

PENGARUH PERBEDAAN KETINGGIAN AIR MASUK TERHADAP TEKANAN TABUNG PADA POMPA HIDRAM

Ahmad Ridho

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik UISU

e-mail : ridoja14@gmail.com

Abstrak

Saat ini teknologi untuk menyuplai air bersih kebanyakan menggunakan pompa dengan penggerak motor listrik atau bahan bakar minyak sebagai energi penggerak pompa. Oleh karena itu, perlu dicari dan dikembangkan suatu model teknologi yang memadai, menggunakan teknologi tepat guna, efisien, biaya operasional yang murah, dan ekonomis sehingga dalam pengelolaannya tidak tergantung pada tenaga listrik atau bahan bakar lainnya. Salah satu teknologi yang mulai dikembangkan adalah pompa *hydraulic ram*. Pompa hidram bekerja berdasarkan prinsip palu air. Ketika aliran fluida dihentikan secara tiba-tiba maka perubahan momentum massa fluida tersebut akan meningkatkan tekanan secara tiba-tiba. Peningkatan tekanan ini digunakan untuk mengangkat sebagian air ke tempat yang lebih tinggi. Maka dirancanglah pompa hidram yang menggunakan energi potensial air sebagai penggerakannya. Dalam perancangan pompa hidram yang penulis lakukan, menggunakan variasi ketinggian air masuk dengan tinggi 1 m, 1,5 m, dan 2 m. Dari perhitungan di dapat kapasitas pompa maksimum sebesar 0,6696 m³/s. Efisiensi maksimum pompa hidram 22,21 % pada diameter tabung udara 3 inchi dengan ketinggian 2 m.

Kata kunci : Pompa hidram, palu air, tabung udara, tinggi air masuk, efisiensi.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari seperti yang kita alami sekarang ini, kebutuhan akan air mengalami peningkatan seiring beragamnya kebutuhan untuk kepentingan kehidupan makhluk hidup dan kesulitan mencapai sumber mata air. Dimana, air merupakan sarana penting dalam kehidupan manusia dan hewan maupun tumbuh-tumbuhan. Ketersediaan air dan sulitnya mencari sumber mata air, karena jarak yang ditempuh oleh masyarakat penduduk yang jauh dan ketinggian pemukiman yang berada di atas ketinggian sumber mata air. Tetapi sebagian masyarakat menggunakan teknologi untuk menaikkan air yang rendah ke tempat yang lebih tinggi yaitu pompa.

Saat ini penggunaan pompa bertenaga listrik dan pompa yang di gerakkan oleh bahan bakar menjadi pilihan yang diminati masyarakat. Seiring berkembangnya zaman sekarang ini dan semakin meningkat jumlah penduduk mengakibatkan semakin meningkat permintaan jumlah air bersih, dan perkembangan teknologi semakin meningkat juga sehingga kebutuhan sumber energi listrik ataupun bahan bakar fosil untuk menggerakkan pompa semakin banyak. Sementara persediaan tenaga listrik dan bahan bakar fosil semakin menipis yang mengakibatkan semakin mahal biaya yang harus di keluarkan untuk mendapat sumber energi tersebut, yang berdampak langsung pada biaya operasional dan pemeliharaan pompa yang di gunakan, supaya kebutuhan air bersih tetap terpenuhi. Namun sebagian masyarakat yang di garis menengah kebawah masih belum bisa mendapatkan pompa yang di gerakkan listrik

maupun bahan bakar fosil. Dimana biaya kehidupan setiap hari semakin tinggi dan tidak sesuai dengan penghasilan setiap bulan. Disamping itu, penggunaan listrik dan bahan bakar fosil yang dapat menyebabkan pencemaran udara, air dan tanah serta menghasilkan gas rumah kaca yang menimbulkan pemanasan global. Apabila hal tersebut berkelanjutan bumi ini akan semakin rusak, tentu hal ini yang tidak di inginkan.

Oleh karena itu, perlu dikembangkan suatu model teknologi yang memadai, menggunakan teknologi tepat guna, efisien, ekonomis dan ramah lingkungan. Dalam penggunaannya sederhana tidak tergantung pada tenaga listrik atau bahan bakar lainnya. Teknologi ini dinamakan pompa hidraulik ram yang dirancang para ahli penemu untuk dikembangkan.

Pompa hidraulik ram (HIDRAM) ini merupakan suatu alat yang digunakan untuk menaikkan air dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi secara otomatis dengan energi yang berasal dari air itu sendiri. Alat ini sederhana dan efektif digunakan pada kondisi yang sesuai dengan syarat-syarat yang diperlukan untuk operasinya. Dalam prinsip kerjanya tekanan dinamik air yang menimbulkan kemungkinan air mengalir dari tinggi vertical (head) yang rendah, ke tempat yang lebih tinggi. Dalam hal ini pompa hidram tersebut perlu dikembangkan sesuai system kerja pompa hidram, dimana variasi head air masuk dan pengaruh tekanan akan di uji untuk melihat perbandingan dan kinerja pompa yang lebih efektif dapat digunakan sebagai alat yang sederhana untuk kebutuhan dan penggunaan air sehari-hari. Selain itu pompa ini dapat bekerja selama 24 jam dan cocok

untuk daerah-daerah penduduk yang memiliki aliran air yang cukup.

1.2 Rumusan Masalah

Sebelum meneruskan pembahasan berikutnya adapun rumusan masalah yang dianalisa yaitu sebagai berikut :

1. Pompa hidram ini digunakan untuk menaikkan atau memompa air dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi dan menghitung besarnya tekanan yang diakibatkan palu air.
2. Pengaruh yang di akibatkan variasi head pemasukan terhadap tekanan tabung.
3. Pengaruh tekanan dalam tabung terhadap efisiensi kinerja pompa.
4. Mengetahui besarnya tekanan terhadap variasi head air masuk.

1.3 Batasan Masalah

Dalampengujian yang dilakukan ini banyak masalah yang harus dikerjakan, maka dari itu perlu kiranya diberi batasan masalah sebagai berikut :

1. Pada pompa hidram ini fluida yang digunakan adalah air.
2. Panjang pipa pemasukan 12 m dengan diameter 2 inci.
3. Variasi ketinggian air masuk 1 m, 1,5 m, 2 m.
4. Panjang tabung 1 m dengan diameter 3 inci.
5. Variable yang digunakan dalam penelitian ini adalah penggunaan variasi ketinggian head air masuk 1 m, 1,5 m, 2 m, dengan panjang pipa input 12 m.
6. Pengukuran tekanan dilakukan pada pipa pemasukan, pipa discharge dan tabung udara.
7. Pengukuran debit air yang keluar dari katup buang dan pipa discharge untuk mengetahui besar efisiensi pompa.
8. Melakukan pengujian pompa hidram dan pengambilan data pada saat pompa beroperasi. Sementara data-data lain yang diperlukan dalam pengujian ini diambil sesuai literature yang relevan.
9. Kerugian head diabaikan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan pengaruh ketinggian air masuk terhadap kinerja pompa hidram.
2. Mendapatkan tinggi air yang dihasilkan dengan pengaruh tekanan pada tabung udara.
3. Menentukan besarnya tekanan yang terjadi akibat palu air.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dapat mengetahui bagaimana sistem kerja pompa hidram dengan lebih baik dan komponen yang ada.

2. Dapat menjadikan suatu referensi untuk para pembuat pompa hidram agar membuat dengan lebih baik dari pada sebelumnya.
3. Dapat membantu dalam penggunaan teknologi tepat guna bagi masyarakat desa yang minimnya air bersih.
4. Mengurangi penggunaan bahan bakar seperti listrik atau bahan bakar fosil dan menjadikan alat yang ramah lingkungan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pompa

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan satu cairan (fluida) dari suatu tempat ke tempat yang lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Pompa beroperasi dengan membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (suction) dengan bagian keluar (discharge). Dengan perbedaan tekanan tersebut, pompa akan memindahkan fluida baik secara vertical maupun horizontal. Pada dasarnya prinsip kerja sebuah pompa dalam mengalirkan adalah dengan memberikan gaya tekan terhadap fluida. Tujuan dari gaya tekanan tersebut yaitu untuk mengatasi hambatan yang timbul di dalam pipa saluran ketika proses pengaliran sedang berlangsung. Tanpa adanya tekanan pada cairan, maka cairan tersebut tidak mampu dialirkan/dipindahkan.

Klasifikasi pompa dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu pompa dinamis dan pompa perpindahan positif. Dua kelompok besar ini masih terbagi lagi menjadi beberapa jenis-jenis pompa, antara lain sebagai berikut :

1. Pompa Dinamis (Dynamic Pump) Pompa dinamis atau dynamic pump adalah jenis pompa yang dapat menghasilkan fluida dengan kecepatan tinggi dan mengkonversi kecepatan fluida menjadi tekanan melalui perubahan penampang aliran fluida. Sehingga prinsip kerja dari pompa dinamis adalah mengubah energi mekanis dari poros menjadi energi fluida. Jenis pompa dinamis memiliki efisiensi yang lebih rendah dibanding dengan pompa perpindahan positif. Namun demikian pompa jenis ini memiliki biaya perawatan yang lebih murah. Pompa dinamik juga dapat bekerja pada kecepatan yang tinggi dan debit aliran yang juga tinggi. Pompa dinamis dapat dibagi menjadi :
 - Pompa sentrifugal
 - Pompa aksial
 - Pompa dengan efek special
 - Pompa jet
 - Pompa gas lift
 - Hydraulic ram
 - Pompa electromagnetic
2. Pompa Perpindahan Positif (positif displacement pump)

Pompa perpindahan positif atau pompa dengan kerja positif merupakan jenis pompa yang mampu menekan fluida dengan volume

tertentu sehinggamenhasilkan volume (kapasitas) yang *intermittent* (berselang). Cara kerja dari pompa ini yaitu dengan menekan cairan (fluida) oleh elemen-elemen pompa dengan volume tertentu, dimana ketika cairan masuk akan langsung dipindahkan ke sisi buang, sehingga tidak mengalami kebocoran (alir balik) ke sisi masuk. Pompa perpindahan positif dapat dibagi menjadi :

- Pompa rotary
- Pompa reciprocating

Pompa merupakan salah satu mesin tertua. Pompa digunakan di Mesir kuno, Cina, India, Yunanidan Roma. Pompa adalah jenis yang paling umum digunakan kedua peralatan industri setelah motorlistrik. Pompa pertama adalah pompa kekuatan dan itu adalah menarik bahwa awal diketahui contoh, pompa digunakan olehorang Yunani di 300 SM dimasukkan sebuah kapal udara. Penggunaan perangkat ini dihentikan di tengah-usia dan dihidupkankembali di 16 th abad ketika terjemahan bahasa Jerman dari karya Yunani menggambarkan pompa diterbitkan. pompa palingawal yang akan digunakan adalah pompa tangan. Lebih pompa canggih yang bagaimanapun dikenal dengan Roma, sepertiyang ditunjukkan oleh pompa dorong silinder ganda sekarang diawetkan di museum Inggris, tetapi penggunaannya tampaknya hilang dalam abad ini pada akhir Kekaisaran Romawi.

2.2 Pompa Hidram

Pompa hidram otomatis pertama kali dibuat oleh seorang ilmuwan Prancis bernama Joseph Michel Montgolfier pada tahun 1796. Pompa ini kemudian digunakan untuk menaikkan air untuk sebuah pabrik kertas di daerah Voiron. Satu tahun kemudian, Matus Boulton memperoleh hak paten atas pompa tersebut di Inggris.

Pada tahun 1820, melalui Easton's Firma yang mengkhususkan usahanya di bidang air dan system drainase, Josiah Easton's mengembangkan hidram sehingga menjadi usaha ram terbaik dalam penyediaan air bersih untuk keperluan rumah tangga, peternakan dan masyarakat desa. Pada tahun 1929, usaha Easton's ini dibeli oleh Green and Carter, yang kemudian meneruskan manufaktur tersebut.

Pompa hidram adalah suatu alat yang digunakan untuk menaikkan air dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi secara otomatis dengan energi yang berasal dari air itu sendiri (Hanafie dan De Longh, 1979). Pompa ini sederhana dan efektif digunakan pada kondisi sesuai dengan syarat-syarat yang diperlukan untuk operasinya. Dalam kerjanya alat ini, tekanan dinamik air yang ditimbulkan memungkinkan air mengalir dari tinggi vertikal (head) yang rendah ke tempat yang lebih tinggi.

Penggunaan hidram tidak terbatas hanya pada penyediaan air untuk kebutuhan rumah tangga,

tapi juga dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air untuk pertanian, peternakan dan perikanan darat. Di beberapa daerah pedesaan di Jepang alat ini telah banyak digunakan sebagai alat penyediaan air untuk kegiatan pertanian maupun untuk keperluan domestic.

Dalam operasinya, alat ini mempunyai keuntungan dibandingkan dengan jenis pompa lainnya, antara lain; tidak membutuhkan sumber tenaga tambahan, biaya operasinya murah, tidak memerlukan pelumasan, hanya mempunyai dua bagian yang bergerak sehingga memperkecil terjadinya keausan, perawatannya sederhana dan dapat bekerja dengan efisien pada kondisi yang sesuai serta dapat dibuat dengan peralatan bengkel yang sederhana.

Prinsip kerja pompa hidram adalah merupakan perubahan energi atau konversi energi dari energi kinetis aliran air menjadi tekanan dinamik dan sebagai akibatnya menimbulkan palu air (water hammer) sehingga terjadi tekanan tinggi dalam pipa. Dengan mengusahakan supaya katup limbah (waste valve) dan katup pengantar (delivery valve) terbuka dan tertutup secara bergantian, maka tekanan dinamik diteruskan sehingga tekanan inersia yang terjadi dalam pipa memasukan memaksa air naik ke pipa pengantar.

3. Metodologi Penelitian

Dalam bab ini dibahas mengenai langkah pengambilan data, waktu, tempat dan bahan dari pompa hidram yang digunakan, pada variasi ketinggian air masuk.

3.1 Waktu dan Tempat

3.1.1 Waktu

Adapun waktu penelitian dalam pengerjaan tugas ini yang direncanakan paling lama 6 bulan.

3.1.2 Tempat

Pelaksanaan penelitian dan unjuk kerja pompa hidram dilakukan pada bulan Juni di Tj. Muda Hulu, Kecamatan Sinembah, Kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara.

3.2. Metode Pengujian

Adapun tahapan pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat-alat yang dibutuhkan untuk pengujian yaitu stopwatch, gelas ukur dan meteran.
2. Mengukur ketinggian head sumber (H) yaitu tinggi pada terjunan air dan mengatur pipa penghantar dengan pompa hidram dari sumber air menggunakan meteran.
3. Untuk waktu yang dibutuhkan pada setiap pengujian adalah selama 60 detik. Sistem kerjanya yaitu pada saat kran pada pipa input (debit air masuk) dibuka, maka stopwatch dinyalakan dan air akan langsung menuju katup buang dan langsung memompakan air ke katup

pengantar dan air akan langsung mengisi tabung udara, pada saat pengujian kran pada outlet ditutup, guna untuk mengetahui tekanan udara pada tabung udara menggunakan preassure gauge dan ketika air pada tabung udara sudah penuh, maka kran pada outlet langsung dibuka dan air akan naik melalui kran outlet menuju tempat penampungan, ketika lama waktu pengujian sudah 60 detik, maka stopwatch dimatikan.

4. Mengukur debit air yang terbuang (Q) dan debit air naik (q) dengangelasukur, menghitungwaktu (t) yang dibutuhkanuntukmenyalurkan debit air yang dipompakandenganstopwatch.
5. Memvariasikan ketinggian air masuk 1 m, 1,5 m, dan 2 m sehingga mendapatkan debit air dan tinggi air naik yang dihasilkan.
6. Menghitung debit air masuk pada ketinggian air masuk 1 m, 1,5 m, dan 2 m dan melanjutkan analisa perbandingannya.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Pengujian

Adapun pengujian yang dilakukan adalah pengaruh perbedaan ketinggian air masuk terhadap tekanan tabung pompa hidram, dimana pada tujuan penelitian ini akan menentukan tekanan yang dihasilkan dari ketinggian air masuk pada pompa hidram.

4.2 Mengitung Aliran Pada Pompa Hidram

4.2.1 Kapasitas Air Pada PipaMasuk

Alat yang digunakan untuk pengukuran ini adalah gelas ukur, dimana air yang keluar dari pipa akan ditampung terlebih dahulu pada suatu wadah (ember) dan diukur menggunakan gelas ukur yang sudah tersedia. Pengukuran pun dilakukan sebanyak 3 kali agar mendapat data hasil yang lebih akurat.

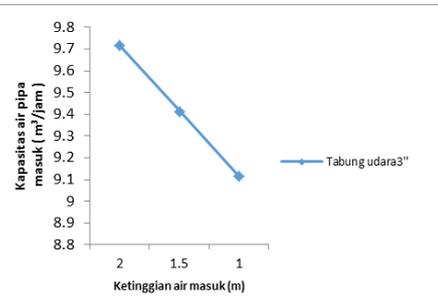
$$\begin{aligned}
 Q &= Q_2 + Q_3 \text{ (m}^3\text{/jam)} \\
 &= 11,16 + 150,76 \text{ (liter/menit)} \\
 &= 161,92 \text{ (liter/menit)} \\
 &= 0,16192 \text{ (m}^3\text{/menit)} \\
 &= 9,7152 \text{ (m}^3\text{/jam)}
 \end{aligned}$$

Dari rata-rata 3 kali pengujian untuk pipa input panjang 12 m, head 2 m dan diameter tabung udara 3 inchi adalah 9,7152 (m³/jam).

Dengan menggunakan cara yang sama untuk variasi ketinggian air masuk diperoleh kapasitas aktualnya masing-masing yaitu seperti pada tabel berikut.

Tabel1 Kapasitas Air Masuk Untuk Variasi Keinggian Air Masuk

Diameter Tabung Udara (inchi)	Ketinggian Air Masuk (m)	Daya Angkat Pipa Discharge (m)	Q (m ³ /jam)
Tabung 3 inchi	2	6	9,7152
	1.5	6	9,414
	1	6	9,1152



Gambar 1. Grafik Kapasitas Air Dalam Pipa Masuk vs Ketinggian Air Masuk

Dari grafik diatas menunjukkan pada variasi ketinggian air masuk bahwa semakin rendah ketinggian air masuknya maka semakin kecil juga kapasitas air pada pipa masuk.

4.2.2 Kapasitas Air Pada Pipa Discharge

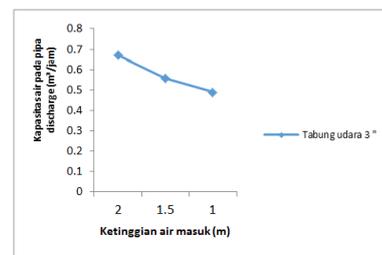
Alat yang digunakan untuk pengukuran ini adalah gelas ukur, dimana air yang keluar dari pipa akan ditampung terlebih dahulu pada suatu wadah (ember) dan diukur menggunakan gelas ukur yang sudah tersedia. Pengukuran pun dilakukan sebanyak 3 kali agar mendapat data hasil yang lebih akurat.

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= 11,16 \text{ (liter/menit)} \\
 &= 0,01116 \text{ (m}^3\text{/menit)} \\
 &= 0,6696 \text{ (m}^3\text{/jam)}
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara yang sama untuk variasi ketinggian air masuk diperoleh kapasitas air pada pipa discharge atau Q2 masing-masing yaitu seperti pada tabel berikut.

Tabel 2. Kapasitas Air Pipa Discharge Untuk Variasi Ketinggian Air Masuk

Diameter Tabung Udara (inchi)	Ketinggian Air Masuk (m)	Daya Angkat Pipa Discharge (m)	Q2 (m ³ /jam)
Tabung 3 inchi	2	6	0,6696
	1.5	6	0,558
	1	6	0,4896



Gambar 2. Grafik Kapasitas Air Pada Pipa Discharge vs Ketinggian Air Masuk

Dari gambar grafik diatas dapat diambil kesimpulan bahwa semakin rendah air masuk maka akan

semakin kecil juga kapasitas air pada pipa discharge.

4.2.3 Kapasitas Air Pada Katup Buang

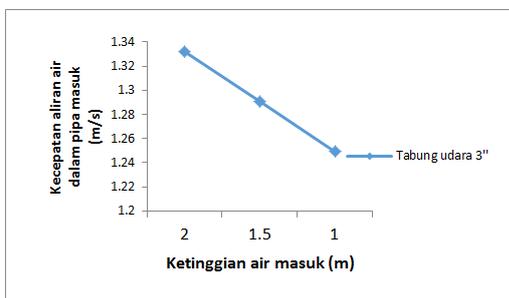
Pengukuran dilakukan dengan menggunakan gelas ukur alat gelas ukur dengan mengukur kapasitas air yang keluar dari katup buang, pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali untuk mendapat hasil yang akurat.

$$Q_3 = 139,6 \text{ (liter/menit)}$$

$$= 0,1396 \text{ (m}^3\text{/menit)}$$

$$= 8,376 \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

Dengan cara yang diperoleh kapasitas air pada katup buang atau Q3 untuk variasi ketinggian air masuk dalam grafik berikut :



Gambar 3. Grafik Kapasitas Air Pada Katup Buang vs Ketinggian Air Masuk

Dari grafik diatas menunjukkan pada variasi ketinggian air masuk bahwa semakin rendah ketinggian air masuknya maka semakin kecil juga kapasitas air pada katup buang.

4.2.4 Kecepatan Aliran Dalam Pipa Masuk

Untuk menghitung kecepatan aliran pada pipa rumus yang digunakan adalah :

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

Dimana :

$$A = \pi r^2$$

$$Q = 9,7152 \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

$$A = \pi \times 0,0254^2$$

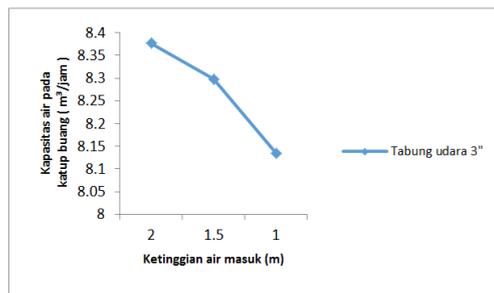
$$= 0,00269866 \text{ (m}^2\text{/s)}$$

$$= 0,0020258 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{0,00269866 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{0,0020258 \text{ m}^2}$$

$$= 1,3321 \text{ m/s}$$

Dengan menggunakan cara yang sama untuk variasi ketinggian air masuk diperoleh kecepatan aliran dalam pipa pemasukan masing-masing yaitu pada grafik berikut :



Gambar 4. Grafik Kecepatan Aliran Dalam Pipa Masuk vs Ketinggian Air Masuk.

Dari grafik diatas menunjukkan pada variasi ketinggian air masuk bahwa semakin rendah ketinggian air masuknya maka semakin kecil juga kecepatan aliran pada pipa masuk.

4.2.5 Kecepatan Aliran Dalam Pipa Discharge

Kecepatan aliran dalam pipa discharge didapat dengan menggunakan rumus :

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

Dimana :

$$A = \pi r^2$$

$$Q_2 = 0,6696 \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

$$A = \pi \times 0,00635^2$$

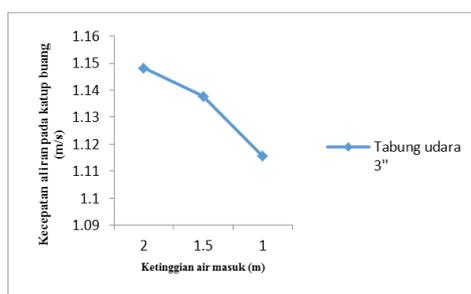
$$= 0,000186 \text{ (m}^2\text{/s)}$$

$$= 0,00012661 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{0,000186 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{0,00012661 \text{ m}^2}$$

$$= 1,4690 \text{ m/s}$$

Dengan cara yang sama untuk variasi ketinggian air input diperoleh kecepatan aliran dalam pipa discharge masing-masing yaitu seperti pada tabel berikut :



Gambar 5. Grafik Kecepatan Aliran Dalam Pipa Discharge vs Ketinggian Air Masuk.

Dari gambar grafik diatas dapat diambil kesimpulan bahwa semakin rendah air masuk maka semakin kecil juga kecepatan aliran pipa discharge.

4.2.6 Kecepatan Aliran Pada Katup Buang

Kecepatan aliran katup buang di dapat dengan menggunakan rumus :

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

Dimana :

$$A = \pi \times 0,0254^2$$

$$Q3 = 8,376 \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

$$= 0,0020258 \text{ m}^2$$

$$= 0,0023266 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

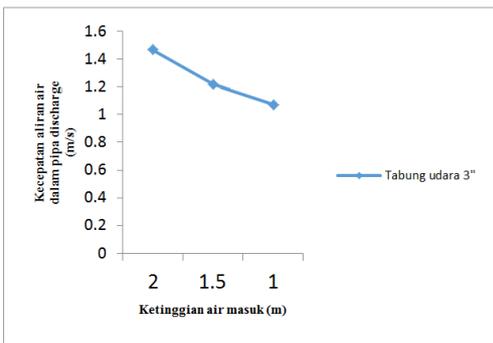
$$V = \frac{0,0023266 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{0,0020258 \text{ m}^2}$$

$$= 1,1484 \text{ m/s}$$

Dengan cara yang sama diperoleh Q3 untuk variasi ketinggian air masuk dalam tabel berikut :

Tabel 3. Kecepatan Aliran Pada Katup Buang Untuk Variasi Ketinggian Air Masuk.

Diameter Tabung Udara (inchi)	Ketinggian Air Masuk (m)	Daya Angkat Pipa Discharge (m)	V ₃ (m/s)
Tabung 3 inchi	2	6	1,1484
	1.5	6	1,1378
	1	6	1,1156



Gambar 6. Grafik Kecepatan Aliran Katup Buang vs Ketinggian Air Masuk

Dari gambar grafik diatas menunjukkan pada variasi ketinggian air masuk bahwa semakin rendah ketinggian air masuknya maka semakin kecil juga kecepatan aliran pada katup buang.

4.3. Besar Gaya Yang Terjadi Pada Pompa Hidram

4.3.1 Gaya Pada Pipa Masuk Saat Katup Buang Terbuka

Terjadinya gaya karena air mengalir dari sungai yang memiliki terjunan ketinggian tertentu, maka akan timbul gaya yang disebabkan percepatan yang di alami air.

$$P = \frac{F}{A}$$

Maka gaya yang terjadi tiap sisi masukan air dapat dihitung sebagai berikut :

$$P1 = \frac{F1}{A1}$$

Dimana :

$$P1 = \text{tekanan pada pipa masuk dari hasil pengujian } 0,25 \text{ bar}$$

$$A1 = \text{luas penampang pipa masuk } \pi r^2 = 0,0020258 \text{ m}^2$$

$$F1 = P1 \times A1$$

$$= 0,25 \text{ bar} \times 0,0020258 \text{ m}^2$$

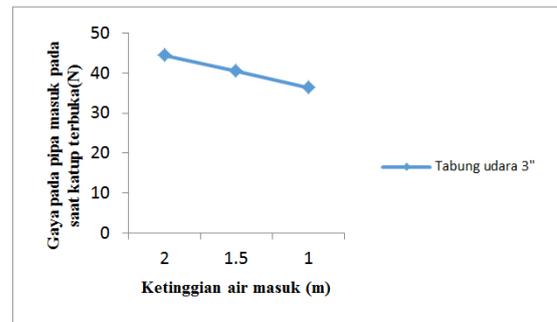
$$= 0,25 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \times 0,0020258 \text{ m}^2$$

$$= 50,64 \text{ N}$$

Dengan cara yang sama diperoleh besar gaya pada pipa pemasukan dengan variasi ketinggian air masuk dalam tabel berikut :

Tabel 4. Besar Gaya Pada Pipa Masuk Saat Katup Buang Terbuka Dengan Variasi Ketinggian Air Masuk.

Diameter Tabung Udara (inchi)	Ketinggian Masuk (m)	Daya Angkat Pipa Discharge (m)	F ₁ (N)
Tabung 3 inchi	2	6	50,64
	1.5	6	40,51
	1	6	30,38



Gambar 7 Grafik Gaya Pada Pipa Masuk Saat Katup Buang Terbuka vs Ketinggian Air Masuk

Dari gambar grafik diatas menunjukkan pada variasi ketinggian air masuk bahwa semakin rendah ketinggian air masuknya maka semakin kecil juga gaya pada pipa pemasukan pada saat katup terbuka.

4.3.2 Gaya Pada Pipa Masuk Saat Katup Buang Tertutup

$$P2 = \frac{F2}{A2}$$

Dimana :

$$P2 = \text{tekanan pada pipa masuk saat katup tertutup dari hasil pengujian } 1,5 \text{ bar}$$

$$A2 = \text{luas penampang pipa masuk } \pi r^2 = 0,0020258 \text{ m}^2$$

$$F2 = P2 \times A2$$

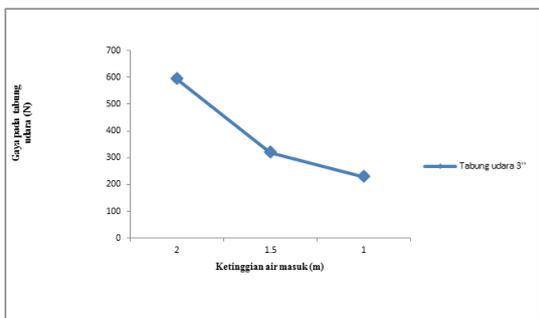
$$= 1,5 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \times 0,0020258 \text{ m}^2$$

$$= 303,87 \text{ N}$$

Dengan cara yang sama diperoleh besar gaya pada pipa masuk untuk variasi ketinggian air masuk dalam tabel berikut :

Tabel 5. Besar Gaya Pada Pipa Masuk Saat Katup Buang Tertutup Dengan Variasi Ketinggian Air Masuk

Diameter Tabung Udara (inchi)	Ketinggian Masuk (m)	Daya Angkat Pipa Discharge (m)	F_2 (N)
Tabung 3 inchi	2	6	303,87
	1.5	6	202,58
	1	6	151,93



Gambar 8. Grafik Gaya Pada Pipa Masuk Saat Katup Buang Tertutup vs Ketinggian Air Masuk.

Dari gambar grafik diatas menunjukkan pada variasi ketinggian air masuk bahwa semakin rendah ketinggian air masuknya maka semakin kecil juga gaya pada pipa pemasukan pada saat katup tertutup.

4.3.3 Gaya Pada Pipa Tabung Udara

$$P_{tu} = \frac{F_{tu}}{A_{tu}}$$

Dimana :

P_{tu} = tekanan pada pipa masuk saat katup tertutup dari hasil pengujian 1,3 bar

A_{tu} = luas penampang tabung udara 3''

$$\pi r^2 = 0,0045580 \text{ m}^2$$

$$F_{tu} = P_{tu} \times A_{tu}$$

$$= 1,3 \text{ bar} \times 0,0045580 \text{ m}^2$$

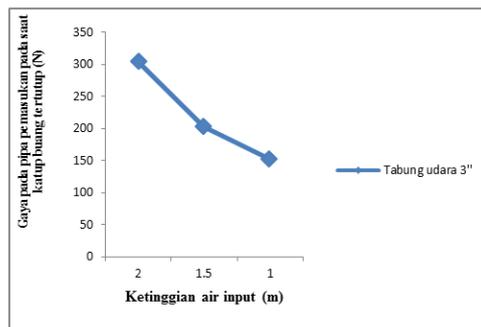
$$= 1,3 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \times 0,0045580 \text{ m}^2$$

$$= 592,54 \text{ N}$$

Dengan cara yang sama diperoleh besar gaya pada pipa tabung udara untuk variasi ketinggian air masuk dalam tabel berikut :

Tabel 6. Besar Gaya Pada Tabung Udara Dengan Variasi Ketinggian Air Masuk

Diameter Tabung Udara (inchi)	Ketinggian Masuk (m)	Daya Angkat Pipa Discharge (m)	F_{tu} (N)
Tabung 3 inchi	2	6	592,54
	1.5	6	318,90
	1	6	227,79



Gambar 9 Grafik Gaya Pada Tabung Udara vs Ketinggian Air Masuk

Dari grafik diatas dapat di ambil kesimpulan bahwa semakin rendah air masuk maka akan semakin kecil juga gaya yang terjadi pada tabung udara.

4.3.4 Gaya Pada Pipa Discharge

$$P_{out} = \frac{F_{out}}{A_{out}}$$

Dimana :

P_{out} = tekanan pada pipa discharge dari hasil pengujian 1 bar

A_{out} = luas penampang pipa discharge

$$\pi r^2 = 0,0001266 \text{ m}^2$$

$$F_{out} = P_{out} \times A_{out}$$

$$= 0,7 \text{ bar} \times 0,0001266 \text{ m}^2$$

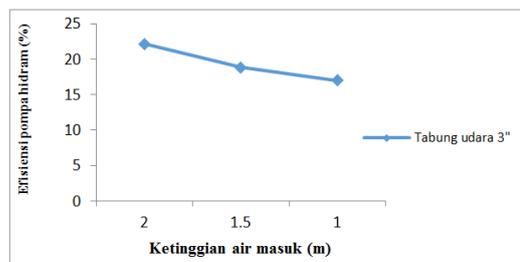
$$= 0,7 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \times 0,0001266 \text{ m}^2$$

$$= 8,86 \text{ N}$$

Dengan cara yang sama diperoleh besaran gaya pada pipa discharge untuk variasi ketinggian air masuk dalam tabel berikut :

Tabel 7. Besar Gaya Pada Pipa Discharge Untuk Variasi Ketinggian Air Masuk

Diameter Tabung Udara (inchi)	Ketinggian Masuk (m)	Daya Angkat Pipa Discharge (m)	F_{out} (N)
Tabung 3 inchi	2	6	8,86
	1.5	6	6,33
	1	6	5,06



Gambar 10 Grafik Pada Gaya Tabung Udara vs Ketinggian AirMasuk

4.4 Efisiensi Pompa Hidram

Untuk menghitung efisiensi pompa hidram merode yang digunakan adalah dengan metode D'Aubuisson.

$$\eta_A = \frac{Q2.h}{(Q3+Q2).H}$$

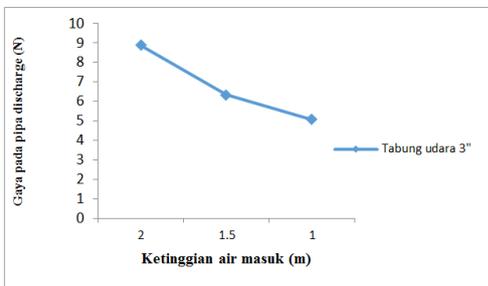
Dimana :

- η_A = efisiensi pompa hidram menurut D'Aubuisson
- $Q2$ = debit hasil (m^3/s)
- $Q3$ = debit limbah (m^3/s)
- h = tinggi pipa keluar (m)
- H = tinggi pipa masuk (m)
- $\eta_A = \frac{Q2.h}{(Q3+Q2).H}$
- = (11,16 liter/menit x 6 m) / ((139,6 liter/menit + 11,16 liter/menit) x 2m)
- = (0,000186 m^3/s x 6 m) / ((0,002326 m^3/s + 0,000186 m^3/s) x 2 m)
- = $\frac{0,001116}{0,005024} \times 100 \%$
- = 22,21 %

Dengan cara yang sama diperoleh efisiensi pompa hidram untuk variasi ketinggian air masuk dalam tabel berikut :

Tabel 8. Besar Efisiensi Pompa Hidram Untuk Variasi Ketinggian Air Masuk.

Diameter Tabung Udara (inchi)	Ketinggian Masuk (m)	Daya Angkat Pipa Discharge (m)	η_A %
Tabung 3 inchi	2	6	22,21
	1.5	6	18,90
	1	6	17,02



Gambar 11 Grafik Efisiensi Pompa Hidram vs Ketinggian Air Masuk

Dari gambar grafik diatas dapat diambil kesimpulan bahwa semakin rendah air input maka akan semakin kecil juga efisiensi pompa hidram.

Tabel 9. Data Performance Pompa Hidram

Ketinggian air masuk (m)	Daya angkat pipa discharge (m)	η_A %	F_{out} (N)	F_{in} (N)	F_2 (N)	F_1 (N)	V_3 (m/s)	V_2 (m/s)	V_1 (m/s)	Q_3 (m^3/jam)	Q_2 (m^3/jam)	Q (m^3/jam)
2	6	22,21	8,86	592,54	308,87	50,64	1,1484	1,4690	1,3321	8,376	0,6696	9,7152
1.5	6	18,90	6,33	318,90	202,58	40,51	1,1378	1,2242	1,2498	8,298	0,558	9,414
1	6	17,02	5,06	227,79	151,93	30,38	1,1156	1,0741	1,2498	8,1360	0,4896	9,1152

5. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pengujian yang telah dilakukan pada pompa hidram dengan variasi head air masuk diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Diperoleh efisiensi yang paling maksimum adalah pada ketinggian air masuk 2 m dengan menggunakan diameter tabung 3 inchi dengan data sebagai berikut :
 - a. Efisiensi = 22,21 %
 - b. Kapasitas actual pada pipa pemasukan = 9,7152 (m^3/jam)
 - c. Kapasitas air pada pipa discharge = 0,6696 (m^3/jam)
 - d. Tekanan pada pipa discharge = 0,7 bar
 - e. Tekanan pada tabung udara = 1,3 bar
 - f. Kecepatan aliran pada pipa pemasukan = 1,3321 m/s
 - g. Kecepatan aliran pada pipa discharge = 1,4690 m/s
2. Pada pipa discharge untuk variasi ketinggian air masuk 1 m, 1,5m, 2m, dengan panjang pipa input 12 m mampu mengangkat air setinggi 6 m.
3. Pada perbedaan ketinggian air masuk debit air yang masuk melalui pipa input sangat mempengaruhi efisiensi pompa hidram, semakin besar debit air pada pipa input maka tekanannya juga akan besar karena dipengaruhi volume air yang masuk jumlahnya juga besar sehingga pada kondisi ini kinerja dari pompa hidram juga lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] Hanafie, J, De Long, H, 1979, Teknologi pompa hidraulik ram, Pusat pembangunan, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [2] Jack B, Evett, Chenghiliu, Fundamentals of Fluids.
- [3] I Wayan Sudiarso, 2004, Air untuk masa depan Jakarta PT. Rieneke Cipta.
- [4] Hefni Effendi. 2003. Telaah Kualitas Air. Yogyakarta : Kanisius.
- [5] International development research centre, 1986, Manuscript Report Proceeding of Workshop on Hidraulic Ram Pump (Hydrum) Technology Canada.
- [6] Akhmadi , A.N., dan M.T. Qurohman. 2017. Optimasi Desain Rancang Bangun Pompa Hidram. Jurnal Infotekmesin, Vol 8, No. 1.
- [7] http://kiki-kikuk77.blogspot.com/2010_03_01_archive.html
- [8] <http://www.slideshare.net/khatulistiwa/mbuat-pompa-hidram>
- [9] <http://www.scribd.com/doc/61607365/27/Efisiensi-Pompa-Hidram>
- [11] <http://herusantoso17.blogspot.com/2012/11/dasar-dasar-aliran-fluida.html>