



EFISIENSI POMPA HIDRAM BERDASARKAN PERBEDAAN DIAMETER PIPA MASUKAN DAN VOLUME TABUNG

Tiara Amanda^a, Fitria^a

^aProgram Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

E-mail : tiaraamanda@students.polmed.ac.id (T. Amanda) Tel.: +62 822-7564-9524

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 2 November 2022

Direvisi pada 13 Desember 2022

Disetujui pada 8 Januari 2023

Tersedia daring pada 25 Februari 2023

Kata kunci:

Air, Listrik, Bahan Bakar, Pompa Hidram, Efisiensi

Keywords:

Water, Electricity, Fuel, Hydrum Pump, Efficiency.

ABSTRAK

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi makhluk hidup, selain untuk perkembangan fisiologis. Kenyataannya masih banyak daerah pedesaan yang mengalami kesulitan dalam penyediaan air, salah satu penyebabnya yaitu karena kondisi geografis tanah, jadi daerah yang letaknya diatas sumber air akan mengalami kesulitan dalam penyediaan air. Sebenarnya untuk mengatasi masalah tersebut penggunaan pompa air dengan tenaga listrik dan mesin diesel sudah lama dikenal oleh masyarakat, namun pada kenyataannya masih banyak masyarakat pedesaan yang belum memilikinya, karena terkendala pada biaya pengoperasiannya, yaitu penggunaan keperluan listrik yang banyak serta bahan bakar minyak yang harganya relatif mahal. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dikembangkan suatu teknologi pengganti yang sepadan, menggunakan teknologi tepat guna, efisien dan murah sehingga dalam penggunaannya tidak tergantung pada tenaga listrik atau bahan bakar lainnya, teknologi tersebut adalah Pompa Hidram. Pompa hidram bergerak dengan kekuatan air itu sendiri dan tidak memerlukan energi lain. Pompa hidram yang digunakan dalam penelitian ini memiliki ukuran badan pompa 1 ½ inci dan diameter pipa penghantar ¾ inci. Penelitian ini dibuat untuk mengetahui efisiensi pompa hidram berdasarkan perbedaan diameter pipa masukan dan volume tabung. Diameter pipa masukan yang digunakan ialah ¾ inci dan 1½ inci serta volume tabung yang digunakan ialah 2279,0277 cm³ dan 4051,6048 cm³. Penelitian ini menunjukkan efisiensi maksimum yang dicapai pada pengujian diameter pipa masukan 1 ½ inci dan volume tabung 4051,6048 cm³ yaitu sebesar 89,13%, dengan debit hasil pemompaan 0,0578 L/S dan ketinggian air 7,2 m serta tekanan tabung 0,4 bar.

ABSTRACT

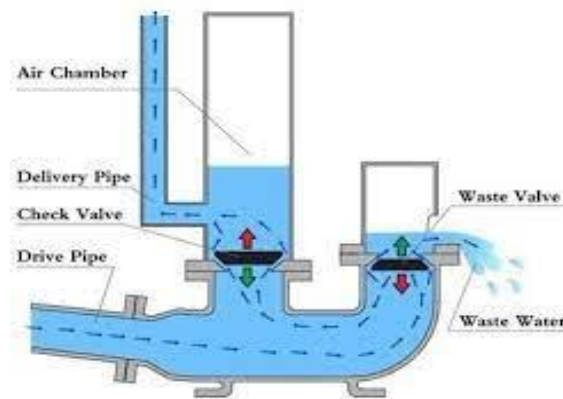
Water is a very important need for living things, in addition to physiological. In fact, there are still many rural areas that have difficulty in providing water. To overcome this problem the use of water pumps with electric power and diesel engines has long been known by the public, but in fact there are still many rural communities who do not have them, because they are constrained by operating costs, which will use a lot of electricity supply and fuel oil which is relatively expensive. To overcome this, it is necessary to develop a commensurate replacement technology, using appropriate, efficient, and inexpensive technology so that its use does not depend on electric power or other fuels, the technology is the hydrum pump. The hydraulic ram pump used in this study has a pump body size of 1 ½ inches and a diameter of inch delivery pipe ¾ inches. This study was made to determine the efficiency of the hydraulic ram pump based on the difference in the diameter of the input pipe and the volume of the tube. The diameter of the input pipe used is inch and 1½ inch and the volume of the tube used is 2279.0277 cm³ and 4051.6048 cm³. This study shows the maximum efficiency achieved by testing the 1-inch inlet pipe diameter and tube volume of 4051.6048 cm³ which is 89.13%, with a pumping discharge of 0.0578 L/S and a water level of 7.2 m and a tube pressure of 0.4 bars.

1. PENGANTAR

Pompa hidram berasal dari kata *hydraulic ram pump* dan prinsip kerja pengoperasian pompa hidram adalah menggunakan gravitasi yang akan menghasilkan energi dari hantaman air yang bertabrakan dengan sistem air lain untuk mendorongnya ke tempat yang lebih tinggi. Air akan dinaikkan terus menerus karena memiliki gaya hidrolis yang ditimbulkan oleh hantaman air yang jatuh dari pipa saluran masuk atau suplai. Dalam berbagai kondisi, menggunakan pompa hidrolis memiliki lebih banyak keuntungan daripada menggunakan jenis pompa air lainnya. Beberapa di antaranya tidak memerlukan bahan bakar atau tenaga tambahan dari sumber lain, tidak memerlukan pelumasan, bentuknya sangat sederhana dan sangat murah untuk dibuat dan dirawat, dan tidak memerlukan keterampilan teknis yang tinggi untuk mengoperasikannya. Selain itu pompa ini bekerja 24 jam per hari menjadi cocok untuk daerah yang letaknya lebih tinggi dari sumber air dan daerah yang belum teraliri listrik (Fernando Limbong, 2019).

1.1 Pompa Hidram

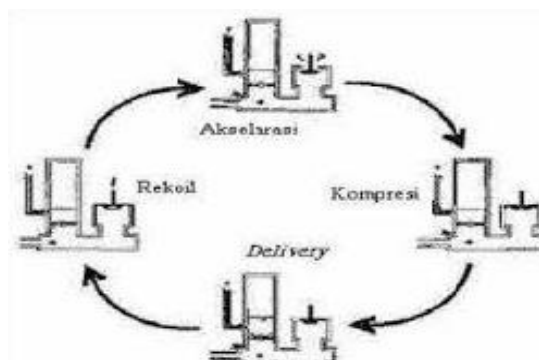
Pompa hidram, juga dikenal sebagai Pompa hidrolis, adalah alat yang digunakan untuk menaikkan air dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan energi dari air itu sendiri. Secara khusus pompa hidram bergerak dengan kekuatan air itu sendiri dan tidak memerlukan bahan bakar atau energi lain. Sumber airnya bisa bermacam-macam, dari aliran sungai hingga air kolam. Cara membuat pompa air non listrik dengan pompa hidrolis hanya bisa digunakan jika pompa berada di sumber air yang terus mengalir (Surya, 2013). *Hydraulic ram pump* juga dikenal sebagai pompa hidram yang berasal dari kata *hidro* yaitu air (cair) dan *ram* yang berarti pukulan, hantaman atau tekanan. Pompa hidram adalah sebuah pompa dimana energi atau tenaga penggerakannya berasal dari tekanan atau hantaman air yang masuk kedalam pompa melalui pipa. Pompa ini bekerja tanpa bahan bakar atau listrik sehingga disebut pompa air tanpa motor atau disingkat PTAM. Pompa hidram mampu memindahkan air dari sumber air, sungai, danau maupun kolam ke posisi yang lebih tinggi dari sumber air aslinya secara otomatis dengan energi yang berasal dari air itu sendiri seperti pada gambar 1 (Fernando Limbong, 2019).



Gambar 1: Pompa Hidram (Surya, 2013)

1.2 Prinsip Kerja Pompa Hidram

Prinsip kerja pompa hidram adalah air dari tangki atau sumber air akan dialirkan menuju badan pompa. Kemudian air terdorong menuju katup pembuangan dan terjadi pukulan air atau palu air (*water hammer*) yang menyebabkan terjadi tekanan pada Pompa Hidram yang mengakibatkan air terdorong kembali menuju katup satu arah dan katup terbuka sehingga air masuk dan mengisi sebagian tabung udara. Setelah air memasuki tabung udara maka katup satu arah akan menutup kembali dan udara ditabung akan mendesak air untuk masuk melalui pipa keluaran dan dapat menaikkan air sesuai dengan ketinggian (Juanda Saroha, 2017). Mekanisme pengoperasian pompa hidram adalah dengan melipat gandakan kekuatan pukulan sumber air yang merupakan input ke dalam tabung pompa hidram dan menghasilkan output air dengan volume tertentu sesuai dengan lokasi yang diperlukan. Pada mekanisme ini terjadi proses pengubahan energi kinetis berupa aliran air menjadi tekanan dinamis yang menciptakan palu air atau *water hammer* yang mengakibatkan tekanan yang tinggi di dalam pipa. Dengan perlengkapan klep buang dan klep tekan yang membuka dan menutup secara bergantian, tekanan dinamik diteruskan ke dalam tabung udara yang berfungsi sebagai kompresor yang mampu mengangkat air dalam pipa penghantar seperti pada gambar 2 berikut ini (Sularso, 2015).

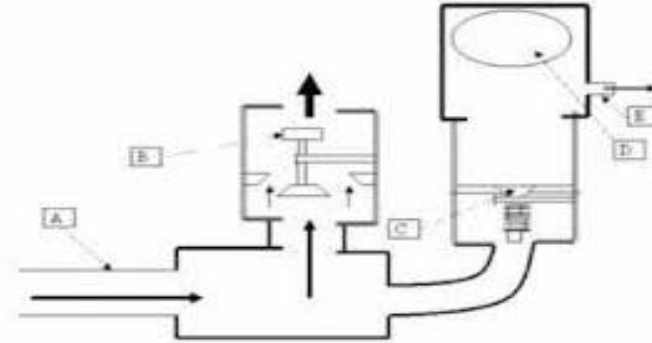


Gambar 2: Siklus Kerja Pompa Hidram (Surya, 2013)

Prinsip kerja pompa hidram berdasarkan posisi klep buang dan variasi kecepatan fluida terhadap waktu dapat dibagi menjadi 4 tahapan yang sudah dijelaskan pada gambar diatas diantaranya yaitu (Surya, 2013):

1. Akselerasi

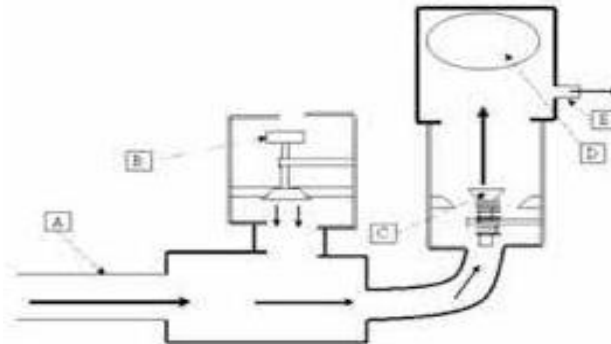
Pada tahap awal ini, klep buang terbuka dan air mulai mengalir dari sumber air melalui pipa masuk memenuhi badan pompa hidram dan keluar melalui klep buang. Pengaruh ketinggian sumber air menyebabkan maka air yang mengalir tersebut mengalami percepatan hingga mencapai kecepatan nol, posisi klep tekan masih tertutup. Pada kondisi awal seperti ini tidak ada tekanan dalam tabung udara dan belum ada air yang keluar melalui pipa penyalur. Pada saat tahap akselerasi, air dalam pipa suplai mulai mengalir dengan sangat cepat. Sebagian lagi air keluar melalui katup buang sehingga semakin lama tekanan air terus meningkat, sampai pada titik dimana tekanan air mulai melebihi berat katup buang, sehingga katup buang mulai terangkat karena adanya gaya dorong air seperti pada gambar 3.



Gambar 3: Skema Pompa Hidram Pada Kondisi Akselerasi (Surya, 2013)

2. Kompresi

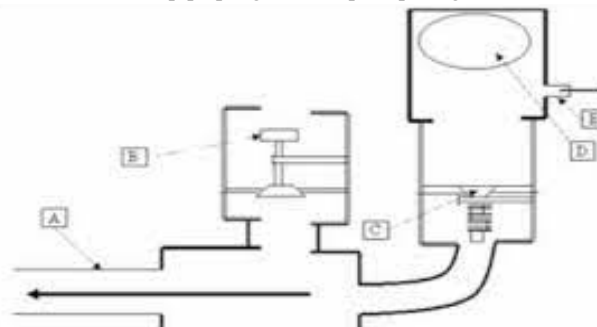
Pada tahapan yang kedua yaitu kompresi, tekanan air membuat katup buang menutup sepenuhnya, yang menyebabkan air tidak dapat mengalir melalui katup buang, jadi air hanya bisa mengalir ke arah tabung udara. Air secara terus menerus mengalir menekan udara yang berada di dalam tabung, hingga pada saat dimana daya dorong air tidak bisa lagi menekan udara di dalam tabung. Pada saat itu, air yang berada disekitaran pompa tiba-tiba berhenti. Air tidak mampu lagi mengalir, baik melalui katup impuls, atau melalui tabung udara. Pada saat yang sama, partikel air dalam pipa suplai masih terus menerus mengalir dengan sangat cepat, sehingga terjadilah proses tumbukan atau tabrakan antara air yang tiba-tiba berhenti dengan air yang berada di dalam pipa suplai. Proses tumbukan tersebut menyebabkan hentakan yang menekan udara sehingga udara dalam tabung menjadi terkompresi seperti pada gambar 4.



Gambar 4: Skema Pompa Hidram Pada Kondisi Kompresi (Surya, 2013)

3. Penghantar (*delivery*)

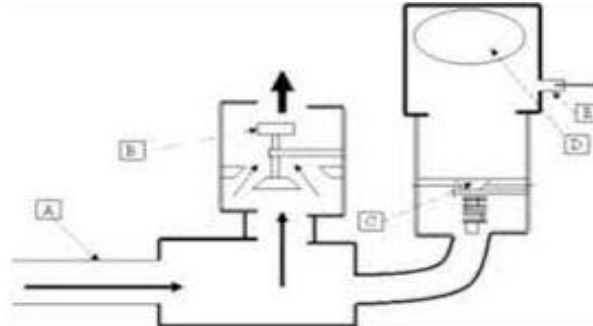
Pada tahapan ini katup limbah masih pada posisi tertutup. Penutupan katup secara tiba-tiba mengakibatkan tekanan yang lebih besar dari tekanan statis terhadap pipa pemasukan. Katup penghantar pada akhirnya akan terbuka dengan cepat sehingga sebagian air akan memompa masuk menuju tabung udara. Udara yang berada di dalam tabung akan memuai dengan tujuan memberikan keseimbangan pada tekanan lalu kemudian mendorong air keluar melewati pipa penghantar seperti pada gambar 5.



Gambar 5: Skema Pompa Hidram Pada Kondisi Penghantar (Surya, 2013)

4. Recoil

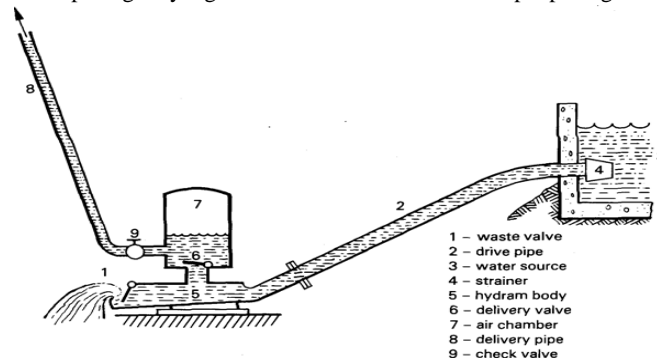
Tahapan terakhir yaitu dimana katup pengantar telah menutup, lalu tekanan yang berhampiran pada katup penghantar berada pada keadaan yang lebih besar daripada tekanan statis di pipa pemasukan, sehingga mengakibatkan aliran air akan berbalik arah dari badan pompa hidram ke sumber air. Pada tahap recoil ini sebagian udara dari luar masuk ke pompa maka terjadinya kevakuman pada hidram yang mengakibatkan beratnya katup limbah itu sendiri sehingga katup limbah kembali terbuka, maka tekanan di sisi bawah katup limbah sedikit demi sedikit berkurang. Sebelum siklus yang selanjutnya terjadi, tekanan air pada pipa akan kembali ke tekanan statis seperti pada gambar 6.



Gambar 6: Skema Pompa Hidram Pada Kondisi Recoil (Surya, 2013)

1.3 Bagian-Bagian Pompa Hidram

Pompa hidram terdiri dari beberapa bagian yang membentuk suatu sistem terdapat pada gambar 7.



Gambar 7: Bagian-Bagian Pompa Hidram (Maryono, 2015)

1.3.1 Klep Buang (Waste Valve)

Klep buang atau katup limbah adalah suatu komponen yang sangat penting dari pompa hidram, oleh karena itu klep buang harus didesain dengan benar agar berat dan gerakannya dapat disesuaikan. Fungsi dari klep buang itu sendiri adalah untuk mengubah energi kinetik fluida kerja yang mengalir melalui pipa masukan menjadi energi tekanan dinamis yang akan menaikkan fluida kerja menuju tabung udara (Sitepu, 2013). Klep buang dengan panjang langkah yang lumayan jauh dan beban yang lumayan berat membuat fluida mengalir lebih cepat, akibatnya saat klep buang menutup akan terjadi lonjakan tekanan yang lumayan tinggi, lalu menyebabkan fluida kerja terangkat menuju tabung udara. Sementara klep buang dengan beban sedikit lebih ringan dan panjang langkah yang lebih pendek menyebabkan terjadinya denyutan yang lebih cepat sehingga debit air yang terangkat akan lebih besar dengan lonjakan tekanan yang lebih kecil seperti pada gambar 8.



Gambar 8: Klep Buang

1.3.2 Pipa Masukan (*Drive Pipe*)

Pipa masukan merupakan komponen yang sangat penting dari sebuah pompa hidram (Panjaitan, 2012). Ukuran pipa masuk juga perlu diperhitungkan dengan cermat serta terbuat dari bahan yang kokoh sehingga dapat menahan tekanan tinggi yang disebabkan oleh penutupan katup limbah secara tiba-tiba seperti pada gambar 9.



Gambar 9: Pipa Masukan

1.3.3 Sumber Air (*Water Source*)

Air yang masuk ke saluran pipa masukan harus bebas dari kotoran maupun sampah baik itu pasir, kerikil ataupun kotoran yang lain, karena kotoran dan sampah tersebut dapat menyumbat atau menahan klep (Zainuddin, 2012). Jika sumber air terlalu jauh dari badan pompa hidram maka saluran air harus dirancang sedemikian rupa agar bisa mencapai pipa penghantarnya seperti pada gambar 10.



Gambar 10: Sumber Air

1.3.4 Saringan (*Strainer*)

Strainer merupakan sebuah alat penyaringan yang berada dibagian ujung selang hisap. saringan tersebut dapat juga tidak dipasang, akan tetapi lebih bagus dipasang agar kotoran yang terdapat pada air dapat tersaring seperti pada gambar 11.



Gambar 11: Saringan

1.3.5 Badan Pompa Hidram (*Body Hydram*)

Badan pompa hidram atau bisa juga disebut *hydram body* yang digunakan sebagai tempat kedudukan *delivery pipe*, *waste valve* dan *delivery valve* seperti pada gambar 12.



Gambar 12: Badan Pompa

1.3.6 Klep Penghantar (*Delivery Valve*)

Klep penghantar atau klep tekan merupakan sebuah katup satu arah yang digunakan untuk mengalirkan air dari badan pompa hidram menuju tabung udara untuk selanjutnya dinaikkan menuju tangki penampungan (Sutanto, 2012). Klep tekan harus dibuat satu arah agar air yang sudah masuk ke dalam tabung udara tidak dapat kembali ke badan pompa hidram, selain itu klep tekan juga harus mempunyai lubang yang cukup besar agar air yang terpompa ke ruang udara tidak terhalang seperti pada gambar 13.



Gambar 13: Klep Penghantar

1.3.7 Tabung Udara (*Air Chamber*)

Tabung udara harus dibuat dengan perhitungan yang benar dan tepat, karena tabung udara digunakan untuk memampatkan udara yang berada didalamnya serta untuk menahan tekanan dari siklus ram, selain itu dengan adanya tabung udara memungkinkan air melewati pipa pengantar secara terus menerus (Tia Setiawan, 2018). Jika tabung udara sudah terisi penuh dengan air, tabung udara akan bergetar dengan sangat hebat sehingga menyebabkan tabung udara pecah. Jika itu benar terjadi, maka ram harus segera dihentikan. Untuk menghindari sesuatu yang tidak diinginkan beberapa para ahli berpendapat volume dari pipa penyalur harus dibuat sama dengan volume tabung udara seperti pada gambar 14.



Gambar 14: Tabung Udara

1.3.8 Pipa Penghantar (*Delivery Pipe*)

Delivery pipe atau pipa penghantar yang harus memiliki lubang yang besar sehingga memungkinkan air yang dipompa masuk kedalam ruang udara tanpa ada hambatan (Sukamto, 2012). Air selanjutnya dinaikkan menuju tangki penampungan seperti pada gambar 15.



Gambar 15: Pipa Penghantar

2. METODE

2.1 Komponen pembuatan pompa hidram

Pompa Hidram memiliki beberapa komponen atau bahan yaitu:

1. Pipa paralon
2. *Elbow*
3. *Tee*
4. *Sockets*
5. Dop
6. *Sockets* drat luar
7. *Sockets* drat dalam
8. *Reducer*
9. *Ball valve*
10. *Pressure gauge*
11. Baut dan mur

Komponen pendukung dalam pembuatan pompa hidram yaitu:

1. Gergaji besi
2. Palu
3. Bor serbaguna
4. Gunting
5. Pisau
6. Obeng

2.2 Cara Kerja Pompa Hidram

1. Pasang pipa masukan pertama dengan diameter $\frac{3}{4}$ inci dan volume tabung $2279,0277 \text{ cm}^3$. Lalu buka keran pada sumber air dan air akan mengalir sehingga menabrak klep buang
2. Klep buang akan bekerja karena adanya hantaman air, klep buang bekerja secara naik turun, sebagian air akan terbuang karena menghantam ke buang, sedangkan Sebagian lagi akan masuk kedalam tabung udara melalui klep penghantar
3. Air yang terdapat didalam tabung udara akan terkompresi dengan udara yang baru sehingga air akan terdorong naik dan keluar melalui pipa penghantar
4. Lakukan percobaan yang sama dengan diameter pipa masukan $1 \frac{1}{2}$ inci dan volume tabung $4051,6048 \text{ cm}^3$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Pompa Hidram

Pengamatan yang dilakukan pada pengujian pompa hidram dengan menggunakan pipa masukan yang diameternya berbeda serta menggunakan tabung udara yang volumenya juga berbeda. Berikut merupakan hasil pengamatan debit hasil dan debit limbah berdasarkan variasi pipa masukan dan volume tabung yang ditunjukkan pada tabel 1-4.

Tabel 1: Pengujian Diameter Pipa Masukan $\frac{3}{4}$ inci dan Volume Tabung 2279,0277 cm³

Debit Hasil		Debit Limbah	
Waktu (detik)	Volume (Liter)	Waktu (detik)	Volume (Liter)
30	0,35	30	3,2
30	0,30	30	2,7
30	0,30	30	3,1

Tabel 2: Pengujian dengan diameter pipa masukan $\frac{3}{4}$ inci dan volume tabung 4051,6048 cm³

Debit Hasil		Debit Limbah	
Waktu (detik)	Volume (Liter)	Waktu (detik)	Volume (Liter)
30	0,60	30	2,25
30	0,75	30	2,30
30	0,70	30	2,60

Tabel 3: Pengujian dengan diameter pipa masukan 1 $\frac{1}{2}$ inci dan volume tabung 2279,0277 cm³

Debit Hasil (Q)		Debit Limbah (q)	
Waktu (detik)	Volume (Liter)	Waktu (detik)	Volume (Liter)
30	1,3	30	4,7
30	1,5	30	4,7
30	1,4	30	4,7

Tabel 4: Pengujian dengan diameter pipa masukan 1 $\frac{1}{2}$ inci dan volume tabung 4051,6048 cm³

Debit Hasil (Q)		Debit Limbah (q)	
Waktu (detik)	Volume (Liter)	Waktu (detik)	Volume (Liter)
30	1,7	30	4,70
30	1,8	30	5,00
30	1,7	30	4,75

3.1.1 Volume Tabung

1. Tabung 1
 $D = 3$ inci
 $r = 1,5$ inci = 3,81 cm
 $T = 50$ cm
 Dijawab = π
 $D = 3,14 \times 3,81 \text{ cm} \times 3,81 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} = 2279,0277 \text{ cm}^3$
2. Tabung 2
 $D = 4$ inci
 $r = 2$ inci = 5,08 cm
 $T = 50$ cm
 $D = \pi r^2 T = 3,14 \times 5,08 \text{ cm} \times 5,08 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} = 4051,6048 \text{ cm}^3$

3.1.2 Debit Sumber (Qin)

1. Pipa $\frac{3}{4}$ inci
 Volume = 10 L
 Waktu = 30 detik = $\frac{V}{T} = \frac{10}{30} = 0,33 \text{ L/S}$
2. Pipa 1 $\frac{1}{2}$ inci
 Volume = 20 L
 Waktu = 30 = $\frac{V}{T} = \frac{20}{30} = 0,667 \text{ L/S}$

3.1.3 Debit Hasil (Qout)

1. Pengujian 1
 $Q1 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{0,35}{30} = 0,01167$
 $Q2 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{0,3}{30} = 0,0100$
 $Q3 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{0,3}{30} = 0,010000$

Jadi pompa hidram dengan diameter pipa masukan $\frac{3}{4}$ inci dan volume tabung 2279,0277 cm³ memiliki rata-rata debit hasil sebesar :

$$Q_{\text{total}} = \frac{Q1+Q2+Q3}{n} = = \frac{0,01167+0,01+0,01}{3} = 0,0105 \text{ L/S}$$

2. Pengujian 2

$$Q1 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{0,6}{30} = 0,020$$

$$Q2 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{0,75}{30} = 0,025$$

$$Q3 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{0,7}{30} = 0,0230$$

Jadi pompa hidram dengan diameter pipa masukan $\frac{3}{4}$ inci dan volume tabung 4051,6048 cm³ memiliki rata-rata debit hasil sebesar :

$$Q_{\text{total}} = \frac{Q1+Q2+Q3}{n} = = \frac{0,02+0,025+0,023}{3} = 0,02267 \text{ L/S}$$

3. Pengujian 3

$$Q1 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{1,3}{30} = 0,0433$$

$$Q2 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{1,5}{30} = 0,0500$$

$$Q3 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{1,4}{30} = 0,04667$$

Jadi pompa hidram dengan diameter pipa masukan $1 \frac{1}{2}$ inci dan volume tabung 2279,0277 cm³ memiliki rata-rata debit hasil sebesar :

$$Q_{\text{total}} = \frac{Q1+Q2+Q3}{n} = = \frac{0,0433+0,05+0,04667}{3} = 0,0466 \text{ L/S}$$

4. Pengujian 4

$$Q1 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{1,7}{30} = 0,0567$$

$$Q2 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{1,8}{30} = 0,0600$$

$$Q3 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{1,7}{30} = 0,0567$$

Jadi pompa hidram dengan diameter pipa masukan $1 \frac{1}{2}$ inci dan volume tabung 4051,6048 cm³ memiliki rata-rata debit hasil sebesar :

$$Q_{\text{total}} = \frac{Q1+Q2+Q3}{n} = = \frac{0,0567+0,06+0,0567}{3} = 0,0578 \text{ L/S}$$

3.1.4 Debit Limbah (q)

1. Pengujian 1

$$q1 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{3,2}{30} = 0,1067$$

$$q2 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{2,7}{30} = 0,090$$

$$q3 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{3,1}{30} = 0,103$$

Jadi pompa hidram dengan diameter pipa masukan $\frac{3}{4}$ inci dan volume tabung 2279,0277 cm³ memiliki rata-rata debit limbah sebesar :

$$q_{\text{total}} = \frac{q1+q2+q3}{n} = = \frac{0,1067+0,09+0,103}{3} = 0,0999 \text{ L/S}$$

2. Pengujian 2

$$q1 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{2,25}{30} = 0,075$$

$$q2 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{2,3}{30} = 0,0767$$

$$q3 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{2,6}{30} = 0,0867$$

Jadi pompa hidram dengan diameter pipa masukan $\frac{3}{4}$ inci dan volume tabung 4051,6048 cm³ memiliki rata-rata debit limbah sebesar :

$$q_{\text{total}} = \frac{q1+q2+q3}{n} = = \frac{0,075+0,0767+0,0867}{3} = 0,0794 \text{ L/S}$$

3. Pengujian 3

$$q1 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{4,7}{30} = 0,1567$$

$$q2 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{4,7}{30} = 0,1567$$

$$q3 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{4,7}{30} = 0,1567$$

Jadi pompa hidram dengan diameter pipa masukan $1 \frac{1}{2}$ inci dan volume tabung 2279,0277 cm³ memiliki rata-rata debit limbah sebesar:

$$q_{\text{total}} = \frac{q1+q2+q3}{n} = = \frac{0,1567+0,1567+0,1567}{3} = 0,1567 \text{ L/S}$$

4. Pengujian 4

$$q1 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{4,7}{30} = 0,1567$$

$$q2 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{5}{30} = 0,167$$

$$q3 = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{4,75}{30} = 0,1583$$

Jadi pompa hidram dengan diameter pipa masukan $1 \frac{1}{2}$ inci dan volume tabung 4051,6048 cm³ memiliki rata-rata debit limbah sebesar:

$$q_{\text{total}} = \frac{q1+q2+q3}{n} = = \frac{0,1567+0,167+0,1583}{3} = 0,16067 \text{ L/S}$$

3.1.5 Efisiensi Pompa Hidram (%)

1. Pengujian 1

Diameter pipa masukan = $\frac{3}{4}$ inci

$$\text{Volume tabung} = 2279,0277 \text{ cm}^3$$

$$\text{Debit } Q_{\text{out}} = 0,0105 \text{ L} = 0,0000105 \text{ m}^3$$

$$\text{Debit } Q_{\text{in}} = 0,33 \text{ L} = 0,00033 \text{ m}^3$$

$$H_1 = 0,7 \text{ m}$$

$$H_2 = 3,1 \text{ m}$$

$$\eta = \frac{Q_{\text{out}} \times H_2}{Q_{\text{in}} \times H_1} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{0,0000105 \times 3,1}{0,00033 \times 0,7} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{0,00003255}{0,000231} \times 100 \%$$

$$\eta = 0,1409 \times 100 \%$$

$$\eta = 14,09 \%$$

2. Pengujian 2

$$\text{Diameter pipa masukan} = \frac{3}{4} \text{ inci}$$

$$\text{Volume tabung} = 4051,6048 \text{ cm}^3$$

$$\text{Debit } Q_{\text{out}} = 0,02267 \text{ L} = 0,00002267 \text{ m}^3$$

$$\text{Debit } Q_{\text{in}} = 0,33 \text{ L} = 0,00033 \text{ m}^3$$

$$H_1 = 0,7 \text{ m}$$

$$H_2 = 4,2 \text{ m}$$

$$\eta = \frac{Q_{\text{out}} \times H_2}{Q_{\text{in}} \times H_1} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{0,00002267 \times 4,2}{0,00033 \times 0,7} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{0,000095214}{0,000231} \times 100 \%$$

$$\eta = 0,4121 \times 100 \%$$

$$\eta = 41,21 \%$$

3. Pengujian 3

$$\text{Diameter pipa masukan} = 1 \frac{1}{2} \text{ inci}$$

$$\text{Volume tabung} = 2279,0277 \text{ cm}^3$$

$$\text{Debit } Q_{\text{out}} = 0,0466 \text{ L} = 0,0000466 \text{ m}^3$$

$$\text{Debit } Q_{\text{in}} = 0,667 \text{ L} = 0,000667 \text{ m}^3$$

$$H_1 = 0,7 \text{ m}$$

$$H_2 = 6,3 \text{ m}$$

$$\eta = \frac{Q_{\text{out}} \times H_2}{Q_{\text{in}} \times H_1} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{0,0000466 \times 6,3}{0,000667 \times 0,7} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{0,00029358}{0,0004669} \times 100 \%$$

$$\eta = 0,6287 \times 100 \%$$

$$\eta = 62,87 \%$$

4. Pengujian 4

$$\text{Diameter pipa masukan} = 1 \frac{1}{2} \text{ inci}$$

$$\text{Volume tabung} = 4051,6048 \text{ cm}^3$$

$$\text{Debit } Q_{\text{out}} = 0,0578 \text{ L} = 0,0000578 \text{ m}^3$$

$$\text{Debit } Q_{\text{in}} = 0,667 \text{ L} = 0,000667 \text{ m}^3$$

$$H_1 = 0,7 \text{ m}$$

$$H_2 = 7,2 \text{ m}$$

$$\eta = \frac{Q_{\text{out}} \times H_2}{Q_{\text{in}} \times H_1} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{0,0000578 \times 7,2}{0,000667 \times 0,7} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{0,00041616}{0,0004669} \times 100 \%$$

$$\eta = 0,8913 \times 100 \%$$

$$\eta = 89,13 \%$$

Tabel 5: Efisiensi Pompa Hidram

Diameter Pipa Masukan (inci)	Volume Tabung (cm ³)	Head Masuk (m)	Head Keluar (m)	Debit Sumber Q _{in} (L/S)	Debit Hasil Q _{out} (L/S)	Debit Limbah q (L/S)	Tekanan Dalam Tabung (bar)	Efisiensi Pompa (%)
¾	22,790,277	0,7	3,1	0,33	0,0105	0,0999	0,2	14,09%
¾	40,516,048	0,7	4,2	0,33	0,02267	0,0794	0,3	41,21%
1 ½	22,790,277	0,7	6,3	0,667	0,0466	0,1567	0,4	62,87%
1 ½	40,516,048	0,7	7,2	0,667	0,0578	0,16067	0,5	89,13%

3.2 Pembahasan

Kinerja dipengaruhi tinggi tabung udara dan panjang pipa inlet, karena tinggi tabung udara dan panjang pipa inlet sangat mempengaruhi efisiensi dan kapasitas dari pompa hidram. Pada kondisi volume tabung yang kecil, air masuk dan mengompresikan udara dalam tabung hingga udara bertekanan cukup tinggi dan air dibawahnya tertekan kebawah akan menutup katup penghantar. Tekanan yang tinggi menyebabkan katup tertutup dalam waktu yang lama sehingga debit air yang keluar melalui pipa penghantar kecil, sedangkan untuk volume tabung yang ukurannya lebih besar maka volume air yang masuk kedalam tabung mengompresikan udara dalam tabung dengan tekanan yang berkurang, dengan berkurangnya tekanan maka katup penghantar akan menutup lebih cepat sehingga debit air yang keluar dari pipa penghantar akan bertambah (Nadya Yusri dkk., 2014; Priambodo Rizki, 2019). Sitompul dan Hazwi (2014) menunjukkan lebih banyak air limbah dari pada air hasil yang dikeluarkan disebabkan karena pada perancangan pompa *hydram* beban katup limbahnya sangat ringan dan panjang langkahnya lebih pendek sehingga memungkinkan terjadinya denyutan yang lebih cepat sehingga debit air yang terangkat akan lebih besar dengan lonjakan tekanan yang kecil.

4. KESIMPULAN

Sudut pipa masuk dan diameter katup penghantar mempengaruhi jumlah debit air terbuang dan debit air hasil pemompaan yang mana berpengaruh langsung terhadap nilai efisiensi pompa hidram. Pompa hidram merupakan jenis pompa yang penggerakannya berasal dari hantaman air itu sendiri. Ukuran diameter pipa masukan maka debit air yang masuk juga semakin banyak sehingga hantaman air akan semakin kuat dan air hasil pemompaan juga akan mencapai ketinggian maksimum sehingga diperlukan tekanan yang dihasilkan untuk mendorong air hingga mencapai ketinggian maksimum. Semakin besar ukuran diameter pipa masukan dan volume tabung maka semakin besar juga efisiensi pompa hidram. Adapun pompa hidram hasil penelitian dengan diameter pipa masukan 1 ½ inci dan volume tabung 4051,6048 cm³ menghasilkan efisiensi sebesar 89,13%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan rasa syukur karena berkat dan rahmat yang maha kuasa penulis dapat menyelesaikan artikel ini, serta terima kasih yang sedalamnya karena dukungan Jurusan Teknik Mesin POLMED dalam menyelesaikan penelitian dibidang energi.

DAFTAR PUSTAKA

- Limbong, F. (2019). Pompa Hidram Dengan Variasi Pipa Input. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Maryono, A. (2015). Hidrolika Terapan. Jakarta: PT Pradyana Paramita.
- Priambodo, R. (2019). Perbandingan Karakteristik Pompa Hidram Susunan Tunggal Dan Ganda Dengan Jumlah Dan Tinggi Pipa *Outlet*. *Jurnal Teknik Mesin 7*, 133-140
- Saroha, J. (2017). Karakteristik Tekanan Pada Badan Pompa Hidram. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- Silalahi, F. (2019). Rancang Bangun Dan Pengujian Pompa Hidram Dengan Kapasitas 1,75 l/s Untuk Irigasi Persawahan. Jurusan Teknik Mesin. Politeknik Negeri Medan. Medan
- Sukamta. (2012). Kontur Tekanan dan Kecepatan Aliran Fluida Pada Pompa *Hydraulic-Ram*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Sularso. (2015). Pompa dan Kompresor. Jakarta: PT.Pradnya Paramita.
- Surya. (2013). Analisis Pompa Hidram dengan Variasi Tinggi Datum. Jakarta: P.T Pradnya Paramita.
- T. Sitepu. (2013). Rancang Bangun Dan Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Panjang *Driven Pipe* dan Diameter *Air Chamber* Terhadap Efisiensi Pompa Hidram. *Jurnal Dinamika II*, 1-12.
- Yusri, N, Thalib, H., Subhan, M., & Mahades, S.W. (2014). Pengujian Karakteristik Pompa *Hydraulic Ram (Hydram)* Menggunakan Tabung Udara 0,00455 m³. Program Studi Teknik Industri, Universitas Samudra