunakan bahan bakar minyak (Wahyud, S. Imam., Fauzi Fahrudin, 2008). Penggunaan pompa hidram memiliki keuntungan dibandingkan penggunaan jenis pompa lain, yaitu tidak membutuhkan bahan bakar atau tambahan tenaga dari sumber lain, tidak membutuhkan ketrampilan tinggi untuk membuatnya, biaya pembuatan dan pemeliharannya relatif murah, pembuatannya cukup mudah dan dapat bekerja dua puluh empat jam per hari.

Pompa hidram adalah pompa yang energi atau penggerakannya berasal dari hantaman air yang masuk ke dalam pompa melalui pipa. Masuknya air ke dalam pompa harus berlangsung secara kontinyu, karena pompa ini tidak menggunakan BBM atau tanpa motor listrik. Sehingga pompa ini disebut juga "Pompa Air Tanpa Motor" (*Motorless Waterpump*). Pompa hidram bekerja dengan sistem pemanfaatan tekanan dinamik atau gaya air yang timbul karena adanya aliran air dari sumber air ke pompa, gaya tersebut dipergunakan untuk menggerakkan katup yang bekerja dengan frekuensi tinggi, sehingga diperoleh gaya untuk mendorong air ke atas.

Katup limbah merupakan salah satu komponen penting dari pompa hidram yang

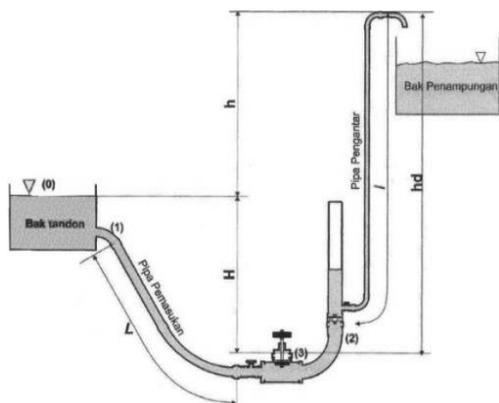
berfungsi untuk mengubah energi kinetik fluida kerja yang mengalir melalui pipa pemasukan menjadi energi tekanan dinamis fluida yang akan menaikkan fluida kerja menuju tabung udara. Oleh sebab itu, katup limbah harus dirancang dengan baik sehingga berat dan gerakannya dapat disesuaikan. Selain itu, salah satu komponen pompa hidram adalah katup pengantar, yang merupakan sebuah katup satu arah yang berfungsi untuk menghantarkan air dari badan hidram menuju tabung udara untuk selanjutnya menuju tengki penampungan. Katup pengantar harus mempunyai lubang yang besar sehingga memungkinkan air yang dipompa memasuki ruang udara tanpa hambatan pada aliran kedua katup ini mempunyai fungsi yang sangat penting untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi dari pompa hidram sehingga harus diperhatikan berat dan diameter dari kedua katup tersebut (Hanafie, J., de Longh. H, 1979).

Berbagai peneliti telah melakukan penelitian mengenai pompa hidram. Salah satunya (Waroni R, 2009) melakukan penelitian dengan judul "Perancangan dan Pembuatan Pompa Hidram untuk Desa Kluwih Kecamatan Tulakan Kabupaten Pacitan (Pengujian Terhadap Variasi Volume Tabung)". Hasil penelitian menunjukan tiga variasi volume tabung yang digunakan yaitu, 3,927 ml; 3,142 ml dan 2,356 ml, efisiensi maksimal adalah 22,65 % pada variasi 3,927 ml. tidak terlepas dari hasil tersebut, disarankan bagi peneliti selanjutnya, bahwa untuk mendapatkan debit air yang besar maka luas penampang pada katup pengantar harus dibuat besar, dan dari bahan yang tahan korosi agar katup pengantar tersebut lebih bertahan lama.

Tujuan penelitian untuk menganalisa pengaruh pengaruh diameter katup limbah dan diameter katup pengantar terhadap efisiensi pompa hidram 3 inch.

## POMPA HIDRAM

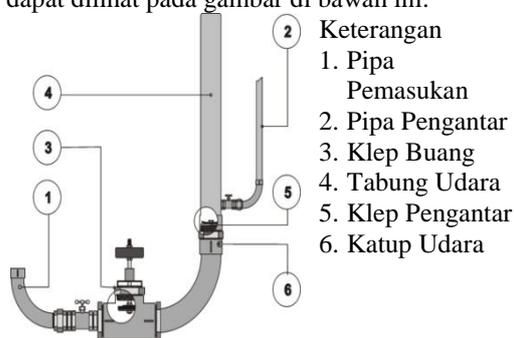
Sistem instalasi pada pemasangan pompa hidram terdiri atas beberapa bagian penting antara lain, seperti yang terlihat pada Gambar 1 di bawah ini :



Gambar 1. Instalasi Pompa Hidram (Sumber: Tessema, 2000)

**Komponen pompa hidram**

Komponen-komponen dari pompa hidram dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Bagian utama pompa hidram (Sumber: Hanafie dan Longh, 1979)

**Debit Pompa, Q**

Debit adalah volume air yang melalui suatu penampang dalam satu satuan waktu. Debit dinyatakan dengan rumus (White, F 1988):

$$Q = \frac{V}{t}$$

dimana :

Q = debit aliran (m<sup>3</sup> / s )

V = volume aliran (m<sup>3</sup> )

t = waktu (s)

**Bilangan Reynolds**

Bilangan Reynolds merupakan perbandingan gaya-gaya inersia dengan gaya-gaya kekentalan. Bilangan Reynold digunakan untuk menentukan jenis aliran, apakah aliran

turbulen, laminer atau transisi. Bilangan ini ditentukan dengan persamaan (Streeter, V. E., and Wylie, E.B dalam Priyono A, 1993) :

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

dimana:

$\rho$  = Rapat massa fluida (kg/m<sup>3</sup>)

v = Kecepatan aliran (m/det)

D = Diameter pipa (m)

$\mu$  = Kekentalan absolut (kg/m.det)

**Head Pompa**

Head pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa. Persamaan head pompa atau tinggi tekan pompa dapat ditulis sebagai berikut (Sularso dan Tahara, 2004) :

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{1}{2g}(v_d^2 - v_s^2)$$

dimana :

H = head pompa (m)

$h_a$  = head statis pompa (m) Head ini adalah perbedaan tinggi antara muka air di sisi keluar dan sisi isap.

$\Delta h_p$  = perbedaan head tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air,  $\Delta h_p = 0$ , jika kedua sisi muka air berhubungan dengan udara

$h_l$  = kerugian gesek dan berbagai kerugian minor seperti kerugian bentuk ujung pipa, kerugian katup, kerugian belokan dan kerugian sambungan (m).

$v_d$  = kecepatan aliran rata-rata sisi keluar (m/s)

$v_s$  = kecepatan aliran rata-rata sisi isap (m/s)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

**Major Losses**

Major losses adalah kerugian yang disebabkan karena gesekan dengan dinding pipa pada aliran seragam. Persamaan yang umum digunakan dalam menghitung besarnya head loss karena gesekan dalam pipa adalah persamaan Darcy-Weisbach (Munson, B.R., Young, D.F., Okiishi, T.H., 2005):

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \Rightarrow f = 0,020 + \frac{0,0005}{D}$$

di mana:

$h_f$  = head loss karena gesekan (m)

- $f$  = faktor gesekan
- $g$  = percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)
- $L$  = panjang pipa (m)
- $D$  = diameter pipa (m)
- $V$  = kecepatan rata-rata aliran dalam pipa.

*Minor Losses*

Selain kehilangan energi akibat gesekan, terjadi pula kehilangan energi akibat perubahan penampang saluran, sambungan-sambungan, belokan, katup, dan aksesoris yang lain. Kehilangan-kehilangan energi ini disebut sebagai kehilangan tinggi energi minor atau *minor head loss* (Sularso., Tahara, H., 2004).

- *Head loss* karena bentuk ujung masuk pipa
- *Head loss* karena keni
- *Head loss* karena belokan
- *Head loss* akibat katup
- *Head loss* karena pengecilan penampang pipa secara mendadak
- *Head loss* karena ujung keluar pipa

Efisiensi Pompa Hidram :

Untuk mengetahui efisiensi pompa hidram, dalam penelitian ini digunakan dua persamaan efisiensi yaitu efisiensi *D'Aubuisson* dan efisiensi *Rankine*.

*Efisiensi D'Aubuisson*

Untuk mengetahui efisiensi pompa hidram dalam penelitian ini digunakan dua persamaan efisiensi yaitu efisiensi *Rankine* dan efisiensi *D'Aubuisson*. Efisiensi menurut *Rankine* merupakan perbandingan antara selisih tinggi tekan isap dan sisi buang dikali kapasitas pengisapan, dengan tinggi tekan isap dikalikan kapasitas air yang dipindahkan (A. M. Michael and S. D. Kheper, 1997).

$$\eta_D = \frac{(Q_p \times h_d)}{(Q_p + Q_w)h_s} \times 100 \%$$

dimana :

- $\eta_D$  = efisiensi pompa hidram (%)
- $Q_p$  = debit air hasil pemompaan (m<sup>3</sup>/s)
- $Q_w$  = debit air yang terbuang melalui katup limbah (m<sup>3</sup>/s)
- $h_s$  = Tinggi jatuh air (m)
- $h_d$  = Tinggi angkat pemompaan (m)

*Efisiensi Rankine*

Efisiensi menurut *Rankine* merupakan perbandingan antara selisih tinggi tekan isap dan sisi buang dikali kapasitas pengisapan, dengan tinggi tekan isap dikalikan kapasitas air yang dipindahkan (A. M. Michael and S. D. Kheper, 1997):

$$\eta_R = \frac{Q_p(h_d - h_s)}{(Q_w)h_s} \times 100 \%$$

dimana :

- $\eta_R$  = efisiensi pompa hidram (%)
- $Q_p$  = debit air yang diangkat hidram (m<sup>3</sup>/s)
- $Q_w$  = debit air yang keluar dari katup pembuang (m<sup>3</sup>/s)
- $h_s$  = head efektif masukan (m)
- $h_d$  = head efektif pemompaan (m)

Regresi

Pada umumnya setiap analisis regresi didahului dengan analisis korelasi, tetapi setiap analisis korelasi belum tentu dilanjutkan dengan regresi (Sugiono, 2008). Dampak dari penggunaan analisis regresi dapat digunakan untuk memutuskan apakah naik atau menurunnya nilai dalam variabel terikat dapat dilakukan dengan menaikkan atau menurunkan nilai variabel bebas, atau untuk meningkatkan nilai variabel terikat dapat dilakukan dengan meningkatkan nilai variabel bebas dan sebaliknya.

Analisis regresi linier sederhana digunakan untuk mengetahui pengaruh antara satu variabel bebas dengan satu variabel terikat. Bentuk umum regresi linier sederhana (Sugiono, 2008: 237):

$$Y = a + bX$$

di mana:

- $Y$  = nilai variabel terikat yang diprediksikan  $a$  = harga  $Y$  bila  $X = 0$  (harga kosten)
- $b$  = angka arah atau koefisien regresi
- $X$  = nilai variabel bebas

Koefisien regresi menunjukkan angka arah peningkatan atau penurunan variabel terikat yang didasarkan pada variabel bebas. Bila  $b (+)$  maka terjadi kenaikan, dan bila  $b (-)$  maka terjadi penurunan.

Harga  $a$  dan  $b$  dapat dicari dengan rumus

berikut (Sugiono, 2008: 238 – 239):

$$\alpha = \frac{(\Sigma Y)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)(\Sigma XY)}{n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}$$

$$b = \frac{n\Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}$$

di mana:

$\Sigma XY$  = jumlah produk dari X dan Y  
n = jumlah data

Harga *b* merupakan fungsi dari koefisien korelasi, bila koefisien korelasi tinggi maka harga *b* juga besar, sebaliknya bila koefisien korelasi rendah maka harga *b* juga rendah (kecil). Selain itu bila koefisien korelasi negatif maka harga *b* juga negatif, dan sebaliknya bila koefisien korelasi positif maka harga *b* juga positif (Sugiono, 2008: 212).

$$r_{XY} = \frac{n\Sigma XY - \Sigma X \Sigma Y}{\sqrt{[n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2][n\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}}$$

di mana:  $r_{XY}$  = koefisien korelasi antara variabel X dan Y

Harga koefisien korelasi tersebut selanjutnya diuji signifikansinya dengan membandingkan  $R_{tabel}$  pada tingkat kesalahan ( $\alpha$ ) tertentu. Bila  $R_{hitung}$  lebih kecil dari  $R_{tabel}$  maka hasil analisis korelasi dapat diterima dan dilanjutkan dengan analisis regresi sebaliknya bila  $R_{hitung}$  lebih besar dari  $R_{tabel}$  maka hasil analisis korelasi dapat ditolak.

#### Variabel Penelitian

##### Variabel tetap

- Ukuran Pompa 3 inchi.
- Diameter pipa masuk 3 inchi.
- Diameter pipa keluar 1 inchi.
- Tinggi tabung udara 0,8 meter.
- Tinggi angkat 10 m.
- Tinggi Jatuh 1 m.
- Massa katup Limbah 1,5 kg.
- Panjang Langkah 4 cm.
- Volume tabung 6,5 liter.

##### Variabel bebas

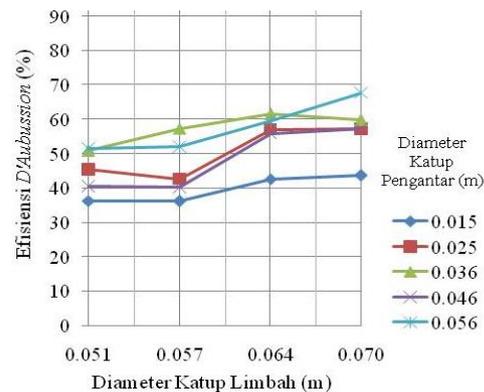
- Diameter dalam katup limbah 2 inchi, 2,25 inchi, 2,50 inchi dan 2,75 inchi
- Diameter katup pengantar 0,6 inchi, 1,0 inchi, 1,4 inchi, 1,8 inchi, dan 2,2 inchi.

#### Variabel terikat

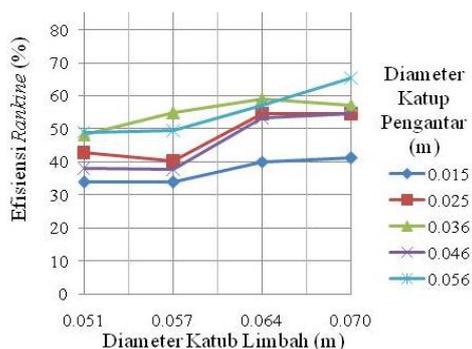
Variabel terikat yang dimaksud pada penelitian ini adalah debit dan efisiensi yang dihasilkan oleh pompa hidram.

## PEMBAHASAN

Berdasarkan Gambar 3 pengaruh diameter katup limbah dan diameter katup pengantar terhadap efisiensi pompa terlihat bahwa semakin besar diameter katup limbah dan diameter katup pengantar maka efisiensi pompa semakin meningkat. Efisiensi tertinggi terdapat pada variasi diameter katup limbah 0,070 m pada diameter katup pengantar 0,056 m sebesar 67,66 % untuk efisiensi *D'Aubuisson*. Sedangkan efisiensi terendah terdapat variasi diameter katup limbah 0,057 m pada diameter katup pengantar 0,015 m sebesar 36,14 % yang tidak jauh berbeda pada diameter katup limbah 0,050 m dan katup pengantar 0,015 m sebesar 36,28 %. Sedangkan berdasarkan hasil yang diperoleh dari perhitungan menggunakan rumus *Rankine*, tidak memiliki hasil yang berbeda jauh dengan perhitungan menggunakan rumus *D'Aubuisson* seperti yang terlihat pada grafik dibawah ini:



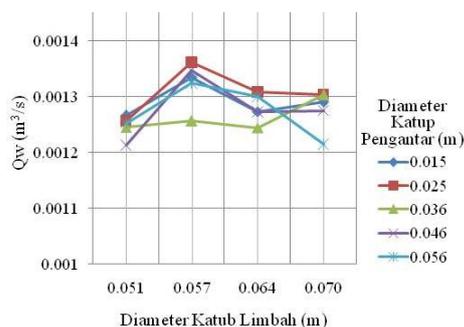
Gambar 3. Pengaruh diameter katup limbah dan diameter katup pengantar terhadap efisiensi (*D'aubuisson*) pompahidram



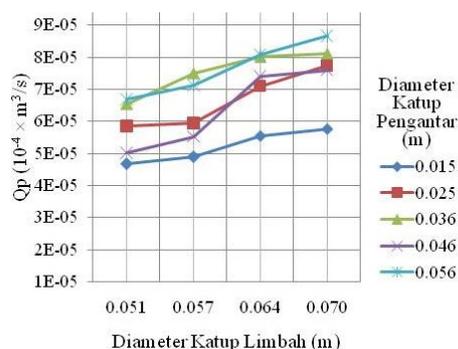
Gambar 4. Pengaruh Diameter Katup Limbah dan Diameter Katup Pengantar terhadap Efisiensi (Rankine) Pompa Hidram

Berdasarkan gambar di atas pengaruh diameter katup limbah dan diameter katup pengantar terhadap efisiensi pompa terlihat bahwa semakin besar diameter katup limbah dan diameter katup pengantar maka efisiensi pompa semakin meningkat. Dimana efisiensi tertinggi terdapat pada variasi diameter katup limbah 0,070 m pada diameter katup pengantar 0,056 m sebesar 65,35 % untuk efisiensi Rankine. Sedangkan efisiensi terendah terdapat variasi diameter katup limbah 0,057 m dan diameter katup pengantar 0,015 m sebesar 33,80 % yang tidak jauh berbeda pada diameter katup limbah 0,051 m dan katup pengantar 0,051 m yaitu sebesar 33,93 %.

Perubahan diameter pada katup limbah dapat mempengaruhi efisiensi pompa itu sendiri. Semakin besar diameter katup limbah maka efisiensi pompa semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena, jumlah debit yang terbuang ( $Q_w$ ) pada katup limbah tidak mengalami perubahan dan atau ada variasi yang menghasilkan jumlah debit yang sama namun debit hasil pemompaan ( $Q_p$ ) semakin besar. Hal tersebut dapat dilihat pada grafik hasil perubahan diameter katup limbah di bawah ini.



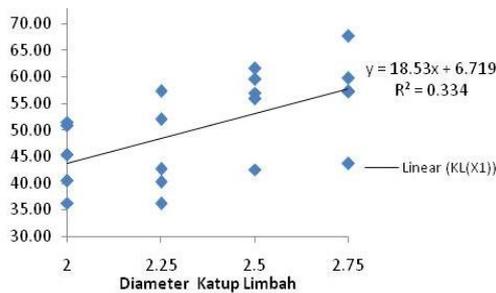
Gambar 5. Grafik debit limbah hasil pengujian



Gambar 6. Hasil pengujian untuk debit pemompaan

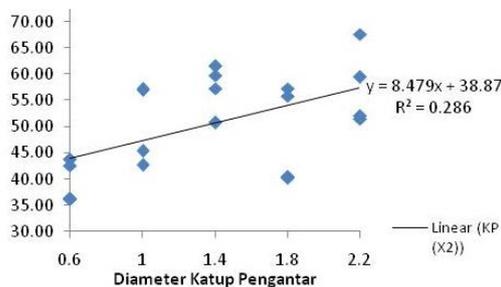
Berdasarkan Gambar 5 debit limbah di atas yang terjadi pada perubahan diameter katup limbah, besar kecilnya diameter katup limbah, kurang mempengaruhi jumlah debit limbah yang dihasilkan tetapi dapat mempengaruhi jumlah debit pemompaan, yang mengakibatkan efisiensi yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh kecepatan aliran yang masuk melalui pipa masuk tidak mengalami perubahan pada setiap variasi diameter katup limbah. Seperti yang terlihat pada Gambar 6 debit hasil pemompaan.

Berdasarkan Gambar 6 di atas, terlihat bahwa perubahan diameter katup limbah dapat mempengaruhi jumlah debit pemompaan begitu pula pada perubahan diameter katup pengantar. Jadi semakin besar diameter katup pengantar maka efisiensi pompa semakin meningkat dan juga pada katup limbah, semakin besar diameter katup limbah maka efisiensi yang diperoleh semakin meningkat, hal ini dibuktikan dengan perhitungan regresi, yang ditampilkan dalam bentuk Gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Regresi untuk Diameter Katup Limbah

Berdasarkan Gambar 7 di atas, factor diameter katup limbah mempengaruhi efisiensi pompa. Dimana koefisien determinasi ( $r^2$ ) =  $0,57^2 = 0,334$ , hal ini berarti nilai rata-rata efisiensi pompa hidram 33,42 % ditentukan oleh katup limbah, melalui persamaan regresi  $Y = 18,53 X + 6,719$ . Sisanya 66,58 % ditentukan oleh faktor lain.



Gambar 8. Regresi untuk diameter katup pengantar

Dari Gambar 8 di atas factor diameter katup pengantar berpengaruh terhadap efisiensi pompa. Dimana koefisien determinasi ( $r^2$ ) =  $0,53^2 = 0,286$ , hal ini berarti nilai rata-rata efisiensi pompa hidram 28,65 % ditentukan oleh diameter katup pengantar, melalui persamaan regresi  $Y = 8,479 X + 38,87$ . Sisanya 71,35 % ditentukan oleh faktor lain.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dan analisa data dapat disimpulkan bahwa efisiensi tertinggi terdapat pada variasi diameter katup limbah 0,070 m pada diameter katup pengantar 0,056 m sebesar 67,63 % untuk efisiensi *D'Aubuisson*, dan 65,32 % untuk efisiensi *Rankine*. Sedangkan efisiensi terendah terdapat variasi diameter katup limbah 2,25 pada diameter katup pengantar 0,6 inchi sebesar

36,11 % untuk efisiensi *D'Aubuisson*, dan 33,77 % untuk efisiensi *Rankine*, yang tidak jauh berbeda pada diameter katup limbah 2 inchi dan katup pengantar 0,6 inchi sebesar 36,26 % untuk efisiensi *D'Aubuisson* dan 33,90 % untuk efisiensi *Rankine*.

Efisiensi pompa berbanding lurus dengan debit hasil pemompaan dan berbanding terbalik dengan debit limbah yang dihasilkan. Contohnya dapat terlihat pada diameter katup limbah 0,064 m dan 0,070 dengan diameter katup pengantar yang sama yaitu 0,025. Menghasilkan debit terbuang yang tidak jauh berbeda yaitu  $0,00131 \text{ m}^3/\text{s}$  dan  $0,00130 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan debit hasil pemompaan yang sama yaitu  $0,000077 \text{ m}^3/\text{s}$ , menghasilkan efisiensi yang sama yaitu 57 %.

Diameter katup limbah mempengaruhi efisiensi pompa. Dimana koefisien determinasi ( $r^2$ ) =  $0,57^2 = 0,334$ , hal ini berarti nilai rata-rata efisiensi pompa hidram 33,42 % ditentukan oleh katup limbah, melalui persamaan regresi  $Y = 18,53 X + 6,70$ . Sisanya 66,58 % ditentukan oleh faktor lain. Diameter katup pengantar berpengaruh terhadap efisiensi pompa. Dimana koefisien determinasi ( $r^2$ ) =  $0,53^2 = 0,286$ , hal ini berarti nilai rata-rata efisiensi pompa hidram 28,65 % ditentukan oleh diameter katup pengantar, melalui persamaan regresi  $Y = 8,479 X + 38,87$ . Sisanya 71,35 % ditentukan oleh faktor lain.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. M. Michael, S. D. Kheper, 1997, *Water Well Pump Engineering*, McGraw Hill Publishing Compact Limited, New Delhi.
- [2] Hanafie, J., de Longh, H., 1979. *Teknologi Pompa Hidraolik Ram Buku Petunjuk Untuk Pembuatan dan Pemasangan*. PTP-ITB Ganesha, Bandung.
- [3] Munson, B.R., Young, D.F., Okiishi, T.H., 2005. *Mekanika Fluida*. Erlangga, Jakarta.
- [4] Streeter, V.E., and Wylie, E.B., 1993, *Mekanika Fluida*, Diterjemahkan Oleh Priyono, A., M.S.E., Erlangga, Jakarta.
- [5] Sugiono, 2008. *Metode Penelitian Administrasi Dilengkapi Dengan Metode R & D*. Alfabeta, Jakarta.

- [6] Sularso,. Tahara, H,. 2004. *Pompa Dan Kompresor Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*. Pradya Paramita, Jakarta.
- [7] Tessema, A.A,. 2000, *Hydraulic Ram Pump System Design And Application, ESME 5th Annual Conference on Manufacturing and Process Industry*.
- [8] Wahyud, S. Imam., Fauzi Fahrudin, 2008, *Korelasi Tekanan dan Debit Air Pompa Hidram Sebagai Teknologi Pompa Tanpa Bahan Bakar Minyak*, Semarang: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UNISSULA.
- [9] Waroni, Rofit, 2009, *Perancangan dan Pembuatan Pompa Hidram untuk Desa Kluwih Kecamatan Tulakan Kabupaten Pacitan*, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Surabaya.
- [10] White, Frank M., Manahan Hariandja. 1988. *Mekanika Fluida* (Terjemahan). Jilid II, Penerbit Erlangga, Jakarta.

