

RANCANG BANGUN POMPA HIDRAM (HYDRAULIC RAM PUMP) DENGAN 3 VARIAN TABUNG UDARA UNTUK MODEL SISTEM IRIGASI PERSAWAHAN

Didin Dwi Yuli Satria
Suharto Eko Kurniawan
Universitas Islam Majapahit, Mojokerto
Email: didindwi.11@gmail.com

ABSTRAK

Letak sumber air yang lebih rendah dari tempat tinggal masyarakat membuat masyarakat memerlukan pompa, tetapi pompa konvensional mempunyai kendala jika sumber air tersebut jauh dari sumber listrik dan bahan bakar. Pompa hidram adalah solusi dari permasalahan tersebut, karena pompa ini tidak memerlukan energi listrik maupun bahan bakar. Pompa hidram dapat bekerja selama 24 jam, biaya pembuatan dan perawatan relatif murah .

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui head outout terbesar pompa hidram PVC/Pipa Bekas 1 inci pada 3 variasi tabung udara dengan volume TU1 0,0009 m³, TU2 0,0019m³, TU3 0,0024 m³.

Dalam penelitian ini dengan varian 3 tabung udara, TU 1 dengan volume tabung 0.0009 m³ tinggi output 4 m diperoleh head head output terbanyak sebesar 0.75 bar dengan tinggi input 1 m, panjang langkah 9 mm dan berat beban katup limbah 150 gram. Untuk TU 2 dengan volume tabung 0,0019 m³ tinggi output 4 m diperoleh head output terbanyak sebesar 0,85 bar dengan tinggi input 1 m, panjang langkah 9 mm dan berat beban katup limbah 150 gram. Sedangkan TU 3 dengan volume tabung 0,0024 m³ tinggi output 4 m diperoleh head output terbanyak sebesar 1 bar dengan tinggi input 1 m, panjang langkah 9 mm dan berat beban katup limbah 150 gram.

Kata Kunci: Pompa hidram, tabung udara, debit hasil, head output, efisiensi

ABSTRACT

The location of a water source that was lower than the community's residence makes the community need a pump, but conventional pumps have problems if the water source was far from electricity and fuel. A hydram pump was the solution to this problem, because this pump does not require electricity or fuel. Hydram pump could work for 24 hours, the cost of manufacture and maintenance is relatively cheap.

This research was conducted to determine the biggest head outout of PVC hydram pump / 1 inch Used Pipe on 3 air tube variations with a volume of TU1 0.0009 m³, TU2 0.0019m³, TU3 0.0024 m³.

In this study with a variant of 3 air tubes, TU 1 with a tube volume of 0.0009 m output of output height of 4 m obtained the highest output head of 0.75 bars with an input height of 1 m, a step length of 9 mm and a weight of 150 grams of waste valve load. For TU 2 with a tube volume of 0.0019 m³ the output height of 4 m obtained the highest output head of 0.85 bar with an input height of 1 m, a step length of 9 mm and a weight of 150 grams of waste valve load. Whereas TU 3 with a tube volume of 0.0024 m output of output height of 4 m obtained the highest output head of 1 bar with an input height of 1 m, a step length of 9 mm and a weight of 150 grams of waste valve load.

Keywords: hydram pump, air tube, yield discharge, head output, efficiency

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu bagian yang penting dan dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari. Manusia, hewan maupun tumbuhan pasti membutuhkan air guna kelangsungan hidup. Masyarakat yang bertempat tinggal di bawah sumber air tidak perlu bersusah payah untuk mendapatkan air untuk kebutuhan sehari-hari karena sesuai dengan hukum fisika air mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah.

Pompa adalah peralatan mekanis yang telah lama digunakan untuk mengalirkan air dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi atau ke suatu tempat tertentu dengan jarak lebih jauh. Pompa merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi ketersediaan air. Oleh karena itu Hydraulic Ram Pump (pompa hidram) adalah salah satu alat yang tepat untuk permasalahan ini. Pompa hidram digunakan untuk mengangkat air dari suatu tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan memanfaatkan energi potensial yang dimiliki oleh sumber air yang akan dialirkan.

Penelitian yang dilakukan peneliti kali ini berbeda dengan penelitian yang sudah dilakukan. Perbedaan yang ada yaitu peneliti menggunakan pipa PVC/pipa bekas. Pada penelitian yang pernah dilakukan, pompa hidram menggunakan pengelasan atau pipa besi pada umumnya. Serta adanya variasi yang dilakukan pada 3 tabung udara dan seberapa besar pengaruh tabung udara terhadap unjuk kerja pompa hidram.

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas, maka dapat dituliskan perumusan masalah sebagai berikut; bagaimana mendapatkan debit air yang optimal dari 3 varian tabung udara yang digunakan dan bagaimana mendapatkan unjuk kerja yang optimal pada pompa hidram.

Dari perumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu; untuk mendapat debit air yang optimal dari 3 varian tabung udara yang digunakan dan untuk mendapatkan unjuk kerja pompa hidram.

Disamping itu agar ruang lingkup permasalahan ini tidak meluas, maka penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Tinggi jatuh air atau head sumber sebesar 1 m. Head sumber sebesar 1 m adalah head sumber yang paling optimal untuk menjaga kuantitas air.
2. Tinggi pemompaan air sebesar 4 m. Dengan ketinggian pemompaan sebesar 4 m, sudah cukup untuk mengairi persawahan yang belum mendapatkan pasokan air karena ketinggian permukaan persawahan lebih tinggi dari pada saluran irigasi.

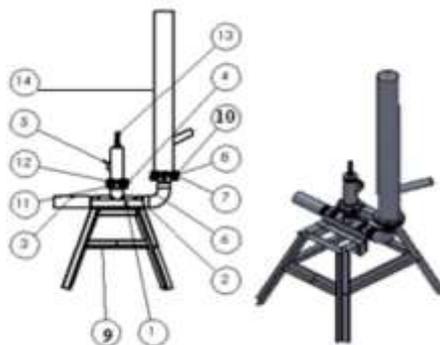
3. Tabung yang digunakan dengan spesifikasi sebagai berikut :

Material: Pipa PVC / Pipa bekas, Panjang tabung: 40 cm, 50 cm, Diameter tabung: 2" = 55,40 mm, 3" = 79,20 mm

Pompa adalah peralatan mekanis untuk mengubah energi mekanik dari mesin penggerak pompa menjadi energi tekan fluida yang dapat membantu memindahkan fluida ke tempat yang lebih tinggi elevasinya. Pompa hidram merupakan suatu alat yang digunakan untuk menaikkan air dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi secara otomatis dengan energi yang berasal dari air itu sendiri yaitu karena adanya tinggi air jatuh yang digunakan untuk menekan katup pada pompa hidram dan mengakibatkan *water hammer* ketika air dihentikan secara tiba-tiba, maka perubahan momentum massa fluida tersebut akan meningkatkan tekanan secara tiba – tiba pula. Peningkatan tekanan fluida ini digunakan untuk mengangkat sebagian fluida tersebut ke tempat yang lebih tinggi.

a. Komponen Pompa Hidram

Beberapa komponen utama sebuah pompa hidram, Than (2008), (dijelaskan pada gambar 4 di bawah ini : 1. Katup Limbah (*Waste Valve*), 2. Katup Penghantar (*Delivery Valve*), 3. Tabung Udara (*Air Chamber*), 4. Katup Udara (*Air Valve*), 5. Pipa Masuk (*Driven Pipe*)



Gambar 1 bagian-bagian pompa hidram

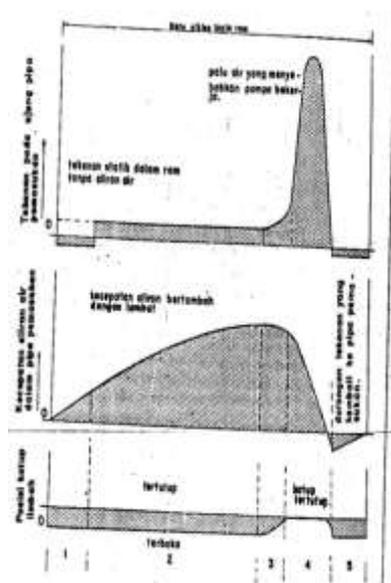
Keterangan gambar:

1 Tee, 2)Badan pompa , 3) Pipa masuk, 4) Double neple saluran katup limbah, 5) Rumah katup limbah, 6)Elbow, 7) Double neple saluran katup penghantar, 8) Katup hantar, 9) Penyangga pompa, 10) Plat pengikta katu hantar, 11) Plat pengikta rumah katup limbah, 12) Ktup limbah, 13) As katup limbah, 14) Tabung udara.

b. Prinsip Kerja Pompa Hidram

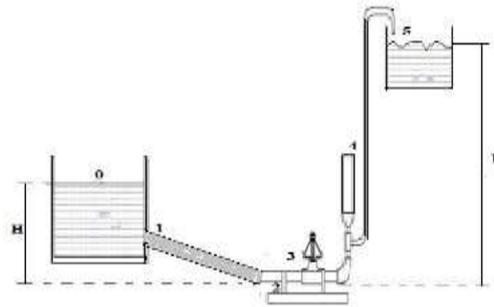
Secara sederhana bentuk ideal dari tekanan dan kecepatan aliran pada ujung pipa pemasukan dan kedudukan katup limbah selama satu siklus kerja pompa hidram Calhoun (2003), terjadi dalam lima periode yaitu: Periode 1. Aliranr siklus yang sebelumnya, kecepatan air melalui ram mulai bertambah, air melalui katup limbah yang sedang terbuka timbul tekanan negatif yang kecil dalam ram. Periode 2. Aliran bertambah sampai maksimum melalui katup imbah yang terbuka dan tekanan dalm pipa-pipa masuk juga bertambah secara bertahap. Periode 3. Katup limbah mulai menutup dengan demikian meyebabkan naiknya tekanan dalam ram. Kecepatan aliaran dalam pipa pemasukan telah mencapai maksimum. 4. Katup limbah tertutup, menyebabkan terjadinya water hammer yang mendorong air melalui katup penghantar. Kecepatan dalam pipa pemasukan berkurang dengan cepat. Periode 5. Denyut tekanan terpukul kedalam pipa pemasukan, menyebabkan timbulnya hisapan kecil dalam ram. Katup limbah terbuka karena hisapan dan beban dari katup limbah. Air mulai mengalir lagi melalui katup limbah dan siklus hidraulik ram terulang lagi.

Dalam 5 periode pompa hidram bekerja dalam satu siklus pompa hidram tergantung dari katup limbah.



Gambar 2 Diagram satu siklus kerja pompa hidram.

- c. Energi yang dibangkitkan oleh pompa hidram dengan persamaan Bernoulli.



Gambar 3. Skema Instalasi Pompa Hidram

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + h_L \dots\dots\dots(1)$$

P_0 = tekanan pada titik (N/m²)

P_3 = tekanan pada katup buang (N/m²)

V_0 = kecepatan aliran air pada titik 0 pada bak pemasok

V_3 = kecepatan aliran air pada katub buang (= 0) karena aliran air terhenti seiring menutupnya katub limbah (m/s)

Z_0 = ketinggian titik 0 dari datum (m)

Z_3 = ketinggian pada katup buang (0) karena diasumsikan segaris datum (m)

H_L = head losses (m)

ρ = massa jenis fluida, (untuk air = 1000), (kg/m³)

g = percepatan gravitasi = 9,81 (m/s²)

d. Effisiensi pompa hydram

Metode yang biasa digunakan untuk menghitung effisiensi pompa hydram, yaitu Metode Rankine. (Taye, 1998)

$$\eta_{Rankine} = \frac{q(h-H)}{(Q+q)H} \dots\dots\dots(2)$$

dimana, $\eta_{Rankine}$ adalah effisiensi pompa (%), q = debit hasil (m³/s), Q = debit limbah (m³/s), h = head keluar (m), H = head masuk (m).

METODE

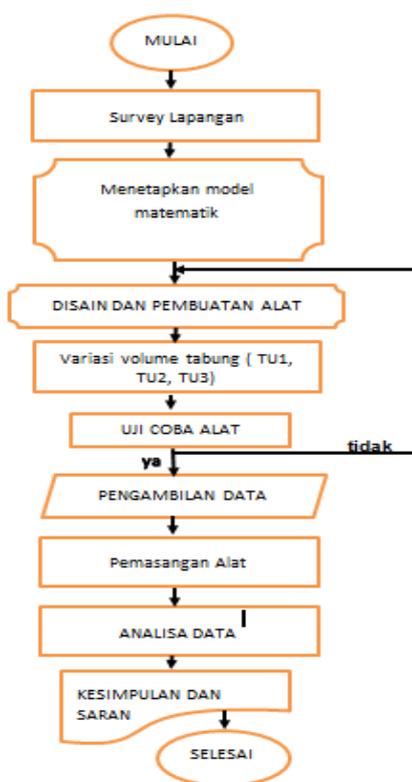
Pelaksanaan perancangan untuk penelitian ini dilakukan di kelas teknik mesin Universitas Islam Majapahit dan untuk tempat pemasangan serta pengujian penelitian ini di desa Wuluh, kecamatan Kesamben, kabupaten Jombang.

Bahan Penelitian ini menggunakan pompa hidraulik ram dengan diameter pipa masuk 1 inchi dan pipa keluar ½ inchi



Gambar 4 Prototype pompa hidram

Adapun bentuk diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Diagram alur penelitian

Adapun ukuran tabung meliputi, volume tabung udara diameter dan tinggi pipa pemasukan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Ukuran tabung udara

Tabung Udara	Volume tabung (m ³)	Diameter tabung (in)	Tinggi tabung (cm)
I	0,0009	2	40
II	0,0019	3	40
III	0,0024	3	50

Sedangkan parameter yang ditetapkan adalah sebagai berikut; head masuk (H) = 1 m, panjang pipa masuk (L) = 2 m, diameter pipa masuk (D) = 2,820 cm, diameter pipa keluar (d) = 1,760 cm, massa tambahan katup limbah (m_w) = 150 gram.

Parameter yang diukur sebagai berikut; debit limbah (Q), debit hasil (q), tekanan pada pipa keluar P_o , dan jumlah ketukan katup limbah (N). Parameter yang dihitung efisiensi pompa hidram (η)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengambilan data diawali dengan melakukan proses trial and error instalasi pompa hidram. Proses trail and error dilakukan untuk mendapatkan konfigurasi optimal untuk parameter – parameter yang di tetapkan pada pompa hidram tersebut. Selain itu, proses trail and error juga dilakukan untuk mengetahui kekurangan – kekurangan yang masih terdapat pada instalasi pompa hidram, sehingga pada saat pengambilan data, pompa hidram akan berada pada kondisi dan konfigurasi optimal.

Hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk kurva karakteristik. Pada setiap variasi ukuran tabung udara, akan disajikan kurva hubungan antara debit limbah (Q) – head output (h), jumlah ketukan (N) – head output (h), debit hasil (q) – head output (h). Untuk data utama penelitian ini, akan disajikan dalam kurva karakteristik hubungan antara volume tabung udara (V_{tu}) – tekanan output (h / P_o).

Pengujian I

Pengujian I dilakukan kondisi pompa hidram sebagai berikut; volume tabung udara = 0.0009 m³, panjang langkah katup limbah = 9 mm, beban tambahan katup limbah = 150 grm, head input (H) = 1 m, panjang pipa drive = 2 m, diameter pipa drive = 1 inch, pipa keluar = ½ inch, kecepatan aliran air = 40.48 mm/s. Hasil pengamatan pengujian I, dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil pengamatan pengujian I

DATA KE-	DEBIT LIMBAH (Q)	DEBIT HASIL (q)	P_o Bar	JUMLAH KETUKAN (N)	Efisiensi (η)
	(L/menit)	(L/menit)		(ketukan/menit)	%
1	11.8	0.58	0.68	140	14
2	11.94	0.65	0.72	149	15.4
3	12.4	0.61	0.75	147	14.5

Pengujian II

Pengujian I dilakukan kondisi pompa hgram sebagai berikut; volume tabung udara = 0.0019 m³, panjang langkah katup limbah = 9 mm, beban tambahan katup limbah = 150 gram, head input (H) = 1 m, panjang pipa drive = 2 m, diameter pipa drive = 1 inch, pipa keluar = ½ inch, dan kecepatan aliran air = 40.48 mm/s. Hasil pengamatan pengujian II, dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil pengamatan pengujian II

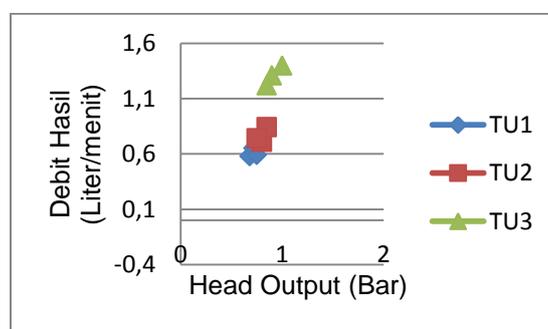
DATA KE-	DEBIT LIMBAH (Q)	DEBIT HASIL (q)	P_o	JUMLAH KETUKAN (N)	Efisiensi (η)
	(L/menit)	(L/menit)	Bar	(ketukan/menit)	%
1	13.34	0.71	0.8	98	15.1
2	13.16	0.84	0.85	137	18
3	13.45	0.74	0.75	140	15.6

Pengujian III

Pengujian I dilakukan kondisi pompa hgram sebagai berikut; volume tabung udara = 0.0024 m³, panjang langkah katup limbah = 9 mm, beban tambahan katup limbah = 150 gram, head input (H) = 1 m, panjang pipa drive = 2 m, diameter pipa drive = 1 inch, pipa keluar = ½ inch, dan kecepatan aliran air = 40.48 mm/s. Hasil pengamatan pengujian III, dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengamatan pengujian III

DATA KE-	DEBIT LIMBAH (Q)	DEBIT HASIL (q)	P_o	JUMLAH KETUKAN (N)	Efisiensi (η)
	(L/menit)	(L/menit)	Bar	(ketukan/menit)	%
1	10.9	1.4	1	150	34.1
2	11.61	1.42	0.9	152	32.6
3	11.62	1.41	0.95	147	32.4



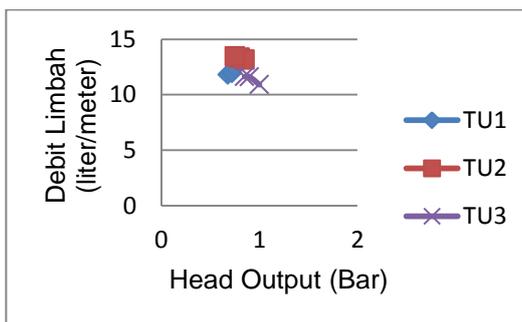
Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Head Output dengan Debit Hasil Pada Berbagai Variasi Ukuran Tabung Udara

Sesuai dengan Persamaan 3, yaitu menyatakan bahwa :

$$E_K = m_D g \left(h + \frac{V_D^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + h_{LD} \right) + m_V g S + E_{Losses} \dots\dots\dots (3)$$

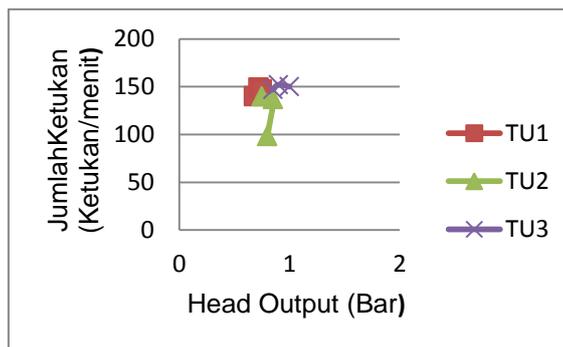
dengan E_K = energi kinetik aliran air dalam pipa masuk (Joule), m_D = massa air dalam pipa keluar (kg), V_D = kecepatan aliran air dalam pipa keluar (m/s), P = tekanan atmosfer (N/m²), γ = berat jenis air (kN/m³), g = percepatan gravitasi =9,81 (m/s²), h_{LD} = rugi – rugi head pipa keluar (m), m_V = massa katub limbah (kg), E_{Losses} = energi yang hilang ke sistem misalnya kembali kearah aliran getaran dan gesekan (Joule), S = panjang langkah katub limbah (m).

Kita asumsikan bahwa energi yang dibangkitkan hidram adalah konstan, dan tekanan statis pada katup penghantar konstan. Dari persamaan diatas, dapat diketahui bahwa dengan bertambahnya head output (h), maka *head losses* akan bertambah pula. Untuk memenuhi persamaan diatas, yang terjadi adalah kecepatan titik tertinggi akan mengalami penurunan sehingga debit yang keluar akan semakin kecil. Pada posisi tertentu, kecepatan di titik tertinggi akan sama dengan nol, yang artinya pompa hidram telah mencapai batas maksimum.



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Head Output dengan Debit Limbah Pada Berbagai Variasi Ukuran Tabung Udara

Dari gambar 7 terlihat semakin besar *head output*, maka debit air yang dibuang oleh hidram (debit limbah Q) semakin besar. Kenaikan head output menyebabkan tekanan pada katup penghantar semakin besar. Jika tekanan pada katup penghantar semakin besar, maka tekanan air semakin sulit untuk membuka katup penghantar, sehingga air lebih banyak mengalir menuju katup limbah. Banyaknya air yang mengalir menuju katup limbah, akan menyebabkan jumlah ketukan katup limbah semakin banyak sehingga lebih banyak air yang terbuang melalui katup limbah.

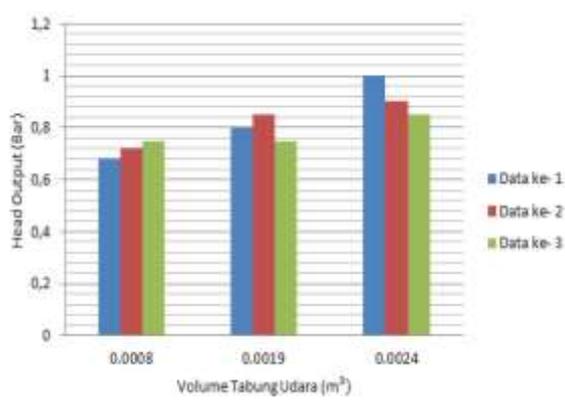


Gambar 8. Grafik Hubungan Antara Head Output dengan Jumlah Ketukan Katup Limbah Pada Berbagai Variasi Ukuran Tabung Udara

Pada gambar 8 terlihat jumlah ketukan katup limbah (N) semakin meningkat dengan bertambahnya *head output* (h). Kenaikan *head output* mengindikasikan bahwa tekanan pada katup penghantar semakin besar. Akibatnya tekanan air dari badan hidram semakin sulit untuk membuka katup penghantar, sehingga aliran air akan lebih banyak menuju katup limbah. Meningkatnya aliran air yang menuju katup limbah menyebabkan jumlah ketukan katup limbah semakin besar pula.

Pengaruh Variasi Ukuran Tabung Udara Terhadap Unjuk Kerja Sebuah Pompa Hidram

Pada sub bab ini, akan disimpulkan grafik yang menunjukkan hubungan antara variasi ukuran tabung udara terhadap *head output*. Dalam setiap grafik, akan disajikan 3 data yang berbeda untuk variasi ukuran tabung udara. Data tersebut adalah hasil pengamatan pada kondisi bukaan di pipa output $\frac{1}{2}$ inch.



Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Volume Tabung Udara dengan Head Output Pompa Hidram

Penggunaan tabung udara dapat memperbesar *head output* pompa hidram. Hal itu cukup beralasan, karena dengan penggunaan tabung udara, air bertekanan hasil proses

water hummer atau tekanan yang datang secara tiba - tiba lebih dulu diakumulasi di dalam tabung udara sebelum dialirkan menuju *delivery pipe*. Selain itu, dari hasil pengamatan, fluktuasi/guncangan head output pompa juga lebih kecil dengan penggunaan tabung udara.

Akan tetapi, tidak selamanya volume tabung udara berbanding lurus dengan head output. Seperti yang terlihat pada grafik diatas di atas, ketika volume tabung udara melebihi nilai tertentu, pengurangan volume tabung justru akan memperkecil *head output*. Hal itu disebabkan karena pada tabung udara yang terlalu kecil, akan sedikit rongga udara yang justru akan menurunkan tekanan dalam tabung. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa volume tabung udara yang optimum adalah ketika tabung udara dapat mengakumulasi air bertekanan sampai titik maksimum, tanpa terbentuk rongga udara di dalam tabung tersebut.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengamatan dan pembahasan yang telah dilakukan, didapatkan simpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan tabung udara dapat memperbesar head output pompa hidram, dimana tabung udara dengan volume 0.0024 m³ mampu menghasilkan head output sebesar 1 Bar pada kondisi bukaan di pipa output ½ inch. Selain itu, penggunaan tabung udara juga mampu memperbesar efisiensi pompa hidram, dengan menggunakan tabung udara dan pada bukaan pipa output ½ inch, pompa hidram mampu berkerja dengan efisiensi mencapai 34.1%. Sedangkan untuk jumlah ketukan katup limbah, penggunaan tabung udara berbanding terbalik dengan jumlah ketukan katup limbah, dimana jumlah ketukan paling kecil diperoleh pada ukuran tabung (0.0019 m³), yakni 98 ketukan/menit pada posisi bukaan di pipa output ½ inch.
2. Dari ke 3 tabung udara yang diuji tabung udara yang paling besar (0.0024 m³) mempunyai tekanan air di pipa output paling tinggi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, TU3 pada pompa hidram sangat baik untuk meningkatkan tekanan output pompa hidram dan mengurangi denyutan aliran pada *delivery pipe*.

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka perlu disarankan agar penelitian menjadi lebih efektif kedepannya. Penelitian dan pengembangan pompa hidram untuk masa-masa yang akan datang sangat diperlukan, mengingat masih banyak faktor – faktor yang

dapat meningkatkan performa sebuah pompa hidram untuk diteliti, misalnya, penggunaan klep tabok / swing check valve pada katup limbah untuk meningkatkan kecepatan air saat melewati katup limbah, atau penggunaan nozzle pada katup penghantar, yang dapat digunakan untuk mendapatkan performa hidram yang lebih baik.

Dalam pengujian kali ini, ditemukan beberapa kendala diantaranya ketersediaan alat pendukung penelitian, misalnya pressure gauge untuk tekanan rendah, yang di masa mendatang perlu untuk diusahakan, untuk mendapatkan data yang lebih akurat. Perlu adanya kesenimbangan penelitian pompa hidram ini, agar teknologi hidram tidak berhenti, dan untuk membantu menyebarkan teknologi hidram ke daerah-daerah yang memungkinkan menjadi tempat instalasi hidram.

DAFTAR PUSTAKA

- Calhoun, J. (2003). *Home Built Hydraulic Ram Pumps*. NM Independent Power Resources, Nort Bend.
- Fox, R. W. (2003). *Introduction to Fluid Mechanics 6th Edition*. Wiley & Sonc, Inc., Hoboken, AS.
- Hanafie, J., (1979). *Teknologi Pompa Hidraulik Ram*, Pusat Teknologi Pembangunan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Taye, T., (1998). Hydraulic Ram Pump. *Journal of the ESME*, 2 (1)
- Than, P.M. 2008. *Construction and Performance Testing of the Hydraulic Ram Pump*. GMSARN Internasional Conference on Sustainable Development: Issues and Prospects for the GMS., Mandalay, Myanmar
- Suroso, oktober (2012), *Siklus pemompaan pompa Hidraulik*, Seminar Nasional VIII,STTN Yogyakarta.
- Surya, D. (2013), *Rancang Bangun Pompa Hidraulik Ram (Hidram)*, Universitas Sumatera Utara, Medan.