

PENGARUH DEBIT AIR MASUK TERHADAP EFISIENSI DENGAN VARIASI VOLUME TABUNG POMPA HIDRAM

Irpan Apandi Siregar

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UISU

E-mail : mashurinst12@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh Debit air masuk terhadap efisiensi pompa *hydram*. Penelitian ini dilakukan 2 tahap, tahap pertama dengan melihat pengaruh volume tabung udara dan tahap kedua dengan melihat pengaruh debit air masukan pada pompa *hydram*. Penelitian tahap pertama dilakukan menggunakan pompa *hydram* dengan tinggi *head* masuk 1 m, 1,5 m dan 2 m. panjang pipa masukan 12m, panjang pipa keluaran 6m, variasi diameter tabung 2, 3 dan 4. Adapun debit air masuk yang digunakan yaitu 144 liter, untuk beban pada klep sebesar 0,5. Proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan gelas ukur dan *stopwatch*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan tabung udara dan panjang pipa masuk sangat berpengaruh terhadap efisiensi pompa *hydram* dimana pada penelitian tahap pertama diperoleh efisiensi tertinggi pada volume tabung 0,00007916 m dengan nilai 65,96% dan efisiensi terendah diperoleh pada volume tabung 0,00002416 dengan nilai 48,32% sedangkan pada penelitian tahap kedua diperoleh efisiensi tertinggi pada debit air masukan 0,0000775 m/s dan efisiensi terendah diperoleh pada debit air masukan 0,0000283 m/s.

Kata Kunci : pompa *hydram*, tabung tekan, debit air masuk, efisiensi

1. Pendahuluan

Air merupakan sarana yang penting dalam kehidupan manusia dan hewan maupun tumbuhan. Disamping itu air juga merupakan sumber tenaga yang disediakan oleh alam yang dapat digunakan sebagai pembangkit tenaga mekanis.

Kenyataan telah menunjukkan bahwa ada banyak daerah dipedesaan yang mengalami kesulitan penyediaan air, baik untuk kebutuhan rumah tangga mau pun untuk kegiatan pertanian. Sebenarnya untuk mengatasi keadaan tersebut, pemakaian pompa air, baik yang digerakkan oleh tenaga listrik maupun oleh tenaga diesel telah lama dikenal oleh masyarakat desa, tetapi pada kenyataannya masih banyak masyarakat pedesaan yang belum memilikinya.

Hal ini disebabkan karena kemampuan daya beli masyarakat desa masih terbatas, dan pada penggunaan suatu unit pompa-pompa bermesin dibutuhkan tenaga operator yang terampil. Disamping itu, alat tersebut harus mempunyai kualitas yang baik dan tersedianya suku cadang yang mudah diperoleh dipasaran bebas.

Untuk dapat menanggulangi masalah penyediaan air baik untuk kehidupan maupun untuk kegiatan pertanian, peternakan dan perikanan khususnya di daerah pedesaan, maka penggunaan pompa Hidraulik ram (hidram) yang sangat sederhana, baik dalam pembuatannya dan juga dalam pemeliharaannya, mempunyai prospek yang sangat baik.

Pompa hidram sudah digunakan sejak dua abad lalu di banyak tempat di dunia. Pompa hidram pertama dibuat oleh John Whitehurst pada tahun 1775.

Kesederhanaan dan kemudahan dalam pemeliharaan membuat pompa hidram sukses secara komersial, terutama di Eropa sebelum digunakan secara luas tenaga listrik dan mesin pompa. Akhir-akhir ini dengan meningkatnya perhatian pada peralatan-peralatan untuk energi terbarukan dan kesadaran kebutuhan teknologi di negara berkembang, pompa hidram mulai dipakai kembali.

Pompa hidram bekerja tanpa menggunakan bahan bakar atau tambahan energi dari luar. Pompa ini memanfaatkan tenaga aliran air yang jatuh dari tempat satu sumber dan sebagai dari air itu dipompakan ke tempat yang lebih tinggi. Pada berbagai situasi, penggunaan pompa hidram memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan penggunaan jenis pompa lainnya, diantaranya, tidak membutuhkan bahan bakar atau tambahan tenaga dari sumber lain, tidak membutuhkan pelumasan, bentuknya sangat sederhana, dan biaya pembuatannya serta pemeliharaannya sangat murah dan tidak membutuhkan keterampilan teknik tinggi untuk membuatnya. Selain itu pompa ini mampu bekerja dua puluh empat jam per hari. Pompa hidram sangat tepat untuk daerah-daerah yang penduduknya mempunyai keterampilan teknis yang terbatas, karena pemeliharaan yang dibutuhkan sederhana.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Hidram Otomatis

Hidraulik ram (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 (Gambar 1). Alat ini sederhana dan efektif digunakan pada kondisi yang 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 terbataskannya pada penyediaan air untuk kebutuhan rumah tangga, tapi juga dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air untuk pertanian, peternakan dan perikanan darat. Dibeberapa pedesaan di Jepang, alat ini telah banyak digunakan sebagai alat penyediaan air untuk kegiatan pertanian maupun untuk keperluan domestik.

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

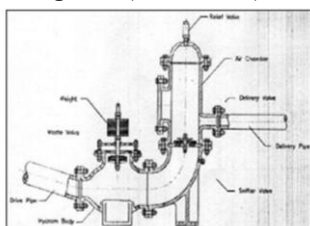
Cara kerja hidram dan bagian-bagian utamanya terlihat pada Gambar 2 dan 3. Air mengalir dari suatu sumber melalui pipa pemasukan dan keluar melalui katup limbah.



Gambar 1 Pompa hidram

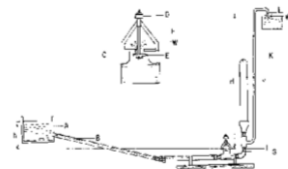
2.2 Prinsip Kerja

Prinsip kerja hidram otomatis merupakan proses perubahan energi kinetik aliran air menjadi tekanan dinamik dan sebagai akibatnya menimbulkan efek palu air (water hammer) sehingga terjadi tekanan tinggi dalam pipa. Dengan mengusahakan supaya katup limbah (waste valve) dan katup air keluar (delivery valve) terbuka dan tertutup secara bergantian, maka tekanan dinamik diteruskan sehingga tekanan ini yang terjadi dalam pipa pemasukan memaksa air naik ke pipa pengantar. Bagian-bagian utama yang menyusun alat ini terdiri dari pipa air masuk (drive pipe), pipa air keluar (delivery valve), katup udara (air valve) dan ruang udara (air chamber).



Gambar 2. Penampang Samping Pompa Hidram

Aliran air yang melalui katup limbah cukup cepat, maka tekanan dinamik yang merupakan gaya ke atas mendorong katup limbah sehingga tertutup secara tiba-tiba sambil menghentikan aliran air dalam pipa pemasukan. Aliran air yang terhenti mengakibatkan tekanan tinggi terjadi dalam ram, jika tekanan cukup besar akan mengasitekan dalam ruang udara pada katup pengantar dengan demikian membiarkan air mengalir ke dalam ruang udara dan seterusnya ke tangki penampungan.



Gambar 3. Instalasi pompa hidram dan cara kerjanya.

Keterangan:

- A. Tangki Pemasukan
- B. Pipa Pemasukan
- C. Lubang Katup Limbah
- D. Pemberat Katup Limbah
- E. Katup Limbah
- F. Tangkai Katup Limbah
- G. Katup Udara
- H. Katup Pengantar
- I. Ruang Udara
- J. Pipa Pengantar
- K. Lubang pengeluaran pipa pengantar
- L. H. Tinggi vertikal antara lubang katup limbah dengan lubang pengeluaran pipa pengantar
- M. h. Tinggi vertikal antara permukaan air dalam tangki pemasukan dengan lubang katup limbah
- N. W1. Debit air yang terbuang melalui katup limbah
- O. W2. Debit Pompa.

Jika aliran dalam pipa yang tidak elastis dihentikan tiba-tiba, maka secara teori akan didapatkan tekanan yang secara formulasi sebagai berikut:

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

Keterangan:

- Q : Debit aliran [m^3/s]
- V : Volume Aliran [m^3]
- T : Waktu [s]

David and Edward (1985) kecepatan gelombang akustik dalam fluida adalah sebagai berikut:

$$Q = A \cdot v$$

Keterangan:

- Q = laju aliran fluida (m^3/s)
- A = luas penampang aliran (m^2)
- v = kecepatan rata-rata aliran fluida (m/s)

Persamaan 1 mewakili kemungkinan kenaikan maksimum. Kenaikan aktual akan lebih rendah daripada yang dihitung oleh formula 1. Semua pipa memiliki elastisitas dan tidak mungkin aliran tiba-tiba berhenti di dalam pipa. Head (H) yang muncul akan mendorong aliran melalui katup limbah. Adapun formulasinya digambarkan sebagai berikut:

$$W = A \cdot \gamma$$

Keterangan:

W = laju aliran berat fluida (N/s)

γ = berat jenis fluida (N/m³)

Biasanya aliran ini akan cukup mempercepat untuk mulai menutup klep limbah. Penutupan terjadi karena tekanan alam air sama dengan berat klep limbah. Besarnya tenaga gesekan pada klep limbah diatur oleh formula sebagai berikut:

$$EP = W \cdot z$$

Keterangan:

EP = energi potensial (J)

W = berat fluida (N)

z = beda ketinggian (m)

$$\eta = \frac{q(H+h)}{(Q+q)H}$$

Keterangan:

η = efisiensi pompa hidram (%)

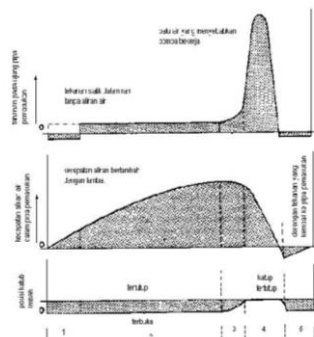
q = debit hasil (m³/s)

Q = debit limbah (m³/s)

h = head keluar (m)

H = head masuk (m)

Dengan mengatur berat katup limbah dan jarak antara lubang katup dengan katup limbah, diharapkan hidram dapat memompakan air sebanyak mungkin dan biasanya terjadi bila siklus berlangsung kira-kira 75 kali tiap menit. Pada Gambar 4, diperlihatkan dengan secara sangat sederhana bentuk ideal dari tekanan dan kecepatan aliran pada ujung pipa pemasukan dan kedudukan katup limbah selama satu siklus kerja hidram.



Gambar 4. Diagram satu siklus kerja hidram

Keterangan

Periode 1. Akhir siklus yang sebelumnya, kecepatan air melalui ram mulai

bertambah, air melalui katup limbah yang sedang terbuka, timbul tekanan negatif yang kecil dalam hidram.

Periode

2. Aliran bertambah sampai maksimum melalui katup limbah yang terbuka dan tekanan dalam pipa pemasukan juga bertambah secara bertahap.

Periode 3. Katup limbah mulai menutup dengan demikian menyebabkan naiknya tekanan dalam hidram.

Kecepatan aliran dalam pipa pemasukan telah mencapai maksimum.

Periode

4. Katup limbah tertutup, menyebabkan terjadinya palu air (water hammer) yang mendorong air melalui katup engantar. Kecepatan aliran pipa pemasukan berkurang dengan cepat.

Periode 5. Denyut tekanan terpuak dalam pipa pemasukan, menyebabkan timbulnya hisapan kecil

dalam hidram. Katup limbah terbuka karena hisapan tersebut dan juga karena beratnya sendiri. Air mulai mengalir lagi melalui katup limbah dan siklus hidram terulang lagi.

2.3 Rancangan Kontruksi

Hidram komersial yang ada telah dirancang kembali dan diperbaiki berdasarkan pengalamannya yang diperoleh di lapangan sampai ram dapat bekerja baik pada semua keadaan dengan pemeliharaan yang minimum. Berdasarkan ukuran diameter dalam dari pipa pemasukan. Beberapa pabrik pembuat hidram menentukan ukuran ram produksinya berdasarkan ukuran diameter dalam dari pipa pemasukan tersebut.

2.4 Katup limbah (waste valve)

Katup limbah merupakan salah satu bagian penting dari hidram, dan harus dirancang dengan baik sehingga berat dan gerakannya dapat disesuaikan. Katup limbah dengan tegangan yang berat dan jarak antara lubang katup dengan karet katup cukup jauh, memungkinkan kecepatan aliran air dalam pipa pemasukan lebih besar, sehingga pada saat katup limbah menutup, terjadi energi tekanan yang besar dan menimbulkan efek palu air (water hammer effect).

Katup limbah yang ringan dan gerakannya pendek akan memberikan pukulan atau denyutan yang lebih cepat dan menyebabkan hasil pemompaan lebih besar pada tingginya pemompaan rendah. Penelitian mengenai bentuk dari katup limbah masih kurang, tetapi pada saat ini jenis katup kerdam sederhana terlihatnya bekerja cukup baik. Beberapa model hidram komersial telah menggunakan jenis katup kerdam yang dilengkapi dengan pertetapi belum diketahui apakah hal tersebut meningkatkan efisiensi ram, yang jelas jenis ini menghindari pemakaian "sliding bearing" yang

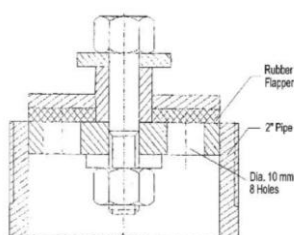
harus diganti bila aus. Komponen dari suatu katup limbah dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Katup Limbah dan komponen yang menyusunnya.

1. Katup Pengantar (Delivery Valve)

Katup pengantar harus mempunyai lubang yang besar, sehingga memungkinkan air yang dipompakan masuk ke ruang udara tanpa hambatan pada aliran. Katup ini dapat dibuat dengan bentuk yang sederhana yang dinamakan katup searah (non return). Katup ini dibuat dari karet kaku dan bekerja seperti pada katup kerdam.



Gambar 10. Katup searah (Non-Return Valve).

2. Ruang Udara (Air Chamber)

Ruang udara harus dibuat sebesarnya mungkin untuk memampatkan udara dan menahan gelombang tekanan (*pressure pulse*) dari siklus ram, memungkinkan aliran air secara tetap melalui pipa pengantar dan kehilangan tenaga karena gesekan diperkecil. Jika ruang penuh air, ramakan bergetar keras dan dapat mengakibatkan ruang udara pecah. Jika hal ini terjadi ram harus dihentikan dengan segera.

Beberapa ahli menyarankan bahwa volume ruang udara harus sama dengan volume air dalam pipa pengantar. Pada pipa pengantar yang panjang hal ini akan membutuhkan ruang udara yang terlalu besar dan untuk itu sebaiknya dirancah ruang udara dengan ukuran yang kecil.

3. Katup Udara (Air Valve)

Udara yang tersimpan dalam ruang udara diisap perlahan-lahan oleh turbulensi air yang masuk melalui katup pengantar dan hilang ke dalam pipa pengantar. Udara ini harus diganti harus diganti dengan udara baru melalui katup udara. Katup udara harus disesuaikan, sehingga mengeluarkan emprotan air yang kecil setiap terjadinya denyut kompresi.

Jika katup udara terbuka terlalu besar, maka ruang udara terisi dengan udara dan ramakan memompakan udara. Jika katup kurang terbuka, sehingga tidak memungkinkan masuknya udara yang cukup, maka ramakan bergetar. Keadaan ini harus diperbaiki dengan memperhatikan besar lubang udara.

4. Pipa Pengantar (Delivery Pipe)

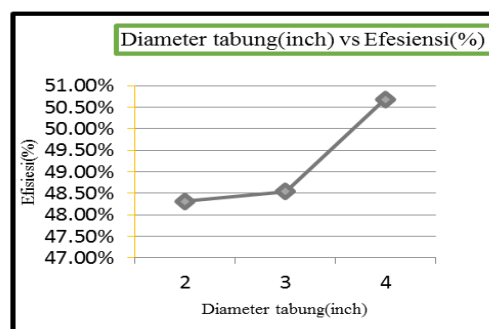
Hidram dapat memompakan air pada ketinggian yang cukup tinggi. Dengan menggunakan pipa pengantar yang panjang akan menyebabkan ram harus mengatasi gesekan antara air dengan dinding pipa. Pipa pengantar dapat dibuat dari bahan apapun, termasuk pipa plastik tetapi dengan syarat bahan tersebut dapat menahan tekanan air.

4. Hasil Dan Pembahasan

Hubungan variasi volume tabung tekan dengan debit pompa hidram, jika volume tabung semakin besar maka debit yang dihasilkan juga semakin besar.

Tabel 1. Hasil percobaan pertama

Variasi tabung (inch)	Q Out (ml)	Q Buang (ml)	Efisiensi (%)
2	1450	3000	48,32
3	1700	3400	48,54
4	1850	3650	50,68

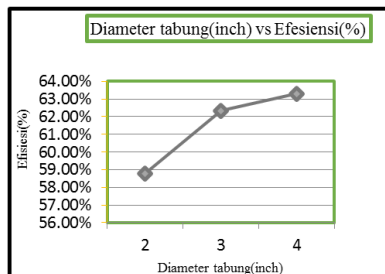


Gambar 11. Hubungan Diameter tabung (inch) vs Efisiensi (%)

Gambar 11 Menunjukkan bahwa pengujian pada diameter tabung 2 mendapatkan hasil Efisiensi 48,46% dan pada pengujian diameter tabung 3 dapat kita lihat adanya peningkatan Efisiensi yaitu 48,54%, dan pada saat pengujian diameter tabung 4 menghasilkan kenaikan Efisiensi dari pengujian sebelumnya yaitu 50,68%.

Tabel2 Hasil percobaan kedua

Variasi tabung (inch)	Q Out (ml)	Q Buang (ml)	Efisiensi (%)
2	2350	4000	58,79
3	2650	4250	62,34
4	2850	4500	63,3



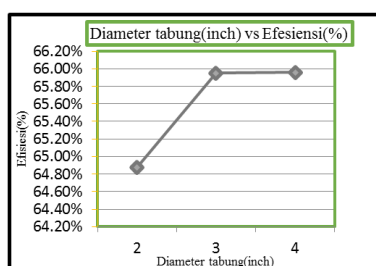
Gambar 12. Hubungan Diameter tabung(inch) vsEfisiensi(%).

Gambar 12 Menunjukkan bahwa pengujian pada diameter tabung 2 mendapatkan hasil Efisiensi 58,79% dan pada pengujian diameter tabung 3 dapat kita lihat adanya peningkatan Efisiensi yaitu 62,34%, dan pada saat pengujian diameter tabung 4 menghasilkan kenaikan

Efisiensi dari pengujian sebelum nya yaitu 63,3%.

Table3. Hasil percobaan ketiga

Variasi tabung (inch)	Q Out (ml)	Q Buang (ml)	Efisiensi (%)
2	4200	6550	64,88
3	4650	7050	65,95
4	4750	7200	65,96



Gambar 13. Hubungan Diameter tabung(inch) vs Efisiensi(%).

Gambar 13 Menunjukkan bahwa pengujian pada diameter tabung 2 mendapatkan hasil Efisiensi 64,38% dan pada pengujian diameter tabung 3 dapat kita lihat adanya peningkatan Efisiensi yaitu 65,95%, dan pada saat pengujian diameter tabung 4 menghasilkan kenaikan Efisiensi dari pengujian sebelum nya yaitu 65,96%.

Pada kondisi volume tabung tekan kecil air masuk dan mengompresikan udara dalam tabung

hingga udara bertekanan cukup tinggi dan air dibawahnya tertekan ke bawah akan menutup katub penghantar .tekanan yang tinggi menyebabkan katub tertutup dalam waktu yang lama sehingga debit air yang keluar melalui pipa penghantar kecil.

Untuk volume tabung tekan yang ukurannya lebih besar maka volume air yang masuk ke dalam tabung mengompresikan udara dalam tabung dengan tekanan yang berkurang dengan berkurang nya tekanan maka katub penghantar akan menutup lebih cepat sehingga debit air yang keluar pipa penghantar akan bertambah.

5. Kesimpulan

1. Peningkatan bahan bakar fosil yang cukup signifikan berakibat meningkatkan biaya operasi naldalam pengadaan air bersih, teknologi pompa hidram merupakan salah satu alternatif untuk pengadaan air bersih dan murah.
2. Dari hasil analisa data pengujian pertama dengan ketinggian head air masuk 1 meter, debit air masuk 144 liter memvariasikan diameter (besaran) tabung 2 inci, 3 inci dan 4 inci dan penggunaan beban katup 0,5 kg menghasilkan debit air naik yaitu 1450 ml (besaran tabung 2 inci), 1700 ml (besaran tabung 3 inci), 1850 ml (besaran tabung 4 inci).
3. > Dari hasil analisa data pengujian kedua dengan ketinggian head air masuk 1.5 meter, debit air masuk 144 liter memvariasikan diameter (besaran) tabung 2 inci, 3 inci dan 4 inci dan penggunaan beban katup 0,5 kg menghasilkan debit air naik yaitu 2350 ml (besaran tabung 2 inci), 2650 ml (besaran tabung 3 inci), 2850 ml (besaran tabung 4 inci).
4. Dari hasil analisa data pengujian ketiga dengan ketinggian head air masuk 2 meter, debit air masuk 144 liter memvariasikan diameter (besaran) tabung 2 inci, 3 inci dan 4 inci dan penggunaan beban katup 0,5 kg menghasilkan debit yang air naik yaitu 4200 ml (besaran tabung 2 inci), 4650 ml (besaran tabung 3 inci), 4750 ml (besaran tabung 4 inci).

Daftar Pustaka

- [1] AbiyAwoke Tessema, 2000, *Hydraulic Ram Pump System Design And Application*, Development and Technology Adaptation Center Basic Metals and Engineering Industries Agency, P. O.Box 1180, Addis Ababa, Ethiopia.
- [2] Calvert N. G. 1967, *Hydraulic Ram*, THE ENGINEER,
- [3] David, J.P. and Edward, H.W., 1985, *Schaum's Outline of Theory and Problems of Fluid Mecha*

- nics and Hydraulics*, SI (Metric) Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- [4] Dnadhara, M. Mand Sharma, K. N., 1979, *Water Power Engineering*, Vikas Publishing House Pvt. Ltd. India.
 - [5] IDRC, February 1986, *Proceedings of a Workshop on Hydraulic Ram Pump (Hydrant) Technology*, held at Arusha, Tanzania, May 29 - June 1, 1984, International Development Research Center (IDRC), IDRC-MR102eR.
 - [6] ITB, 1979. *Teknologi Pompa Hidraulik Ram - Buku Petunjuk untuk Membuat dan Pemasangan*.
 - [7] Jeffery, T. D. , 1992, *Hydraulic Ram Pumps - A Guide to Ram Pumps Water Supply System*, Intermediate Technology Publications.
 - [8] Krol J., *Automatic hydraulic Pump*, PROC. I. MEC H. E 1951, 164, p.103.
 - [9] Molyneux F. 1960, *The Hydraulic ram for Rural Water Supply*, Fluid Handling, p.274.
 - [10] Teferi Taye, 1998. *Hydraulic Ram Pump*, *Journal of the Ethiopian Society of Mechanical Engineers*, Vol. II, No. I, July 1998.
 - [11] Watt S.B., 1975, *Manual on the Hydraulic for Pumping Water*, Intermediate Technology Publication, London.
 - [12] Watt, S.B., 1982, *Manual on a Hydraulic Ram for Pumping Water*, Intermediate Technology Publication Ltd. London.
 - [13] Akhmadi, A.N., dan M. T. Qurohman. 2017. *Optimasi Desain Rancang Bangun Pompa Hidram*. *Jurnal Infotekmesin*, Vol 8, No. 1.
 - [14] Arianta, A.N. 2010. *Pengaruh Variasi Ukuran Tabung Udara Terhadap Unjuk Kerja Sebuah Pompa Hidram*. Skripsi. Teknik Mesin Universitas Gajah Mada.
 - [15] Cahyanta, Y.A., dan I. Taufik. 2008. *Studi Terhadap Prestasi Pompa Hidraulik Ram dengan Variasi Beban Katup Limbah*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram* Vol. 2, No. 2.