

Analysis of the Influence of Engineering Waste Measures on 3 inch Single Compression Hydraulic Pump Efficiency

Gusnawati^{1,*}, Rima N Selan², Daud P Mangesa³, dan Adi Tobe⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, FST, Universitas Nusa Cendana, Kupang

Jl. Adisucipto, Penfui Kupang-NTT. (HP) 081237119375

Corresponding author : ce_riane97@yahoo.com

Abstract. The purpose of this study was to measure the components of the hydram pump which gave the highest efficiency through variations in the diameter of the waste valve, variations in the diameter of the conveyor valve, variations in height difference between the waste valve and introductory valve, variations in the height of the out side holes in the air tube, variations in the angle of the inlet pipe and variation in the length of the inlet pipe. The independent variable of the research is the diameter of the waste valve with a variation of 2.00 inch, 2.25 inch, 2.50 inch, 2.75 inch, and the length of the waste valve step is 0.152 inch, 0.254 inch, 0.356 inch, 0.457 inch, and 0.559 inch. While the dependent variable for each stage of the research is the same, namely the efficiency of the hydram pump. The method used in this study is first to form the size of the pump components which are used as independent variables. Conduct testing to obtain the data of the pump inlet, water discharge at the waste valve, and the resulting discharge. The analytical method used is descriptive analysis which starts with analyzing the effective head on the inlet and out side. Test data and head analysis results are effectively used to analyze pump efficiency in order to obtain a conclusion. The test results show that the diameter of the waste valve and the length of the waste valve step affect the efficiency of the 3-inch hydram pump. The highest pumping discharge occurs at the diameter of the waste valve at 2.75 inch and the step length of 0.559 inch is equal to $8.67 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}$. While the highest efficiency occurs in the 2.75 inch waste valve diameter and 0.559 inch step length which is 66.58%.

Abstrak. Tujuan penelitian ini adalah untuk ukuran komponen-komponen pompa hidram yang memberikan efisiensi tertinggi melalui variasi diameter katup limbah, variasi diameter katup pengantar, variasi beda tinggi antara katup limbah dan katup pengantar, variasi tinggi lubang sisi keluar pada tabung udara, variasi sudut pipa masuk serta variasi panjang pipa masuk. Variabel bebas penelitian adalah diameter katup limbah dengan variasi 2,00 inch, 2,25 inch, 2,50 inch, 2,75 inch, dan panjang langkah katup limbah yaitu 0.152 inch, 0.254 inch, 0.356 inch, 0.457 inch, dan 0.559 inch. Sedangkan variabel terikat untuk setiap tahapan penelitian adalah sama yaitu efisiensi pompa hidram. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pertama membentuk ukuran komponen pompa yang dijadikan variabel bebas. Melakukan pengujian untuk memperoleh data debit masuk pompa, debit air pada katup limbah, dan debit yang dihasilkan. Metode analisa yang digunakan adalah analisis deskriptif yaitu dimulai dengan menganalisa head efektif pada sisi masuk dan sisi keluar. Data pengujian dan hasil analisis head efektif digunakan untuk menganalisa efisiensi pompa guna memperoleh suatu kesimpulan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa diameter katup limbah dan panjang langkah katup limbah berpengaruh terhadap efisiensi pompa hidram 3 inchi. Debit pemompaan yang tertinggi terjadi pada diameter katup limbah pada 2.75 inch dan panjang langkah 0.559 inch yaitu sebesar $8.67 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$. Sedangkan efisiensi tertinggi terjadi pada diameter katup limbah 2.75 inch dan panjang langkah 0.559 inch yaitu sebesar 66.58 %.

Keywords: Pompa hidram; diameter katup limbah; panjang langkah katup limbah.

Pendahuluan

Hydraulic Ram Pump atau pompa hidraulik ram yang disingkat dengan sebutan POMPA HIDRAM adalah sebuah teknologi tepat guna untuk mengangkat air dari suatu tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi tanpa menggunakan energi motor bakar, tanpa energi listrik, tapi hanya memanfaatkan energi potensial sumber air serta energi kinetik air yang dialirkan (Taye, 1998). Pada studi literatur yang telah dilakukan, diketahui bahwa faktor yang mempengaruhi debit aliran pompa hidram adalah debit pemompaan, kapasitas yang terbuang serta perbandingan *head* hantar dan *head* suplai. Dalam pengoperasian pompa hidram sering dijumpai kejadian bahwa buka dan tutup katup limbah tidak seimbang. Hal ini disebabkan oleh panjang langkah katup terlalu pendek maupun terlalu panjang, diameter serta beban katup limbah tidak sesuai (Gan Shu San, et al. 2002). Kesimbangan buka dan tutup katup limbah sangat bergantung pada diameter katup limbah, massa pemberat katup limbah serta panjang langkah katup limbah. Disamping itu, dalam mekanisme kerja pompa hidram terjadi proses perubahan energi kinetik menjadi tekanan dinamis di dalam tabung udara yang berfungsi sebagai penguat tekanan, sehingga mampu mengangkat air dalam pipa pengantar. Hal inilah yang mempengaruhi kurang optimalnya kerja pompa hidram.



Gambar 1. Pompa Hidram yang terpasang di Kusi dan Mela (Sumber : Pribadi)

Salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan air pada daerah-daerah yang posisinya lebih tinggi dari sumber air adalah dengan menggunakan pompa air. Jenis pompa air yang lazim digunakan saat ini adalah pompa air bertenaga motor listrik ataupun motor bakar. Hal ini tentunya untuk daerah-daerah pedesaan atau daerah terpencil yang tidak ada sumber listrik

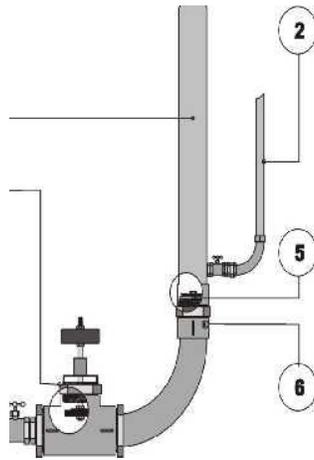
atau perekonomian lemah akan timbul banyak masalah. Kondisi seperti ini banyak dialami oleh masyarakat Nusa Tenggara Timur. Topografi daerah Nusa Tenggara Timur sebagian besar adalah berpegunungan dan lembah. Yang lebih miris lagi adalah tingkat perekonomian yang masih di bawah garis kemiskinan. Hal inilah yang menjadikan pompa hidram sebagai teknologi pilihan untuk mengangkat air dari sumber air letaknya lebih rendah ke pemukiman yang letaknya lebih tinggi. Ini menunjukkan debit air yang tersedia cukup besar namun debit air yang dihasilkan hanya 62,74 % (Jafri, dkk, 2009).

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui ukuran komponen-komponen pompa hidram 3 inchi yang memberikan efisiensi maksimum melalui variasi diameter katup limbah dan panjang langkah katup limbah.

Penggunaan pompa hidram tidak terbatas hanya pada penyediaan air untuk kebutuhan rumah tangga, tetapi juga digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pertanian, peternakan dan perikanan darat. Konsep dari pompa ini adalah memompa atau menaikkan air dengan cara kerja yang sederhana dan efektif dan tanpa menggunakan mesin sehingga mudah dan hemat operasionalnya tanpa BBM (Widarto et al., 2001).

Mekanisme kerja pompa hidram adalah pelipat-gandaan kekuatan pukulan sumber air yang merupakan input ke dalam tabung hidram dan menghasilkan output air dengan volume tertentu sesuai dengan lokasi yang memerlukan. Dalam mekanisme kerja ini terjadi proses perubahan energi kinetis berupa kecepatan aliran air menjadi tekanan dinamis yang menghasilkan timbulnya palu air (*water hammer*), sehingga terjadi tekanan yang tinggi di dalam pipa. Dengan kelengkapan katup limbah dan katup pengantar terbuka dan tertutup secara bergantian, tekanan dinamis diteruskan ke dalam tabung udara, yang berfungsi sebagai kompressor, yang mampu mengangkat air dalam pipa penghantar. Akan tetapi kerja pompa ini tidak memompa semua air yang masuk, tetapi sebagian air terpompa dan sebagian terbuang melalui katup limbah. Kondisi yang umum

digunakan pompa hidram adalah topografi yang sulit, sumber air lebih rendah dari lokasi pemakai (Edy S. et al., 2004). Persyaratan penerapan pompa hidram yang pertama adalah tersedianya air baku yang cukup dan kontinyu, tinggi terjunan air terhadap kedudukan pompa terpenuhi, tinggi lokasi yang akan disuplai dari kedudukan pompa proporsional, kemiringan menampung air baku dari pompa hidram antara kedudukan pompa dengan daerah yang disuplai (Wahyudi, 2005). Skema pompa hidram dapat dilihat pada gambar.



Gambar 2. Komponen-komponen utama pompa Hydram (Sumber : Hanafie and Hans de Lough, 1979)

Keterangan

1. Pipa Pemasukan
2. Pipa Pengantar
3. Klep limbah
4. Tabung Udara
5. Klep Pengantar
6. Katup Udara

Prinsip kerja pompa hidram diawali dengan aliran air dari sumber masuk melalui pipa pemasukan atau pipa penghubung dan keluar dari katup limbah. Gaya tekan air yang masuk ke dalam pompa akan mendorong katup-katup tersebut sehingga memaksa katup tersebut menutup dan menghentikan aliran di pipa pemasukan. Kondisi ini menyebabkan adanya gaya tekan pipa pemasukan dan memaksa

air untuk mengalir ke pipa pengeluaran dengan tekanan tinggi sehingga mampu dialirkan ke lokasi yang lebih tinggi (Balitbang PU, 2005).

Tekanan tinggi dalam pompa juga akan mengatasi tekanan dalam ruang udara pada katup penghantar sehingga katup akan terbuka dan air akan terus mengalir lagi dari pipa penghubung. Perputaran ini berlangsung berulang-ulang dengan frekuensi yang sangat cepat (Tessema, 2000).

Kuantitas air yang bisa diangkat oleh pompa hidram, menurut (Michael and Kheppar, 1997) dapat diperoleh dengan persamaan:

$$q = \frac{H \times Q}{2 \times h \times d}$$

Juga tergantung pada bentuk konstruksi instalasi perpipaan pompa hidram, headloas sangat mempengaruhi kecepatan, serta jenis aliran air di dalam saluran berdasarkan bilangan Reynold. Debit aliran secara teoritis menggunakan persamaan kontinuitas ;

$$Q = V.A \text{ (Church, A.H : 1990)}$$

Hubungan antara panjang langkah dan kecepatan aliran adalah katup buang dengan tegangan yang berat dan jarak antara lubang katup cukup jauh, memungkinkan kecepatan aliran air dalam pipa masuk lebih besar, sehingga pada saat katup buang menutup, terjadi energi tekanan yang besar dan menimbulkan efek palu air. Jahya Hanafie (1979).

Penelitian pengaruh diameter dalam dan pembebanan katup buang terhadap efisiensi pompa hidram 4 inci. Hasil penelitian bahwa diameter dalam dan pembebanan katup buang berpengaruh terhadap efisiensi pompa, begitu pula interaksi antara kedua faktor. Efisiensi tertinggi diameter dalam katup buang 2,75 inci dan massa katup buang 1 kg dengan efisiensi 67,12 % pada efisiensi *D'Aubussion* dan 63,85%. (Muhamad Jafri, Nurhayati, 2010).

Penelitian efisiensi pompa hidram dengan variasi berat beban dan panjang langkah katup limbah. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan dimensi pompa yang digunakan adalah 2 inci, memiliki diameter pipa pemasukan (D): 1,5 inci dan diameter pipa pengeluaran (d): ½ inci. Hasilnya bahwa variasi berat beban dan panjang langkah katup limbah berpengaruh terhadap efisiensi pompa

hidram. Efisiensi tertinggi pada pompa hidram paralel dengan panjang langkah 0,5 cm dan massa katup 400 gram yaitu 55,30 % pada efisiensi *D'Aubuisson* (Muhamad Jafri dan Isak S. Limbong, 2011).

Metodologi Penelitian

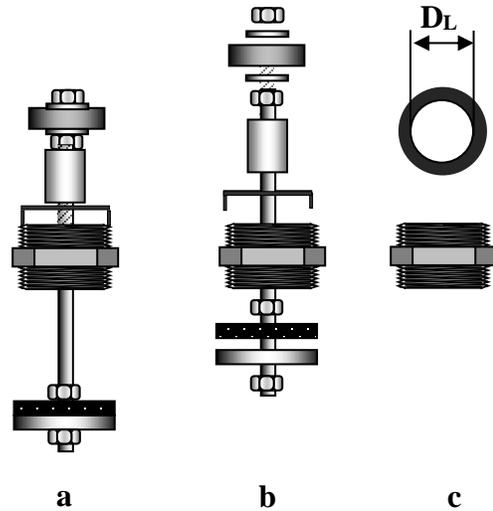
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah flow meter, *Stop watch*, *Global Position System* (GPS) dan meter rol. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pompa hidram berukuran 4 inci.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Lapangan Teknik Mesin Undana meliputi pembuatan komponen variasi dan pengambilan data pengujian.

Dalam tahun ini dilakukan penelitian pengaruh diameter katup limbah dan panjang langkah katup limbah terhadap debit output dan efisiensi pompa hidram 3". Pada penelitian pertama ini, variabel bebas adalah diameter katup limbah (D_L) dengan variasi 2,00 inch, 2,25 inch, 2,50 inch, 2,75 inch, dan panjang langkah katup limbah dengan variasi 0.152 inch, 0.254 inch, 0.356 inch, 0.457 inch, dan 0.559 inch.. Sedangkan variabel terikatnya adalah debit output dan efisiensi pompa hidram. Sedangkan variabel tetapnya adalah tinggi jatuh 1 m, tinggi angkat 10 m, massa pemberat 1,5 kg, tinggi tabung 80 cm, dan volume tabung 6500 ml.

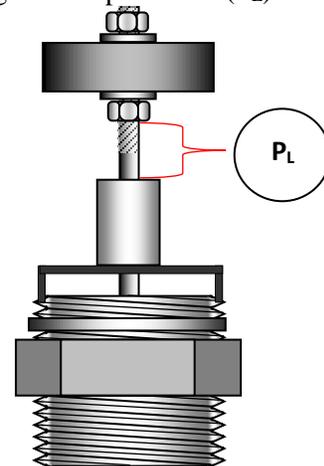
Tahapan kegiatan adalah :

- a. Membentuk sampel pengujian yaitu;
 - 1) Membentuk katup limbah dengan merekayasa diameter dalam katup limbah (D_L).



Gambar 3 a) Sistem katup limbah, b) komponen katup, d) diameter katup limbah (D_L)

- 2) Panjang langkah katup Limbah (P_L).



Gambar 4. Komponen katup limbah.

- b. Melakukan pengujian untuk memperoleh data debit air masuk pompa, debit air pada katup limbah, dan debit air yang dihasilkan. :
 - 1) Memasang katup limbah yang berdiameter 2,0 cm inchi pada pompa.
 - 2) Menset panjang langkah pada 0,6 cm.
 - 3) Hidupkan pompa, tunggu beberapa saat hingga pompa bergerak dengan baik dan air berjalan sampai kebak penampungan kembali kebak sumber dengan kontinyu.
 - 4) Selanjutnya melakukan pengambilan data. Data-data yang diukur pada saat pengujian adalah debit pemompaan (Q_p), debit sumber (Q_s), serta debit limbah (Q_L), selama 30 detik secara bersamaan.

- 5) Setelah pengukuran dilakukan matikan pompa dengan cara menutup stop cran.
 - 6) Menset panjang langkah selanjtnya yaitu 1,00 cm.
 - 7) Ulangi langkah no. 2 dan 4 untuk panjang langkah 1,4 cm, 1,8 cm, 2,2 cm.
 - 8) Menggantikan katup limbah 2,0 cm dengan diameter 2,25 cm.
 - 9) Ulangi langkah no. 2 sampai no. 7 untuk katup limbah 2,50 cm, 2,75 cm.
- c. Analisa head efektif dan efisiensi pompa.
Setelah semua sampel diuji dan ditabulasi, selanjutnya analisis deskriptif, dimulai menganalisis head efektif pada sisi masuk dan sisi keluar. Data pengujian dan hasil analisis head efektif digunakan untuk menganalisa efisiensi pompa guna memperoleh suatu kesimpulan. Persamaan efisiensinya adalah:
Efisiensi D'Aubuisson:

$$\eta_A = \frac{Q_d}{Q_s H_s} \times 100\%$$

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian diperoleh data debit limbah (Q_w) dan debit (Q_p) seperti yang terlihat pada tabel 1 dan tabel 2 di bawah ini:

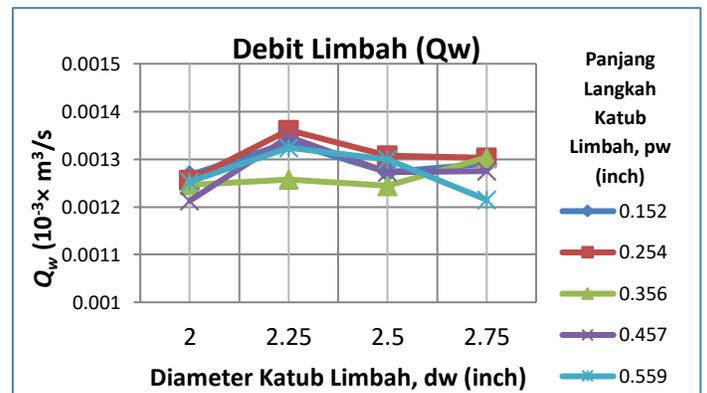
Tabel 1 Data debit air yang melalui katup limbah (Q_w).

Debit Limbah, Q _w (l/s)	Diameter Katub Limbah, dw (inch)				
	2	2.25	2.5	2.75	
Panjang Langkah, pw (inch)	0.152	0.001267	0.001335	0.001273	0.0012907
	0.254	0.001256	0.001361	0.001308	0.0013033
	0.356	0.001246	0.001257	0.001244	0.0013033
	0.457	0.001213	0.001347	0.001273	0.001275
	0.559	0.001253	0.001324	0.0013	0.001215

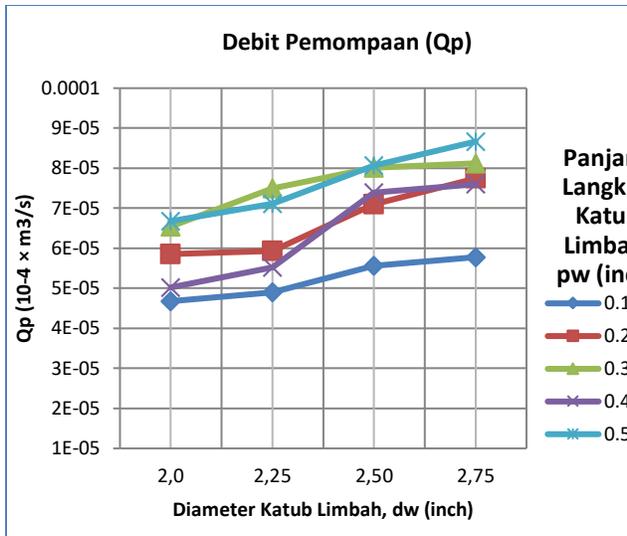
Tabel 2 Data debit air yang melalui pipa pengantar atau debit pemompaan (Q_p).

Debit Pemompaan, Q _p (l/s)	Diameter Katub Limbah, dw (inch)				
	2,0	2,25	2,50	2,75	
Panjang Langkah, pw (inch)	0.152	4.67778E-05	0.000049	5.56E-05	5.78E-05
	0.254	5.85556E-05	5.93E-05	0.000071	7.74E-05
	0.356	6.54444E-05	0.000075	8.01E-05	8.12E-05
	0.457	5.02222E-05	5.52E-05	7.39E-05	0.000076
	0.559	6.67778E-05	7.11E-05	8.07E-05	8.67E-05

Data debit aliran pada tabel 1 dan tabel 2 dapat dibuat dalam bentuk grafik setiap variasi panjang langkah katup limbah dan diameter katup limbah.



Gambar 5 Grafik hubungan antara debit (Q_w) terhadap diameter katup limbah (dw) untuk setiap panjang langkah katup limbah.



Gambar 6 Grafik hubungan antara debit air yang melalui katup pengantar (Q_p) terhadap diameter katup limbah (d_w) untuk setiap panjang langkah katup limbah

Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi pompa yaitu dengan urutan sebagai berikut; analisis kecepatan aliran air pada pipa masuk, kecepatan aliran air pada pengantar, head efektif dan efisiensi pompa hidram.

Tabel 3 Nilai efisiensi hasil analisis setiap variasi diameter katup limbah dan panjang langkah katup limbah

Diameter Katub Limbah, d_w (inchi)	Panjang Langkah Katub Limbah, p_w (inchi)	Debit, Q (m^3/sec)		h	$H_{ef.in}$ (m)	$H_{ef.out}$ (m)	Efisiensi ABUSSION (%)
		Q_w (m^3/sec)	Q_p (m^3/sec)				
2.0	0.152	1.26667E-06	4.6778E-08	9	1	10	35.61
2.0	0.3	0.000001256	5.8556E-08	9	1	10	44.54
2.0	0.356	1.24567E-06	6.5444E-08	9	1	10	49.92
2.0	0.457	0.000001213	5.0222E-08	9	1	10	39.76
2.0	0.559	1.25267E-06	6.6778E-08	9	1	10	50.61
2.25	0.152	0.000001335	4.9E-08	9	1	10	35.40
2.25	0.3	0.000001361	5.9333E-08	9	1	10	41.77
2.25	0.356	0.000001257	7.5E-08	9	1	10	56.31
2.25	0.457	1.34667E-06	5.5222E-08	9	1	10	39.39
2.25	0.559	0.000001324	7.1111E-08	9	1	10	50.97
2.50	0.152	1.27333E-06	5.5556E-08	9	1	10	41.81

2.50	0.3	1.30767E-06	7.1E-08	9	1	10	51.50
2.50	0.356	1.24433E-06	8.0111E-08	9	1	10	60.49
2.50	0.457	1.27267E-06	7.3889E-08	9	1	10	54.87
2.50	0.559	0.0000013	8.0667E-08	9	1	10	58.43
2.75	0.152	1.29067E-06	5.7778E-08	9	1	10	42.85
2.75	0.3	1.30333E-06	7.7444E-08	9	1	10	56.09
2.75	0.356	1.30333E-06	8.1222E-08	9	1	10	58.66
2.75	0.457	0.000001275	7.6E-08	9	1	10	56.25
2.75	0.559	0.000001215	8.6667E-08	9	1	10	66.58

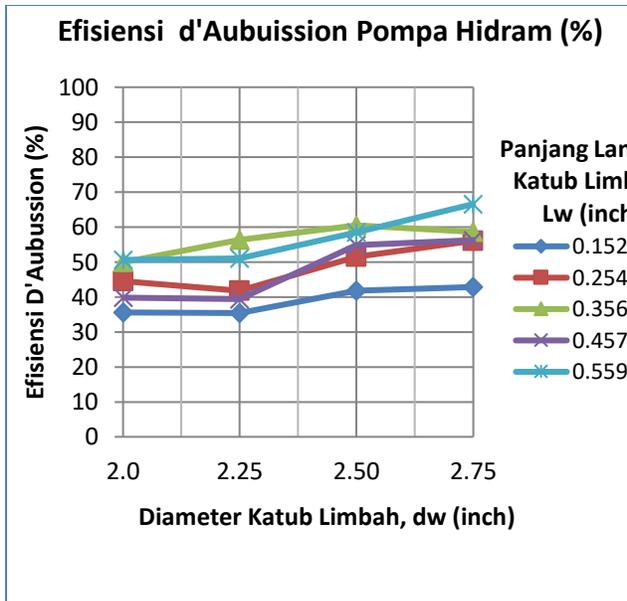
Analisis Efisiensi Pompa

Dengan memasukan Q_w , Q_p , head efektif pipa pemasukan dan pipa pengantar ke dalam persamaan efisiensi, diperoleh efisiensi pada setiap variasi diameter katup limbah dan panjang langkah katup limbah yang disusun dalam bentuk tabel sebagai berikut:

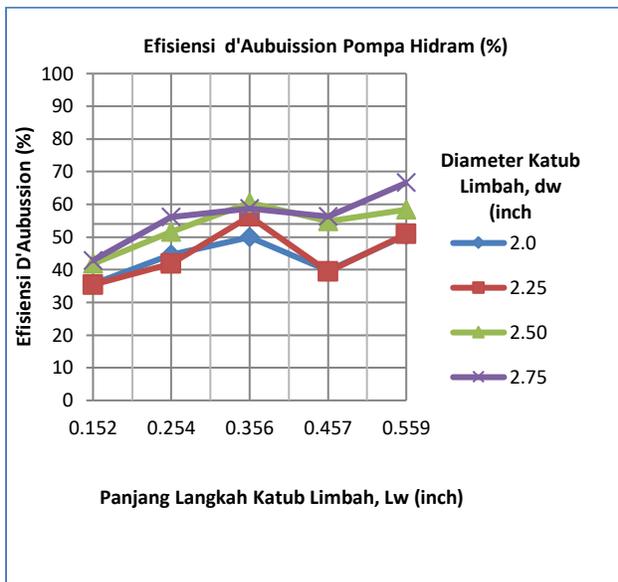
Tabel 4. Efisiensi D'Abussion Untuk Setiap Variasi Diameter Katup Limbah dan Panjang Langkah Katup Limbah.

Efisiensi d'Abussion (%)	Diameter Katub Limbah, d_L (inch)			
	2.0	2.25	2.50	2.75
0.152	35.61	35.40	41.81	42.85
0.254	44.54	41.77	51.50	56.09
0.356	49.92	56.31	60.49	58.66
0.457	39.76	39.39	54.87	56.25
0.559	50.61	50.97	58.43	66.58

Hasil dan Pembahasan



Gambar 7 Grafik hubungan antara efisiensi dan diameter katup limbah untuk setiap panjang langkah katup limbah.



Gambar 8 Grafik hubungan antara efisiensi dan panjang langkah katup limbah untuk setiap diameter katup limbah.

Berdasarkan gambar 5.3 dan 5.4, terlihat bahwa diameter katup limbah dan panjang langkah katup limbah mempengaruhi efisiensi pompa hidram. Semakin besar panjang langkah katup limbah, semakin besar efisiensi pompa hidram. Begitu juga halnya dengan diameter katup limbah. Semakin besar diameter katup limbah menyebabkan efisiensi semakin

meningkat. Dimana efisiensi tertinggi terdapat pada diameter katup limbah 2.75 inch dan panjang langkah 0.559 inch yaitu sebesar 66.58 %. Sedangkan efisiensi terendah terdapat variasi diameter katup limbah 2.0 inch dan panjang langkah 0.152 inch yaitu sebesar 35.61 %. Hasil ini disebabkan karena jumlah debit limbah (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.

Hasil ini didukung oleh gambar 5.1 dan 5.2 yang terlihat bahwa perubahan diameter katup limbah dapat mempengaruhi jumlah debit pemompaan begitu pula pada perubahan panjang langkah katup limbah. Jadi semakin besar diameter katup limbah dan panjang langkah maka efisiensi pompa semakin meningkat. Hal ini tentunya membuktikan rumus dalam analisis efisiensi pompa hidram dimana debit pemompaan berbanding lurus terhadap efisiensi pompa hidram.

Kesimpulan

Hasil eksperimen serta analisa data yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa; diameter katup limbah dan panjang langkah katup limbah berpengaruh terhadap efisiensi pompa hidram 3 inchi. Debit pemompaan yang tertinggi terjadi pada diameter katup limbah pada 2.75 inch dan panjang langkah 0.559 inch yaitu sebesar $8.67 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$. Hasil analisis data menunjukkan hal yang sama yaitu efisiensi tertinggi terjadi pada diameter katup limbah 2.75 inch dan panjang langkah 0.559 inch yaitu sebesar 66.58 %.

Referensi

- [1] Church, A.H., 1990, **Pompa dan Blower Sentrifugal**, Diterjemahkan oleh Harahap. Z, Cetakan Kedua, Erlangga, Jakarta.
- [2] Balitbang PU, 2005, **Penjelasan Teknologi Pompa Hidram**, PT Medias, Yayasan Penerbit PU, Jakarta.
- [3] Edy Supriyanto, Firdaus Ubaidillah, Gaguk Jatisukamto, 2004, **Upaya Pengadaan Air Bersih melalui Pembuatan Pompa Hidram**, Laporan Penelitian, FMIPA, Universitas Jember Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008 Universitas Lampung.

- [4] 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 (81 – 87). <http://puslit.petra.ac.id/journals/mechanica/>.
- [5] Hanafie, J., dan Hans de, L., 1979, **Teknologi Pompa Hirdraulik Ram**, ITB.
- [6] Wirawan, IKG dan Suarda, Made., 2008, “**Eksperimental Pengaruh Tabung Udara Pada Head Tekanan Pompa Hydram**”. Journal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Udayana, Bali.
- [7] Michael, A. M., and Kheppar, S. D., 1997, **Water Well Pump Engineering**, Me Graw - Hill Publishing Compact Limited, New Delhi.
- [8] Jafri, M, dan Nurhayati, (2010), **Pengaruh Diameter Dalam Katup Limbah Terhadap Efisiensi Pompa Hidram 4 Inchi**, Jurnal Teknologi, Vol. 7, Nomor 2 (8-16).
- [9] Jafri, M dan Isak Sartana Limbong, (2011), **Analisa Unjuk Kerja Pompa Hidram Paralel Dengan Variasi Berat Beban Dan Panjang Langkah Katup Limbah**, Jurnal MIPA, Vol. 10, No. 1A, (1 –11). Jakarta.
- [10] Jafri, M, (2013), **Pengaruh Volume Tabung Udara Dan Panjang Langkah Katup Limbah Terhadap Efisiensi Pompa Hidram**, Jurnal Media Exacta, Vol. 15, No.2, (1635 1646).
- [11] Rochmanhadi, 2000, **Alat Uji Laboratorium**, Medias, Yayasan Penerbit PU, Jakarta.
- [12] Streeter, V.E., and Wylie, E.B.,1993, **Mekanika Fluida**, Diterjemahkan Oleh Priyono, A., M.S.E., Erlangga, Jakarta.
- [13] Tessema, A.W, 2000, **Hydraulic Ram System Design and Application**, ESME, dalam [http://home att.net/-africantech/ESME/hydrum2/HydRam2.htm](http://home.att.net/~africantech/ESME/hydrum2/HydRam2.htm)
- [14] Taye, T, 1998, **Hydraulic Ram Pump**, Journal of the ESME, Vol. II, Addis Ababa, Ethiopia.
- [15] Wahyudi S. Imam, Yeri Sutopo, Melulosa Andi S., 2005, **Model Penanggulangan Kekeringan di Jawa Tengah**, Jurnal Ilmiah Suar Dewan Riset Daerah (DRD) Jateng, ISSN 1858-1331, Vol I., No. 2, Sept, Semarang (6)
- [16] Widarto, dan Sularso, 1990, **Membuat pompa Hidram**, Kanisius,