

## **PENGARUH UKURAN TABUNG UDARA DENGAN TINGGI PIPA KELUARAN 7 METER TERHADAP EFISIENSI POMPA HIDRAM DOUBLE KATUP LIMBAH**

*Robin Diyener Takain, Defmit B. N. Riwu, Adi Y. Tobe, Dominggus G. H. Adoe*  
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains Dan Teknik, Universitas Nusa Cendana  
Jalan Adisucipto, Penfui Kupang, Nusa Tenggara Timur  
E-mail : rdiyener@gmail.com

### **Abstrak**

*Tujuan dari penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh ukuran tabung udara terhadap efisiensi pompa hidram PVC double katup limbah. Pompa hidram yang digunakan dalam penelitian ini memiliki diameter pipa masukan 2 inci dan diameter pipa keluaran ½ inci. Variasi tinggi tabung udara yang dilakukan adalah 100 cm, 120 cm dan 140 cm. Sedangkan tinggi pipa keluaran yang dilakukan adalah 7 m. Hasil penelitian ini menunjukkan efisiensi tertinggi yang diperoleh terdapat pada tinggi tabung udara 140 cm dengan tinggi pipa keluaran 7 m yaitu 81,9 % dan efisiensi terendah yang diperoleh terdapat pada tinggi tabung udara 100 cm yaitu 70,24 %. Penambahan tinggi ukuran tabung udara dapat meningkatkan efisiensi pompa hidram. Hal ini terjadi karena rongga udara yang besar menambah tekanan air melalui pipa keluaran.*

**Kata kunci** Pompa Hidram PVC Double Katup limbah; Tinggi Tabung Udara; Efisiensi

### **Abstract**

*The purpose of this study was carried out to know the effect of air tube size on the efficiency of PVC hydram pumps double waste valve. The hydram pump used in this study has a 2 inch diameter input pipe and ½ inch diameter output pipe. The height variation of the air tube is carried out 100 cm, 120 cm and 140 cm. While the height of the output pipe made is 7 m. The results of this study showed the highest efficiency obtained in the height of the air tube 140 cm with a high output pipe 7m that is 81,9% and the lowest efficiency obtained is in the height of the tube air 100 cm is 70,24%. Increasing the height of the air tube size can increase the efficiency of the hydram pump. This happened because the large air cavity increases the water pressure through the outlet pipe.*

**Key word** :PVC hydram pump double waste valve; height of the air tub; efficiency

### **PENDAHULUAN**

Pada penelitian ini dilakukan teknologi alternatif yang operasionalnya tidak memerlukan biaya listrik dan bahan bakar, yaitu menggunakan pompa *hidraulik ram* atau yang biasa disebut pompa hidram dari bahan pipa PVC *double* katup limbah dengan variasi ukuran tabung udara, dimana lebih ekonomis dan perawatannya lebih mudah. dimana lebih ekonomis dan perawatannya lebih mudah.

Menurut Budi Hartono [1] yang meneliti tentang pengaruh variasi tabung udara terhadap debit pemompaan pompa hidram, penggunaan tabung udara dapat memperbesar *head output* pompa hidram. Hal ini cukup beralasan, karena dengan penggunaan tabung udara, air bertekanan hasil *water hammer* lebih dulu di

akumulasi di dalam tabung udara sebelum dialirkan menuju pipa keluaran. Selain itu dari hasil pengamatannya, fluktuasi *head output* pompa juga lebih kecil dengan penggunaan tabung udara. Penambahan volume tabung udara berbanding lurus dengan *head output*, karena rongga udara yang besar menambah tekanan udara untuk mendorong air menuju titik yang lebih tinggi.

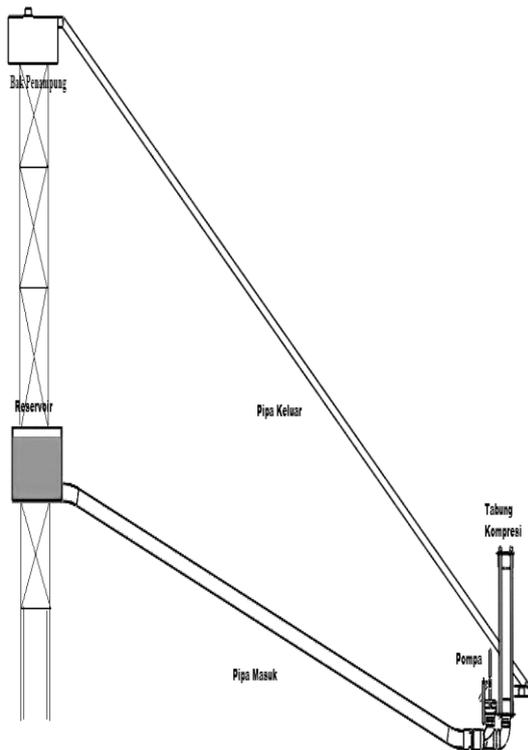
Menurut Mukhammad Sofwan (2015) [2] melakukan penelitian tentang pengaruh variasi ketinggian terjunan dengan tinggi terjunan 1,5 m, 1,75 m, 2 m, variasi volume tabung udara  $0,0024 \text{ m}^3$ ,  $0,0028 \text{ m}^3$ ,  $0,0032 \text{ m}^3$  dan variasi ketinggian *discharge* 2,5 m, 3 m, 3,5 m.

Dari hasil perhitungan menunjukkan kapasitas paling optimum pompa sebesar 5,74 l/m dengan efisiensi sebesar 40 % pada ketinggian terjunan 1,75 m dengan variasi volume tabung udara 0,0028 m<sup>3</sup> dan tinggi discharge 3,5 m.

### METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental nyata (*true experimental research*) untuk menguji efisiensi pompa hidram *double* katup limbah dengan beberapa perubahan pada ukuran tabung udara.

### Desain Penelitian



Gambar 1. Skema rumah pompa dan perakitan pompa hidram

### Prosedur Pengambilan Data

Pengambilan data dimulai dengan menampung debit pemompaan dan debit limbah selama 30 detik. Sedangkan tekanan pada tabung udara dicatat dan dimasukkan ke dalam tabel pengambilan data. Debit pemompaan dan debit limbah yang telah ditampung diukur menggunakan gelas ukur dan dicatat pada tabel pengambilan data. Prosedur ini diulangi sebanyak 5 kali untuk setiap variasi yang diteliti dalam hitungan waktu 30 detik.

### Teknik Analisis Data

Berdasarkan pada tabel data pengujian yang telah diperoleh, maka dilakukan analisis dengan melakukan perhitungan awal untuk mendapatkan *head efektif* hasil pemompaan pada variasi ukuran tabung udara terhadap efisiensi pompa hidram *double* katup limbah yang diteliti.

Debit Aliran

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Dimana :

$$Q = \text{Debit pemompaan (m}^3/\text{s)}$$

$$V = \text{Volume pemompaan (m}^3/\text{s)}$$

$$t = \text{waktu(s)}$$

Kecepatan Aliran

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

Dimana :

$$v = \text{Kecepatan aliran (m/s)}$$

$$Q = \text{Debit pompa (m}^3/\text{s)}$$

$$A = \text{Luas penampang pipa (m}^2\text{)}$$

*Head Loss Mayor* atau kerugian yang terjadi akibat gesekan pada pipa

$$h_l = f \frac{L}{d} \times \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

Untuk mendapatkan faktor gesekan pipa (*f*) dapat diketahui menggunakan persamaan *Blasius*, hanya berlaku pada faktor gesekan pipa licin dan nilai bilangan *Reynold* sebesar 3000 sehingga 100000, maka :

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \quad (4)$$

Sedangkan bilangan *Reynold* dapat diperoleh menggunakan persamaan :

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} \quad (5)$$

Dimana :

$$h_l = \text{Head loss mayor (m)}$$

$$f = \text{Faktor gesekan pipa}$$

$$L = \text{Panjang pipa (m)}$$

$$d = \text{Diameter pipa (m)}$$

$$v = \text{Kecepatan aliran (m/s)}$$

$$g = \text{Gaya gravitasi}$$

$$Re = \text{Bilangan Reynold}$$

$$\rho = \text{Massa jenis air kg/m}^3$$

*Head Loss Minor* atau kerugian tekanan yang terjadi pada pompa

$$H_m = K \frac{v^2}{2g} \quad (6)$$

Dimana :

$$H_m = \text{Head loss minor (m)}$$

$K =$  Koefisien kerugian tekanan  
 $v =$  Kecepatan aliran (m/s)  
 $g =$  Gaya gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

Head Efektif

$$H_E = h - H_l \quad (7)$$

Dimana :

$H_E =$  Head efektif (m)

$h =$  Tinggi pipa (m)

$H_l =$  Total head loss (m)

Efisiensi Pompa

a. Menurut D'Aubuisson

$$\eta_D = \frac{Q_p h_{ef}}{(Q_p + Q_w) H_{ef}} \times 100\% \quad (8)$$

b. Menurut Rankine

$$\eta_R = \frac{Q_p (h_{ef} - H_{ef})}{(Q_w + Q_p) H_{ef}} \times 100\% \quad (9)$$

Dimana :

$\eta_R =$  Efisiensi pompa hidram (%)

$Q_p =$  Debit pemompaan (m<sup>3</sup>/s)

$h_{ef} =$  Head pemompaan (m)

$H_{ef} =$  Head menuju rumah pompa (m)

$Q_w =$  Debit limbah (m<sup>3</sup>/s)

$Q_p =$  Debit pemompaan (m<sup>3</sup>/s)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh data volume air hasil pemompaan, volume air terbuang/limbah, jumlah ketukan dan tekanan tabung udara pada setiap variasi ukuran tabung udara yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Hasil pengambilan data

Tinggi Tabung Udara (cm)	Q Pompa (ml)	Q Limbah (ml)	Jumlah ketukan (N)	Tekanan Tabung Udara (kg/m <sup>2</sup> )
100	2650	26600	47	0,55
	2700	26000	48	0,55
	2700	24800	48	0,55
	2880	23200	49	0,55
	2720	23800	48	0,55
mean	2730	24880	48	0,55
120	2630	25600	46	0,58
	2720	24700	46	0,58
	3060	22900	48	0,58

140	2850	23500	47	0,58	
	2800	24400	47	0,58	
	mean	2812	24220	46,8	0,58
	3060	24700	46	0,6	
	3100	23800	46	0,6	
mean	3180	23000	46	0,6	
	3350	22300	47	0,6	
	3320	22400	47	0,6	
mean	3202	23240	46,4	0,6	

## Data Tabel Hasil Analisis Debit Aliran Yang Dihasilkan Pompa Hidram Double Katup Limbah

Tabel 2. Hasil analisis debit aliran

Tinggi Tabung Udara (cm)	Debit Aliran Q		
	Debit Pemompaan $Q_p$ (m <sup>3</sup> /s)	Debit Limbah $Q_l$ (m <sup>3</sup> /s)	Debit Pemasukan $Q_{in}$ (m <sup>3</sup> /s)
100	0.0000910	0.0008293	0.0009203
120	0.0000937	0.0008073	0.0009011
140	0.0001067	0.0007747	0.0008814

## Data Tabel Hasil Analisis Kecepatan Aliran Pada Pipa Masukan Dan Pipa Keluaran Pompa Hidram Double Katup Limbah

Tabel 3. Hasil analisis kecepatan aliran

Tinggi Tabung Udara (cm)	Kecepatan Aliran (v)	
	Pipa Masukan $v_{in}$ (m/s)	Pipa Keluaran $v_{out}$ (m/s)
100	0.4543056	0.7187276
120	0.4447949	0.7403157
140	0.4350869	0.8429911

## Data Tabel Hasil Analisis Head Loss Yang Terjadi Pada Pompa Hidram Double Katup Limbah

Kerugian tekanan atau *head loss* adalah salah satu kerugian yang tidak dapat dihindari pada suatu aliran *fluida* yang berupa berkurangnya tekanan pada suatu aliran, sehingga menyebabkan kecepatan aliran

mengecil. Salah satu kerugian yang sering terjadi dan tidak dapat diabaikan pada aliran air yang menggunakan pipa adalah kerugian tekan akibat gesekan dan perubahan penampang atau pada belokan pipa yang mengganggu aliran normal. Kerugian tekanan yang terjadi adalah seperti berikut :

Tabel 4. Faktor gesekan pipa ( $f$ ) dan Nilai koefisien kerugian tekanan pada pipa (K)

FaktorGesekanPipaMasukan ( $f$ )	0,025
FaktorGesekanPipaKeluaran ( $f$ )	0,0278
KoefisienKerugianTekanan Ujung Pipa (K)	0,5
KoefisienKerugianTekananBelokanPipa (K)	0,131
KoefisienKerugianTekananKatupPipa (K)	2,6
KoefisienKerugianTekanan Tee Pipa (K)	1,0

Tabel 5. Hasil Analisis *head loss mayor*

Tinggi TabungUdara (cm)	<b>Head Loss Mayor <math>h_l</math> (m)</b>	
	PipaMasukan	Pipa Keluaran
100	0.030641807	0.638265987
120	0.029528064	0.672192826
140	0.028409474	0.843731752

Tabel 6. Hasil analisis *head loss minor* pada pipa masukan

<b>Head Loss Minor <math>H_l</math> PadaPipaMasukan (m)</b>	<b>Tinggi TabungUdara (cm)</b>		
	100	120	140
Bentuk Ujung Pipa (m)	0.0053	0.0050	0.0048
BelokanPipa (m)	0.0069	0.0066	0.0063
KatupPipa (m)	0.0274	0.0262	0.0251
Sambungan Tee Pipa (m)	0.0463	0.0444	0.0425

Tabel 7. Hasil analisis *head loss minor* pada pipa keluaran

Tinggi TabungUdara (cm)	<b>Head Loss Minor <math>H_l</math> PadaPipaKeluaran (m)</b>		
	Bentuk Ujung Pipa (m)	KatupPipa (m)	BelokanPipa (m)
100	0.0132	0.0685	0.0034
120	0.0140	0.0726	0.0037
140	0.0181	0.0942	0.0047

**Data Tabel Hasil Analisis Head Efektif Yang Terjadi Pada Pompa Hidram Double Katup Limbah**

Tabel 8. Hasil analisis *head efektif*

Tinggi TabungUdara (cm)	<b>Head Efektif Pompa <math>H_E</math> (m)</b>	
	PipaMasukan $H_{Ei}$ (m)	PipaKeluaran $H_{Eo}$ (m)
100	0.8836	6.2767
120	0.8882	6.2376
140	0.8929	6.0392

**Data Tabel Hasil Analisis Yang Dihasilkan Pompa Hidram Double Katup Limbah Menurut Teori D'Aubuisson dan Rankine**

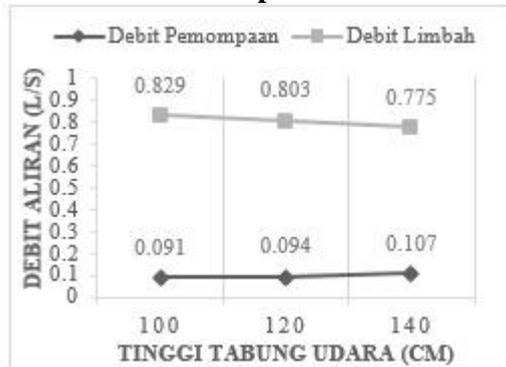
Tabel 9. Hasil analisis pompa

Tinggi TabungUdara (cm)	<b>Efisiensi Pompa (<math>\eta</math>)</b>	
	D'Aubuisson (%)	Rankine (%)
100	70.24	52.27
120	73.05	55.17
140	81.9	63.31

Grafik pada gambar 2 Menunjukkan bahwa ukuran tabung udara sangat berpengaruh terhadap debit pemompaan dan debit limbah. Ukuran tabung udara memiliki pengaruh yang

sangat signifikan, semakin besar volume tabung udara, maka semakin tinggi debit yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena air bertekanan hasil dari *water hammer* pada rumah pompa terlebih dahulu di akumulasi di dalam tabung udara.

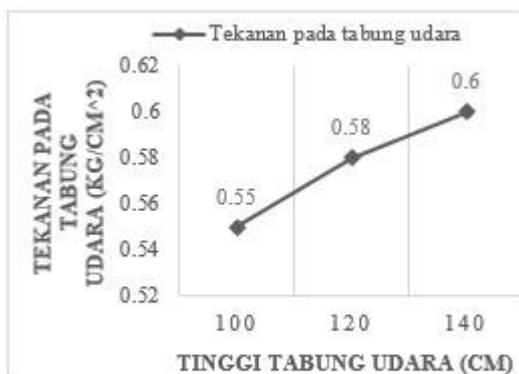
**Grafik Hasil Analisis Debit Aliran Pompa Hidram Double Katup Limbah**



Gambar 2. Pengaruh ukuran tabung udara terhadap debit pemompaan dan debit limbah pompa hidram *double* katup limbah

Sedangkan ukuran tabung udara terhadap debit limbah pompa dapat mempengaruhi tekanan pada katup limbah. Dimana semakin besar volume tabung udara maka semakin kecil debit limbah yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena terjadinya proses buka tutup katup yang cepat baik katup limbah maupun katup pengantar sehingga tekanan dalam tabung udara tinggi dan debit air yang masuk juga tinggi dan mengakibatkan air limbah berkurang.

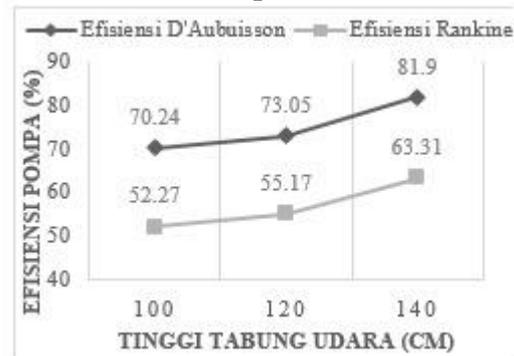
**Grafik Hasil Analisis Tekanan Pada Tabung Udara Pompa Hidram Double Katup Limbah**



Gambar 3. Pengaruh ukuran tabung udara terhadap tekanan pada tabung udara pompa hidram *double* katup limbah.

Grafik diatas Menunjukkan bahwa ukuran tabung udara sangat berpengaruh terhadap tekanan pada tabung udara itu sendiri. Seperti yang terlihat pada grafik, rongga udara yang besar menambah tekanan udara untuk mendorong air menuju titik yang lebih tinggi melalui pipa keluaran. Tekanan air dari pipa masukan yang kontinyu dan ketukan air pada katup limbah yang mendorong air masuk ke dalam tabung udara menyebabkan tekanan udara di dalam udara semakin besar.

**Grafik Hasil Analisis Efisiensi Pompa Hidram Double katup Limbah**



Gambar 4. Pengaruh ukuran tabung udara terhadap efisiensi pompa hidram *double* katup limbah menurut *D'Aubuisson* dan menurut *Rankine*

Grafik diatas menunjukkan efisiensi yang dihasilkan akibat pengaruh ukuran tabung udara pompa hidram *double* katup limbah dimana efisiensi diperoleh dengan menggunakan rumus perhitungan efisiensi yang meliputi debit limbah, debit pemompaan dan *head* efektif pompa. Grafik efisiensi *D'Aubuisson* diatas menunjukkan bahwa efisiensi *D'Aubuisson* lebih besar dari efisiensi *Rankine*, karena efisiensi *D'Aubuisson* menunjukkan perbandingan energi yang dihasilkan pompa terhadap energi yang dihasilkan oleh *reservoir*. Sedangkan efisiensi *Rankine* sebaliknya yaitu perbandingan energi yang dihasilkan *reservoir* terhadap energi yang dihasilkan pompa.

**KESIMPULAN**

Pernambahan volume tabung udara dapat meningkatkan efisiensi pompa hidram PVC *double* katup limbah. Hal ini terjadi karena semakin besar rongga udara pada tabung udara pompa hidram semakin besar tekanan yang dihasilkan untuk bekerja secara maksimal

sehingga dapat menekan air melewati pipa keluaran.

Pada pengujian ini, dengan penambahan tinggi tabung udara yaitu 100 cm, 120 cm dan 140 cm, efisiensi pompa hidram mengalami peningkatan. Efisiensi optimum menurut *D'Aubuisson* 81,9 % sedangkan menurut *Rankine* 63,31 %.

Penambahan ukuran tabung udara juga berpengaruh terhadap debit pemompaan dan debit limbah yang dihasilkan, dimana semakin besar ukuran tabung udara maka semakin besar debit pemompaan yang dihasilkan sedangkan debit limbah semakin sedikit. Debit pemompaan optimum yaitu 0,107 l/s dengan debit limbah 0,775 l/s pada ukuran tabung udara 140 cm dan tinggi pipa keluaran 7 m, sedangkan tekanan pada tabung udara yang dihasilkan dengan melakukan pengukuran menggunakan manometer yaitu  $0,6 \text{ kg/cm}^2$ .

#### **SARAN**

Disarankan bagi peneliti selanjutnya menggunakan lubang udara yang berfungsi

untuk memasukan udara kedalam pompa hidram saat rekoil agar udara dalam pipa diganti dengan udara yang baru dan melakukan penelitian terhadap variasi katup pengantar agar dapat mengetahui pengaruh tabung udara terhadap volume air yang masuk kedalam tabung udara.

Melakukan lebih banyak penelitian tentang pompa hidram agar kemampuan dan manfaat pompa hidram dapat dikembangkan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- 1 Hartono B. 2013. Pengaruh Variasi Tabung Udara Terhadap Debit Pemompaan Pompa Hidram. *SINTEK*. **8**(1): 25.
- 2 Sofwan M, Siregar IH. 2015. Pengaruh ketinggian terjunan dan volume tabung udara terhadap kinerja pompa hidram. *JTM*. **03**(03): 16.