

Rancang Bangun Pompa Hidram Untuk Menaikan Air Dari Sumber Mata Air Ke Perkebunan Penduduk

Nusyirwan¹, Gani Pratama², Ruzita Sumiati³, Yuli Yetri^{4*}

^{1,2} Prodi D3 Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang

^{3,4} Prodi D4 Rekayasa Perancangan Mekanik Politeknik Negeri Padang

*yuliyetri@pnp.ac.id

Abstrak

Rancang bangun pompa hidram untuk membantu masyarakat yang kekurangan air di lahan perkebunan telah selesai dibuat. Pompa hidram merupakan teknologi tepat guna dalam bidang pemompaan dengan menggunakan tenaga momentum air (*water hammer*) untuk menaikkan air yang di pompa. Perancangan dan pembuatan pompa hidram bertujuan untuk menaikkan air dari sumber mata air ke perkebunan penduduk. Spesifikasi pembuatan pompa hidram yang dibuat berukuran 2 inci untuk badan pompa, 3 inci untuk tabung udara pompa, dengan 3 katup (2 katup buang dan 1 katup penghantar). Hasil pengujian 1 pada ketinggian (h) output 1m menghasilkan debit keluaran pompa $3,12 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, debit pada katup buang $7,52 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, dan efisiensi 19,59%. Pengujian 2 pada ketinggian (h) output 2,5m menghasilkan debit keluaran pompa $2,08 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, debit pada katup buang $7,27 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, dan efisiensi 36,96%. Kemudian pengujian 3 pada ketinggian (h) output 5m menghasilkan debit keluaran pompa $1,08 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, debit pada katup buang $7,16 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, dan efisiensi 43,66%. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi h output maka semakin kecil debit air keluar pompa hidram, dan semakin besar efisiensi pompa hidram.

Kata kunci: pompa hidram, efisiensi, tekanan, dan *water hammer*

Abstract

The hydram pump has been designed and manufactured to help people who lack water on plantation land. Hydraulic pumps are an appropriate technology in the field of pumping that use water momentum (water hammer) to raise the pumped water. The design and manufacture of hydram pumps aims to raise water from springs to residents' plantations. The specifications for making a hydram pump are 2 inches for the pump body, 3 inches for the pump air tube, with 3 valves (2 exhaust valves and 1 delivery valve). The results of test 1 at an output height (h) of 1m produced a pump output discharge of $3.12 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, a discharge at the exhaust valve of $7.52 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, and an efficiency of 19.59%. Test 2 at an output height (h) of 2.5m produced a pump output discharge of $2.08 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, a discharge at the exhaust valve of $7.27 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, and an efficiency of 36.96%. Then test 3 at an output height (h) of 5m produced a pump output discharge of $1.08 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, a discharge at the exhaust valve of $7.16 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, and an efficiency of 43.66%. The test results show that the higher the h output, the smaller the water discharge coming out of the hydram pump, and the greater the efficiency of the hydram pump.

Key words: hydram pump, efficiency, pressure, and *water hammer*

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi manusia, hewan dan tumbuh tumbuhan. Kebutuhan air yang cukup banyak sering kali menimbulkan permasalahan baru bagi manusia, khususnya bagi masyarakat yang tinggal jauh dari sumber air atau berada di tempat yang berada di atas sumber air. Salah satu kelompok tani di Koto Lalang, Kel. Bungus Timur, Kec. Bungus Teluk Kabung mengalami kesulitan untuk menyiram tanamannya, karena berada ditinggian dan jauh dari sumber mata air. Masyarakat biasanya menggunakan pompa untuk mengalirkan air dari sumber air ke tempat tinggal mereka. Penggunaan pompa air ini juga masih mengalami kesulitan, karena tidak tersedianya sumber tenaga listrik atau sulitnya mendapatkan bahan bakar [1, 2].

Untuk hal yang mendesak biasanya masyarakat mengangkat air sendiri dari sumber mata air ke perkebunan, sehingga membutuhkan waktu dan energi. Untuk menanggulangi permasalahan tersebut diperlukan teknologi tepat guna dalam membantu

masyarakat dalam memperoleh air untuk perkebunan salah satunya dengan penggunaan pompa hidram [1, 3]

Pompa hidram merupakan teknologi tepat guna dalam bidang pemompaan dengan menggunakan tenaga momentum air (*water hammer*) untuk menaikkan air yang dipompa. Teknologi ini dapat dirancang dan diterapkan untuk membantu masyarakat yang kekurangan air di lahan perkebunan. Perancangan dan pembuatan pompa hidram bertujuan untuk menaikkan air dari sumber mata air ke perkebunan penduduk dengan pemilihan material yang sesuai dengan harga yang ekonomis.

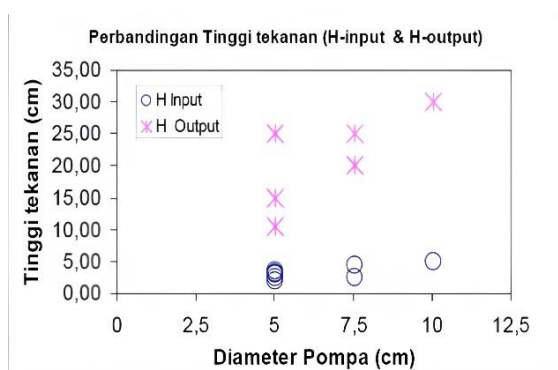
TINJAUAN PUSTAKA

Pompa ialah mesin/peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi dan atau untuk memindahkan fluida ke tempat lain dengan jarak tertentu ke tempat yang lebih tinggi dengan tekanan tertentu sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpindahan. Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi

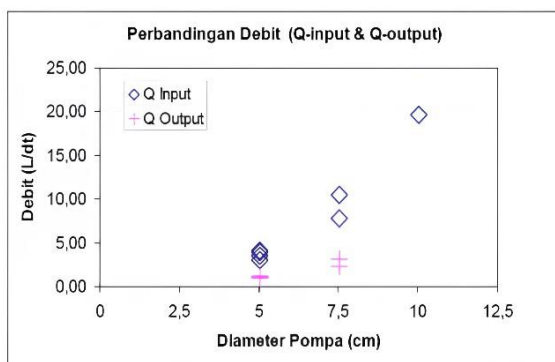
masuk atau *suction* dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar atau *discharge* dari pompa [2, 4].

Pompa dapat diklasifikasikan dalam dua macam, yaitu: Pompa Perpindahan Positif (*Positive Displacement Pump*) dan Pompa Dinamik (*Dynamic Pump*). Pada pompa perpindahan positif energi ditambahkan ke dalam fluida kerja secara periodik oleh suatu daya yang dikenakan pada satu atau lebih batas (*boundary*) sistem yang dapat bergerak. Pada pompa dinamik proses penambahan energi ke dalam fluida kerja dilakukan secara kontinu untuk menaikkan kecepatan fluida di sisi isap. Salah satu contoh pompa dinamik adalah pompa hidraulik hidram [5].

Pompa hidraulik ram 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 [4,6]. Beragam penelitian pernah dilakukan untuk mengkaji performansi dari pompa ini. Pada tahun 2008, S.Imam Wahyudi dan Fauzi Fachrudin melakukan penelitian untuk mencari korelasi tekanan dan debit air pompa hidram. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, didapatkan sebuah korelasi antara tekanan input dan tekanan output pompa hidram. Hasil yang didapatkan untuk korelasi tekanan input dan output dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil pengujian dan perhitungan terhadap korelasi antara debit input dan output pompa hidram dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Perbandingan tinggi tekanan input dan tekanan output [5].

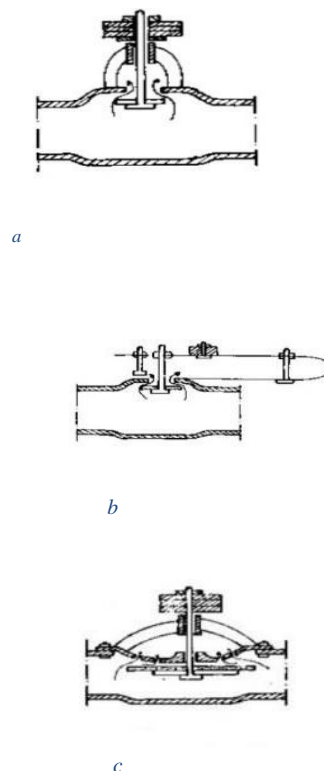


Gambar 2. Korelasi antara debit input dan debit output pompa hidram [5]

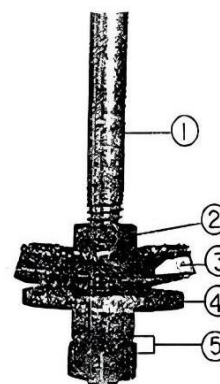
Komponen Utama Pompa Hidram dan Fungsinya

Komponen utama sebuah pompa hidram adalah: katup limbah (*waste valve*), katup penghantar (*delivery valve*), tabung udara (*air chamber*), dan pipa masuk (*driven pipe*). Katup limbah berfungsi untuk mengubah energi kinetik fluida kerja yang mengalir melalui pipa pemasukan menjadi energi tekanan dinamis fluida yang akan menaikkan fluida kerja

menuju tabung udara. Beberapa desain katup limbah yang sering digunakan dapat dilihat pada Gambar 3, dan bagian-bagian sebuah katup limbah dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Jenis-jenis Desain Katup Limbah: a. katup kardom sederhana, b. katup kardom berpegas, c. katup kardom lentur [4].



Gambar 4. Bagian – Bagian Katup Limbah [4]
1) Tangkai katup, 2) Mur Penjepit atas, 3) Karet katup, 4) Plat katup, dan 5) Mur penjepit bawah

Katup penghantar adalah sebuah katup satu arah yang berfungsi untuk menghantarkan air dari badan hidram menuju tabung udara untuk selanjutnya dinaikkan menuju tangki penampungan. Katup penghantar harus dibuat satu arah agar air yang telah masuk ke dalam tabung udara tidak dapat kembali lagi ke dalam badan hidram. Katup penghantar harus mempunyai lubang yang besar sehingga memungkinkan air yang dipompa memasuki ruang udara tanpa hambatan pada aliran [4, 7].

Tabung udara harus dibuat dengan perhitungan yang tepat, karena tabung udara digunakan untuk memampatkan udara didalamnya

dan untuk menahan tekanan dari siklus ram. Selain itu, dengan adanya tabung udara memungkinkan air melewati pipa penghantar secara kontinu. Jika tabung udara penuh terisi air, tabung udara akan bergetar hebat, dapat menyebabkan tabung udara pecah. Jika terjadi kasus demikian ram harus segera dihentikan. Pendapat dari beberapa ahli, untuk menghindari hal-hal di atas, volume tabung udara harus dibuat sama dengan volume dari pipa penghantar [8].

Udara dalam tabung udara, secara perlahan-lahan akan ikut terbawa ke dalam pipa penghantar karena pengaruh turbulensi air. Akibatnya, udara dalam pipa perlu diganti dengan udara baru melalui katup udara. Ukuran katup udara harus disesuaikan sehingga hanya mengeluarkan semprotan air yang kecil setiap kali langkah kompresi. Jika katup udara terlalu besar, udara yang masuk akan terlampaui banyak dan ram hanya akan memompa udara. Namun jika katup udara kurang besar, udara yang masuk terlampaui sedikit, ram akan bergetar hebat, memungkinkan tabung udara pecah [9]. Oleh karena itu, katup udara harus memiliki ukuran yang tepat.

Pipa masuk adalah bagian yang sangat penting dari sebuah pompa hidram. Dimensi pipa masuk harus diperhitungkan dengan cermat, karena sebuah pipa masuk harus dapat menahan tekanan tinggi yang disebabkan oleh menutupnya katup limbah secara tiba-tiba. Untuk menentukan panjang sebuah pipa masuk, bisa digunakan referensi yang telah tersedia seperti di bawah ini [10].

$$6H < L < 12H \text{ (Eropa dan Amerika Utara)}$$

$$L = h + 0.3 (h/H) \text{ (Eytelwein)}$$

$$L = 900 H / (N^2 \cdot D) \text{ (Rusia)}$$

$$L = 150 < L/D < 1000 \text{ (Calvert)}$$

dengan:

L = Panjang pipa masuk

H = Head Supply

h = Head Output

D = Diameter pipa masuk

N = Jumlah ketukan katup limbah per menit

Menurut Daniel dan Parulian (2012), dan referensi perhitungan panjang pipa masuk oleh Calvert memberikan hasil yang lebih baik dengan efisiensi 30% [7].

Persamaan Bernoulli, dapat dilihat pada Persamaan 1

$$\frac{P_0}{\rho g} + \frac{v_0^2}{2g} + H_0 - H_l = \frac{P_3}{\rho g} + \frac{v_3^2}{2g} + H_3 \dots\dots\dots(1)$$

Dengan:

P0 = tekanan pada titik 0 yaitu tekanan atmosfer pada bak pemasok air [= 0], (N/m²)

P3 = tekanan pada katup buang, (N/m²)

V0 = kecepatan aliran air pada titik 0 pada bak pemasok [= 0] karena debit konstan, (m/s)

V3 = kecepatan aliran air pada katub buang [= 0] karena aliran air terhenti seiring menutupnya katub limbah, (m/s)

H0 = ketinggian titik 0 dari datum, (m)
H3 = ketinggian pada katup buang [= 0] karena diasumsikan segaris datum, m
HL = Head Losses, (m)
 ρ = massa jenis fluida, untuk air, (kg/m³)
g = percepatan gravitasi (m/s²)

Jika dimasukkan harga-harga yang telah ditentukan, maka persamaan Bernoulli di atas menjadi formula pada Persamaan 2.

$$H_0 - H_l = \frac{P_3}{\rho g} \dots\dots\dots(2)$$

Head losses mayor

Head losse mayor dapat dilihat pada Persamaan 3.

$$HL = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(3)$$

dimana:

HL = Head losses mayor (m).

f = faktor gesekan

V = Kecepatan aliran Fluida (m/s).

L = Panjang Pipa (m).

D = Diameter dalam pipa (m).

g = Gravitasi bumi 9,81 m/s².

μ = Viskositas air

Head losses minor

Head losse minor dapat dilihat pada Persamaan 4.

$$HLM = K \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(4)$$

HLM = Head losses minor (m).

k = Konstanta kerugian minor.

V = Kecepatan aliran fluida (m/s).

g = Gravitasi bumi 9,81 m/s².

Efisiensi Pompa Hidram

Ada dua metode dalam perhitungan efisiensi hidram, yaitu: Menurut D' Aubuisson pada Persamaan

5, dan menurut Rankine pada Persamaan 6 [11].

$$\eta A = \frac{q h}{(Q+q) H} \dots\dots\dots(5)$$

dengan:

ηA = efisiensi hidram menurut D'Aubuisson

q = debit keluar (m³/s)

Q = debit limbah (m³/s)

h = head keluar (m)

H = head masuk (m)

Menurut Rankine pada Persamaan 6.

$$\eta R = \frac{q(h-H)}{(Q+q)-H} \dots\dots\dots(6)$$

dengan:

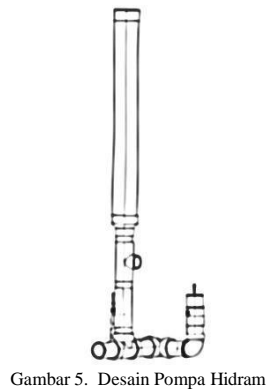
ηR = efisiensi hidram menurut Rankine

q = debit keluar (m³/s)

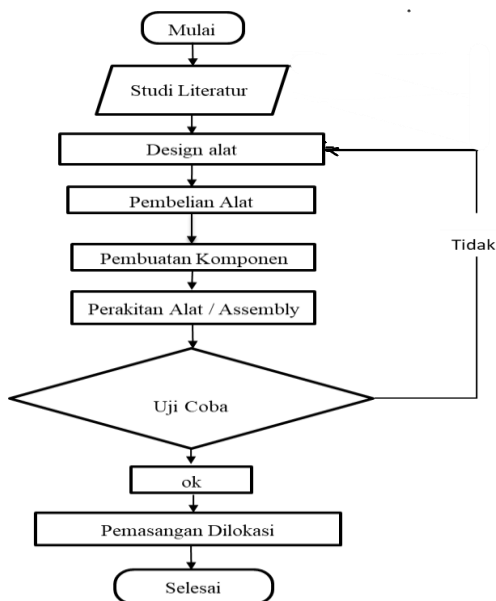
Q = debit limbah (m^3/s)
h = head keluar (m)
H = head masuk (m)

METODE PENELITIAN

Proses pertama yang dilakukan adalah mendesain pompa hidram yang akan dibuat seperti pada Gambar 5. Untuk menyelesaikan proses perancangan dan pembuatan pompa hidram ini dibagi dalam beberapa tahapan yang langkah-langkahnya dapat dilihat *flow chart* pada Gambar 6.



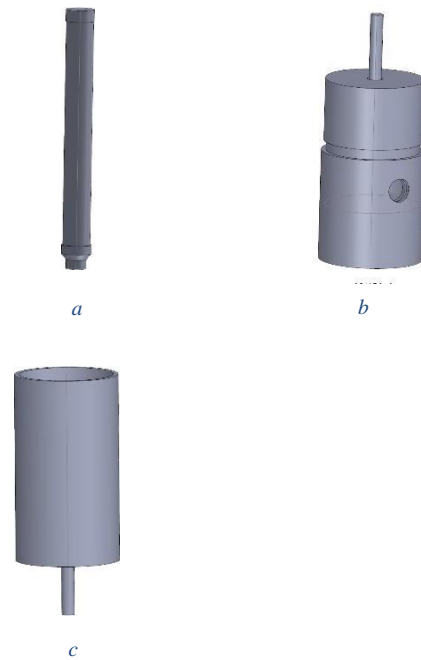
Gambar 5. Desain Pompa Hidram



Gambar 6. Flow chart Proses Perancangan Pompa Hidram

Pembuatan Komponen

Komponen yang perlu dibuat sebelum merakit pompa hidram adalah: tabung udara, katup limbah, dan katup penghantar. Bentuk dari komponen-komponen tersebut dapat dilihat pada Gambar 7. Pembuatan tabung udara seperti pada Gambar 7a dimulai dari pemotongan pipa pvc sepanjang 100 cm dengan menggunakan gergaji dan pasang tutup pipa pvc salah satu ujungnya, dan pasang reducer 3" x 2" pada ujungnya satu lagi.



Gambar 7. a. Desain tabung udara, b. Desain katup limbah, c. Desain katup penghantar

Selanjutnya pembuatan katup limbah seperti pada Gambar 7b diawali dengan membuat lingkaran pada krilik menggunakan bor sebagai bentangan katup limbah, dan pasang pada tengah sambungan pipa pvc 2". Selanjutnya buatlah lingkaran pada krilik menggunakan bor untuk bentangan pada tangkai katup limbah, dan pasanglah bentangan tersebut pada baut M10 dengan diberi karet ban dalam, kemudian dikencangkan menggunakan mur. Langkah berikutnya pasanglah tangkai klep limbah pada sambungan pvc 2". Bor atas tutup pvc diameter 6 mm, sebagai tutup katup limbah. Bor kiri dan kanan diameter 22 mm pada sambungan pvc untuk air keluar. Katup limbah ini dibuat sebanyak 2 buah

Langkah kerja pembuatan katup penghantar seperti pada Gambar 7c dimulai dari membuat lingkaran pada krilik dengan bor sebagai bentangan katup limbah. Pasang pada tengah sambungan pipa pvc 2". Buatlah lingkaran pada krilik menggunakan bor untuk bentangan pada tangkai katup limbah. Pasanglah bentangan tersebut pada baut M10 diberi karet ban dalam, kemudian dikencangkan menggunakan mur. Pasanglah tangkai klep limbah pada sambungan pvc 2".

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan dan pembuatan desain tabung udara, katup limbah, katup penghantar, dan perakitan pompa hidram dapat dilihat pada Gambar 8. Proses pengambilan data diawali dengan melakukan proses *trial and error* instalasi pompa hidram. Proses *trial and error* dilakukan untuk mendapatkan konfigurasi optimal untuk parameter-parameter yang ditetapkan pada pompa hidram tersebut. Selain itu, proses *trial 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 [12, 13, 14]. Langkah *trial* yang pertama adalah mencoba katup hantar.

Langkah *trial* yang kedua adalah mencoba konfigurasi yang pas untuk katup limbah. *Trial* berikutnya, adalah dengan mengkondisikan posisi panjang tertentu dengan massa tambahan tertentu. Sedangkan hasil pengujian pompa hidram tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

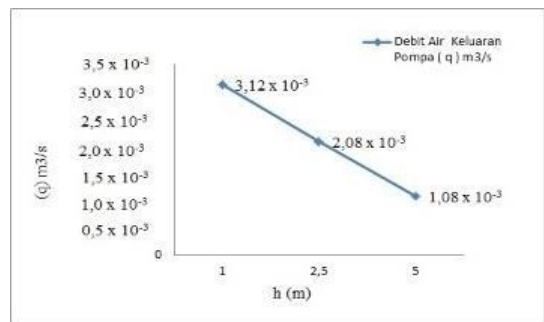


Gambar 8. Hasil perancangan dan pembuatan: a) tabung udara, b) katup limbah, c) katup pengantar, dan d) pompa hidram

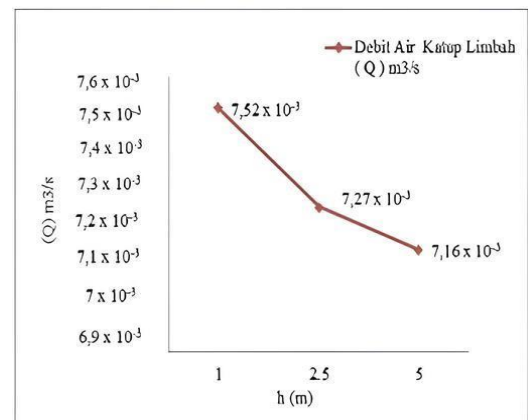
Tabel 1. Hasil pengujian pompa hidram

Tinggi Output (h)	Debit Air Keluaran Pompa (q)	Debit Air Katup Limbah (Q)	Efisiensi pompa (η)
M	m ³ /s	m ³ /s	%
1	$3,12 \times 10^{-4}$	$7,52 \times 10^{-4}$	19,59
2,5	$2,08 \times 10^{-4}$	$7,27 \times 10^{-4}$	36,96
5	$1,08 \times 10^{-4}$	$7,16 \times 10^{-4}$	43,66

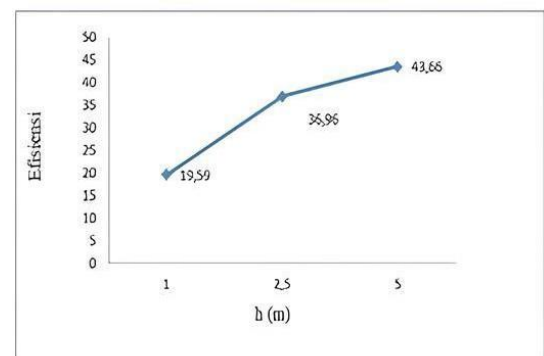
Tinggi *output* terhadap debit air yang dikeluarkan pompa hidram dapat dilihat grafik pada Gambar 9. Dan tinggi *output* terhadap debit air pada katup limbah pompa hidram seperti grafik pada Gambar 10, serta tinggi output terhadap efisiensi pompa hidram ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 9. Tinggi output terhadap debit air keluaran pompa hidram



Gambar 10. Tinggi output terhadap debit air pada katup limbah pompa hidram



Gambar 11. Tinggi output terhadap efisiensi pompa hidram

Untuk menguji keberhasilan pembuatan pompa hidram ini, dilakukan pengujian dengan menggunakan sudut kemiringan dengan variasi ketinggian 1m, 2,5m, dan 5m. Hasil dari pengujian pompa tersebut dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4

Tabel 2. Pengujian debit air keluaran pompa hidram dengan pipa keluarnya dimiringkan dengan ketinggian 1 m.

Kemiringan	Debit Air Keluaran Pompa (q)	Debit Air Pada Katup Buang (Q)	Efisiensi pompa (%)
	m ³ /s	m ³ /s	
30 ⁰	3,6 x 10 ⁻⁴	7,6 x 10 ⁻⁴	21
45 ⁰	3,5 x 10 ⁻⁴	7,8 x 10 ⁻⁴	20
60 ⁰	3,3 x 10 ⁻⁴	7,7 x 10 ⁻⁴	20

Tabel 3. Pengujian debit air keluaran pompa hidram dengan pipa keluarnya dimiringkan dengan ketinggian 2,5 m

Kemiringan	Debit Air Keluaran Pompa (q)	Debit Air Pada Katup Buang (Q)	Efisiensi pompa (%)
	m ³ /s	m ³ /s	
300	2,8 x 10 ⁻⁴	7,6 x 10 ⁻⁴	44
450	2,5 x 10 ⁻⁴	7,9 x 10 ⁻⁴	40
600	2,3 x 10 ⁻⁴	7,5 x 10 ⁻⁴	25

Tabel 4. Pengujian debit air keluaran pompa hidram dengan pipa keluarnya dimiringkan dengan ketinggian 5 m

Kemiringan	Debit Air Keluaran Pompa (q)	Debit Air Pada Katup Buang (Q)	Efisiensi pompa (%)
	m ³ /s	m ³ /s	
30 ⁰	1,2 x 10 ⁻⁴	7,6 x 10 ⁻⁴	45
45 ⁰	1,1 x 10 ⁻⁴	7,8 x 10 ⁻⁴	37
60 ⁰	1,0 x 10 ⁻⁴	7,5 x 10 ⁻⁴	34

Jika diasumsikan bahwa energi yang dibangkitkan hidram adalah konstan, dan tekanan statis pada katup penghantar konstan. Dari substitusi yang dilakukan mulai dari persamaan 1-6, dapat diketahui bahwa dengan bertambahnya *head output* (h), maka *head losses* akan bertambah pula. Untuk memenuhi persamaan tersebut, yang terjadi adalah kecepatan di 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 [15, 16]

Dari grafik 9-11 dapat terlihat bahwa penggunaa tabung udara memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap efisiensi. Pada pompa hidram dengan tabung udara, air bertekanan akan lebih banyak yang dapat terpompa ke atas, karena *delivery flow rate* yang lebih tinggi akibat ada proses pengumpulan air terlebih dahulu di dalam tabung udara [13, 17].

KESIMPULAN

Hasil rancang bangun pompa hidram adalah dengan menggunakan pipa pvc berukuran 2" untuk badan pompa, dan pipa pvc 3" untuk tabung udara, serta dilengkapi dengan 3 katup yaitu 2 katup buang, dan 1 katup penghantar. Debit air masuk pada pengujian pompa hidram sebesar 5,833 x 10⁻³ m³/s, dengan ketinggian sumber 1,5 m, panjang pipa pemasukan 10 m, luas penampang pipa pemasukan 2,826 x 10⁻³ m², menghasilkan kecepatan aliran pada pipa pemasukan sebesar 2,0640 m/s. Pengujian 1 dengan ketinggian *output* 1 meter menghasilkan debit air keluaran (q) sebesar 3,12 x 10⁻⁴ m³/s, debit katup limbah (Q) sebesar 7,52 x 10⁻⁴ m³/s, dan efisiensi 19,59%. Pengujian 2 dengan ketinggian *output* 2,5 m menghasilkan debit air keluaran (q) sebesar 2,08 x 10⁻⁴ m³/s, debit pada katup limbah (Q) sebesar 7,27 x 10⁻⁴ m³/s, efisiensi 36,96 %. Pengujian 3 dengan ketinggian *output* 5 m menghasilkan debit air keluaran (q) sebesar 1,08 x 10⁻⁴ m³/s, debit air pada katup limbah (Q) sebesar 7,16 x 10⁻⁴ m³/s, efisiensi 43,66%. Dari pengujian 4 dengan pipa ke luar dimiringkan menghasilkan debit air keluaran (q) sebesar 0,74 x 10⁻⁴ m³/s, debit air pada katup limbah (Q) sebesar 8,6 x 10⁻⁴ m³/s, dan efisiensi 30,29%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Taye, T., 1998, Hydraulic Ram Pump, Journal of the ESME, Vol II, No. 1.
- [2] Widarto, L., Sudarto, FX., 1997, Membuat Pompa Hidram, edisi 8, Kanisius, Yogyakarta.
- [3] Didin S. Fane, Rudy Sutanto, I Made Mara, 2012, Pengaruh Konfigurasi Tabung Kompresor Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram. Jurusan Teknik Mesin, Vol. 2, No.2, Universitas Mataram.
- [4] Suroso, 2012. Membuat Pompa Hidram. Kanisius, Yogyakarta.

- [5] Herlambang, A., dan Wahjono, H.D., 2006, Rancangbangun Pompa Hidram Untuk Masyarakat Pedesaan, Jurnal JAI, Vol.2 No.2.
- [6] Hanafie, J., de Longh, H., 1979, Teknologi Pompa Hidraulik Ram, Pusat Teknologi Pembangunan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [7] Asep Supriyanto, Dwi Irawan, 2017, Pengaruh Variasi Jarak Sumbu Katup Limbah Dengan Sumbu Tabung Udara Terhadap Efisiensi Pompa Hidram. TURBO, Vol. 6, No. 2, Universitas Muhammadiyah Metro, Lampung.
- [8] Suarda, M., Wirawan, IKG., 2008, Kajian Eksperimental Pengaruh Tabung Udara Pada Head Tekanan Pompa Hidram, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM, Vol. 2, No.1, Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali.
- [9] Hanafie J. dan Longh H.D., 1979. Teknologi Pompa Hidraulik Ram, Bandung, Institut Teknologi Bandung.
- [10] Yeni Herawati, Kuswartomo, dan Gurawan Djati Wibowo, 2011, Panjang Pipa Inlet Terhadap Efisiensi Pompa Hidram, Dinamika Teknik Sipil, Vol. 11, No. 2, 128-134.
- [11] Didin S. Fane, Rudy Sutanto, I Made Mara., 2012, Pengaruh Konfigurasi Tabung Kompresor Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram, Dinamika Teknik Mesin, Vol. 2 No.2, 62-66.
- [12] M. Thaib Hasan, Yusri Nadya, Wahyu Mahedas Swary, 2014, Pengaruh Panjang Pipa Keluaran Terhadap Kinerja Pompa Hydraulic Ram (Hydram), Jurnal Ilmiah JURUTERA Vol. 01 No.02, 1-5.
- [13] Panjaitan, D.O., dan Sitepu, T., 2012, Rancang Bangun Pompa Hidram dan Pengujian Pengaruh Variasi Tinggi Tabung Udara Dan Panjang Pipa Pemasukan Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram, Jurnal E-Dinamis, Vol. 2, No.2.
- [14] Sukamta, Sudarja, Budi Nurrahman, Berli Paripurna Kamiel, Sudarisman, 2017, Peningkatan Kemandirian Desa Melalui Pembangunan Instalasi Perpipaan Air Bersih dari Sumber Mata Air ke Rumah Penduduk BERDIKARI: Jurnal Inovasi dan Penerapan Ipteks, Vol. 7 No. 1, 14–21
- [15] Mohammed, S.N., 2007, Design and Construction of A Hydraulic Ram Pump, Department of Mechanical Engineering, Federal University of Technology, Minna, Nigeria.
- [16] Taufiq, Mohammad, D.A., Dkk., 2016, Pengaruh Variasi Jarak Kerja Katup Penghantar (*delivery valve*) Terhadap Kinerja Pompa Hidram, Widya Teknika Vol.24 No.2.
- [17] San, G.S, Santoso, G., 2002, Studi Karakteristik Volume Tabung Udara dan Beban Katup Limbah Terhadap Efisiensi Pompa Hydraulic Ram, Jurnal Teknik Mesin, Vol. 4, No.2, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra.