

Rancang Bangun Sistem Hydraulic Ram Pump Untuk Pengadaan Air Bersih Desa Sirnajaya Kecamatan Gununghalu Kabupaten Bandung Barat

Agus Setiawan^{1*}, Katiah², Nisaudzakiah Utami³, Nana Wartana⁴

^{1,2,3,4} Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia.

*agus_setiawan@upi.edu

ABSTRACT

Air merupakan sumber bagi kehidupan bagi makhluk hidup khususnya manusia. Manusia tidak dapat hidup tanpa air. Dusun Parakan Wayang Desa Sirnajaya Kecamatan Gunung Halu Kabupaten Bandung Barat merupakan salah satu daerah yang mengalami kesulitan mendapatkan air bersih. Berdasarkan survey yang dilakukan, aspek ekonomi, geografis, dan terpencilnya daerah tersebut membuat warga dusun sulit mendapatkan air bersih. Dengan memanfaatkan air sungai yang berada di Lembah Gunung, warga dusun bertahan hidup, berjalan menuruni dan menaiki gunung dengan membawa jerigen untuk memenuhi kebutuhan air bersih setiap harinya. Air sungai yang terus mengalir di daerah tersebut dapat berpotensi untuk dapat digunakan energinya. Berdasarkan kondisi tersebut, program pengabdian kepada masyarakat berbasis kepakaran bidang ilmu yang diusulkan ini bertujuan untuk mengadakan rancang bangun sistem hydraulic ram pump untuk memompa air dari sungai ke pemukiman warga dengan ketinggian 100 meter dengan menggunakan dua bak penampungan yang dipasang pada setiap 50 meter. Sistem ini akan menggunakan sistem pemanfaatan energi potensial air yang terus mengalir untuk memompa dan menyalurkan ke warga. Dengan sistem pompa air ini, diharapkan warga Dusun Parakan Wayang Desa Sirnajaya Kecamatan Gunung Halu Kabupaten Bandung Barat dapat memenuhi kebutuhan air bersih.

Kata Kunci: air bersih; pompa air; hidram.

INTRODUCTION

Air menjadi sumber kehidupan bagi makhluk hidup terutama manusia. Air sering kali dianggap sebagai sumber daya yang akan tersedia setiap saat. Padahal air merupakan sumber daya alam yang terbatas jumlahnya karena mempunyai siklus tata air yang relatif tetap. Pada dasarnya ketersediaan air di bumi tidak pernah bertambah dan tidak tersebar secara merata (Sugandy, 2007).

Air merupakan kebutuhan dasar yang paling utama bagi keberlangsungan aktivitas ekonomi sehari-hari. Lebih dari dua miliar orang atau sekitar 30 persen penduduk dunia yang tersebar di 40 negara mengalami permasalahan kekurangan air. Hal ini berdasarkan dalam catatan World Water Forum, hingga tahun 2025 sekitar 2,7 miliar atau lebih dari sepertiga penduduk dunia akan kekurangan air bersih (Ediyanto, 2009). Dari data tersebut, ancaman kekurangan dan krisis air menjadi salah satu isu global dari kebutuhan akan air bersih.

Indonesia mengalami krisis air bersih, khususnya di Kabupaten Bandung Barat yang dialami oleh lebih dari 100.000 jiwa. Dengan asumsi kebutuhan air bersih bagi satu orang sebanyak 20 liter per hari, maka diperlukan sekitar dua juta liter air setiap hari. Kebutuhan air itu belum termasuk untuk mengairi lahan pertanian yang kekeringan. Kepala Pelaksana Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) kabupaten Bandung Barat, Duddy Mengatakan "kekeringan terjadi di tujuh Kecamatan di Bandung Barat, yaitu Cipeundeuy, Parongpong, Cipongkor, Cikalongwetan, Gununghalu, Cipatat, dan Batujajar. Total 41 Desa dari tujuh Kecamatan tersebut mengalami kesulitan air bersih, dengan jumlah warga terdampak lebih dari 100.000 jiwa" (Hendro, 2018).

Berdasarkan observasi, Kampung Parakan Wayang yang terletak di Desa Sirnajaya Kecamatan Gunung Halu Kabupaten Bandung Barat mengalami krisis air bersih sepanjang tahun. Sebanyak 45 kepala keluarga terlantar akan air bersih. Hal ini disebabkan kondisi geografis daerah yang berada di dataran tinggi dan rendahnya

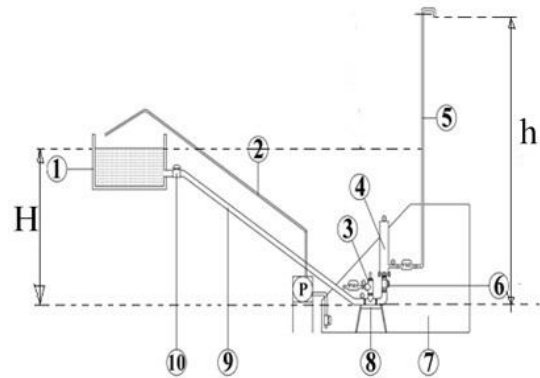
penghasilan warga, sehingga menyebabkan seluruh warga tidak mempunyai sumber air bersih sendiri. Mereka harus mengambil air bersih di sumber sungai yang terletak di kaki gunung dengan jarak tempuh sekitar 100 meter. Sebagian warga Kampung Parakan Wayang, berpenghasilan rendah sehingga masih banyak warga Kampung yang belum mempunyai listrik mandiri. Mereka mengambil listrik dari rumah tetangga yang mempunyai kwh meter. Rata-rata kwh meter di Kampung parakan wayang adalah 450 watt. Di Kampung ini juga terdapat dua mushola yang belum mempunyai listrik mandiri dan tempat wudhu sendiri. Bagus Hari Abriyanto, Manager PLN daerah Cimahi, mengatakan bahwa sekitar 92.000 keluarga di Bandung Barat belum mempunyai sambungan listriknya sendiri, padahal pelanggan terbanyak berada di Bandung Barat (Susilo, 2016).

Berdasarkan permasalahan diatas, diperlukan solusi yang dapat membantu warga untuk mendapatkan air bersih tanpa memerlukan energi listrik. Melalui kegiatan pengabdian kepada masyarakat, kami bermaksud membuat rancang bangun sistem hidram (hydraulic ram pump) untuk pengadaan air bersih Desa Sirnajaya secara swadaya dengan masyarakat sekitar. Diharapkan program ini dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat melalui penyediaan air bersih tanpa memerlukan energi listrik bagi fasillitas umum masyarakat.

Hydraulic Ram Pump

Hydraulic Ram Pump atau hidram adalah pompa air yang digunakan untuk menaikkan air dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi secara otomatis dengan menggunakan air sebagai energinya tanpa menggunakan energi listrik. Dalam kerjanya alat ini, tekanan dinamik air yang ditimbulkan memungkinkan air mengalir dari tinggi vertikal yang rendah, ke tempat yang lebih tinggi (Wahjono, 2006). Pompa hidram mempunyai keuntungan dibandingkan dengan jenis pompa lainnya,

yaitu tidak membutuhkan sumber tenaga tambahan, biaya operasinya murah, perawatan yang sederhana dan dapat bekerja secara efisien.



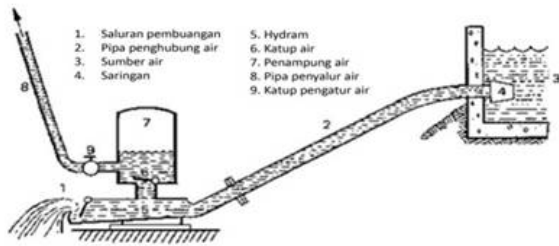
Sumber: (Mubarok, 2016)

Gambar 1. Hydraulic Ram Pump Sumber: (Mubarok, 2016)

- 1) Tangki air (reservoir)
- 2) Pipa sirkulasi
- 3) Katup buang / katup limbah
- 4) Tabung udara
- 5) Pipa penghantar
- 6) Katup penghantar
- 7) Tangki penampung
- 8) Dudukan pompa
- 9) Pipa inlet
- 10) Katup pemasukan
- 11) H = tinggi permukaan reservoir
- 12) h = tinggi pipa penghantar

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 inersia yang

terjadi dalam pipa pemasukan memaksa air naik ke pipa pengantar (Wahjono, 2006).



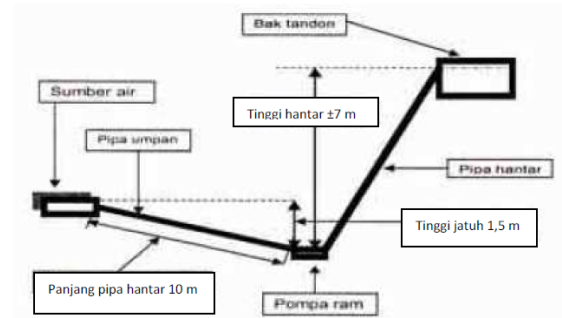
Gambar 2. Prinsip Kerja Hydraulic Ram Pump

Secara sederhana, bentuk ideal dari tekanan dan kecepatan aliran pada ujung pipa pemasukan dan kedudukan katup limbah, menurut (Zulfiar, 2020) selama satu siklus kerja pompa hidram terjadi dalam lima periode yaitu:

- 1) Periode 1. Air siklus yang sebelumnya, kecepatan air melalui ram mulai bertambah, air melalui katup limbah yang sedang terbuka timbul tekanan negative yang kecil dalam ram.
- 2) Periode 2. Aliran bertambah sampai maksimum melalui katup limbah yang terbuka dan tekanan dalam pipa-pipa masuk juga bertambah secara bertahap.
- 3) Periode 3. Katup limbah mulai menutup dengan demikian menyebabkan naiknya tekanan dalam ram. Kecepatan aliran dalam pipa pemasukan telah mencapai maksimum.
- 4) Periode 4. Katup limbah tertutup, menyebabkan terjadinya water hammer yang mendorong air melalui katup penghantar. Kecepatan dalam pipa pemasukan berkurang dengan cepat.
- 5) Periode 5. Denyut tekanan terpukul ke dalam pipa pemasukan, menyebabkan timbulnya hisapan kecil dalam ram. Katup limbah terbuka karena hisapan dan beban dari katup limbah. Air mulai mengalir lagi melalui katup limbah dan siklus hidraulik ram terulang lagi.

Persamaan Energi Pada Hydraulic Ram Pump
Energi yang dibangkitkan pada pompa hidram

Energi yang dibutuhkan pada pompa hidram berasal dari fluida itu sendiri. Air yang mengalir melalui pipa masuk pada ketinggian H mengalami percepatan. Untuk lebih jelas dapat dilihat gambar berikut:



Gambar 3. Skema Instalasi Hydraulic Ram Pump

Untuk menghitung besarnya energi yang dibangkitkan pada pompa hidram, ditinjau kondisi di masing-masing titik saat awal pengoperasian pompa hidram, dimana pada kondisi demikian air yang masuk ke badan hidram langsung keluar melalui klep buang dengan kecepatan tertentu (V_3), dan tekanan di titik 3, P3 akan sama dengan atmosfer ($= 0$) karena klep buang dalam keadaan terbuka penuh. Kecepatan V_3 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan kontinuitas dimana harga debit Q bernilai konstan, sehingga:

$$Q = V_3 \times A_{waste} \quad (1)$$

dengan :

Q = debit air yang keluar melalui katup limbah (m^3/s)

V_3 = kecepatan air di titik 3 (melalui katup limbah) (m/s)

A_{waste} = luas penampang lubang katup limbah (m^2)

Setelah nilai v_3 didapatkan, maka kita dapat menghitung energi yang dibangkitkan hidram, dengan rumus :

$$E = \frac{1}{2} m V_3^2 \quad (2)$$

dengan :

E = energy hidram (J)

m = massa fluida yang mengalir (Kg) = ρAL

V_3 = kecepatan masa fluida yang mengalir (m/s)

L = panjang pipa masuk (m)

A = luas penampang pipa masuk (m²)

P = massa jenis air (1000 Kg/m³)

1) Tekanan kejut pada palu air (pressure shock)

$$P_s = v \cdot v_s \cdot \rho \quad (3)$$

Keterangan :

P_s : pressure shock (N/m³)

v : kecepatan aliran masuk (m/s)

v_s : kecepatan aliran balik (m/s)

ρ : massa jenis air (kg/m³)

2) Kecepatan aliran balik

$$V_s = \sqrt{\frac{k}{\rho}} \quad (4)$$

V_s : kecepatan aliran balik (m/s)

k : modulus bulk air (GN/m²)

ρ : massa jenis air (kg/m³)

3) Efisiensi Hydraulic Ram Pump

Efisiensi pompa hidram dihitung dengan persamaan dari D'Aubuisson, yaitu:

$$\eta = \frac{Q_s \cdot H_s}{(Q_s + Q_w) H_d} \quad (5)$$

dengan :

η = efisiensi D'Aubuisson (%)

Q_s = debit hasil (m³/s)

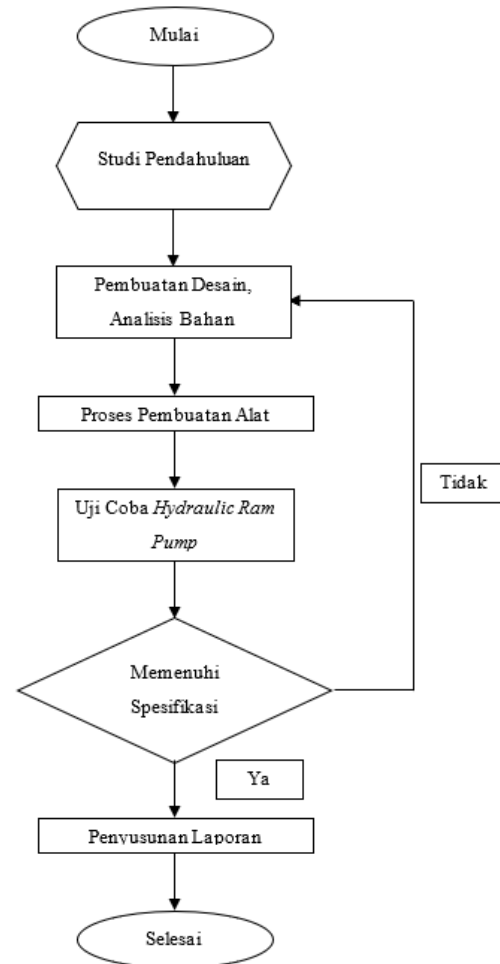
Q_w = debit buang (m³/s)

H_s = head keluar (m)

H_d = head masuk (m)

METODE

Flowchart Penelitian



Gambar 4. Flowchart Penelitian

Flowchart pada gambar 4 merupakan sebuah alur dari penelitian yang dikerjakan, berikut ini merupakan deskripsi dari flowchart pada gambar 4.

Studi Pendahuluan

Pada tahap ini peneliti melakukan pencarian referensi dari beberapa sumber informasi yang terkait dengan pembahasan yang akan

diteliti yaitu Observasi, Wawancara, Studi Literatur, Survei lapangan

Pembuatan Desain dan Analisis

Pada tahap ini peneliti mulai melakukan pemilihan bahan yang akan digunakan untuk rancang bangun hydraulic ram pump. Pembuatan desain akan disesuaikan dengan bahan yang dipilih.

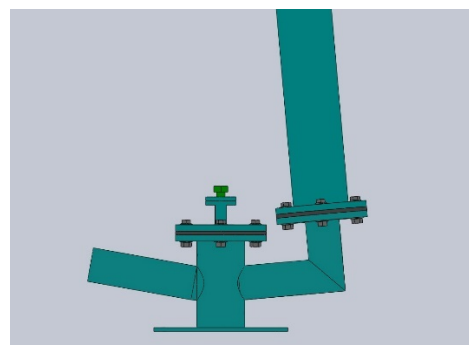
Pembuatan Alat

Pada tahap ini peneliti mulai membuat hydraulic ram pump yang sesuai dengan desain dan bahan yang akan digunakan. Pembuatan alat harus sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan, serta prosedur yang ditetapkan agar produk dapat terselesaikan dengan cepat.

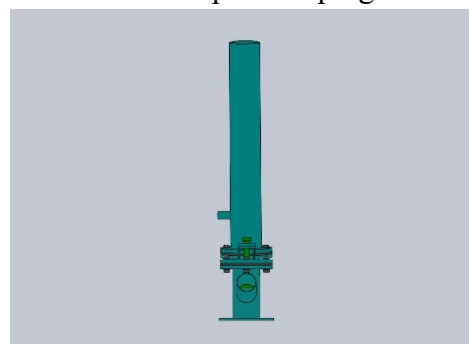
Uji Coba Alat

Pada tahap ini dilaksanakan uji coba alat yang telah dibuat, dilakukan analisa mengenai kesesuaian alat. Analisa dilakukan pada keseluruhan komponen alat yang telah dibuat, mulai dari katup buang, katup hantar, pipa input, pipa output, serta debit air yang dihasilkan. Uji coba dilakukan untuk memastikan kesesuaian perencanaan yang telah dibuat pada alat, jika masih terjadi ketidaksesuaian alat, maka harus kembali ke tahap pembuatan alat dan analisis bahan. Tahap ini dilakukan evaluasi dan uji coba terhadap alat hingga terciptanya alat yang sesuai dengan perencaan dan berfungsi dengan baik.

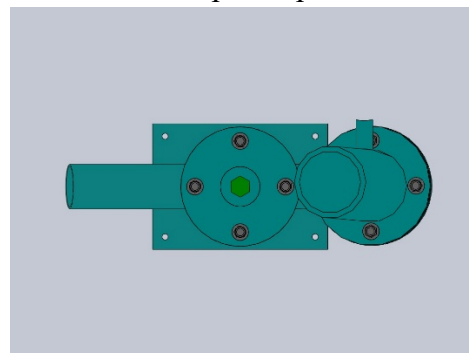
Desain Hidraulic Ram Pump



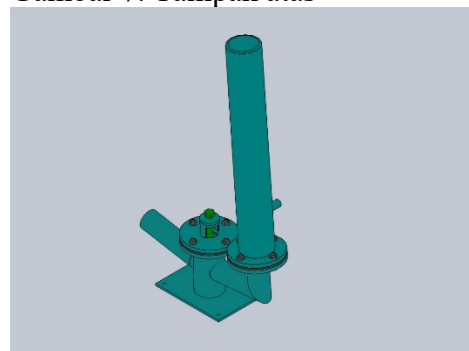
Gambar 5. Tampak samping



Gambar 6. Tampak depan



Gambar 7. Tampak atas



Gambar 8. Tampak isometri

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk tabel dan disajikan dengan variable antara lain, debit limbah (Q), debit hasil (q), head input (H), head output (h), jumlah ketukan (N), dan efisiensi (η).

Efisiensi pompa hidram dihitung dengan menggunakan persamaan (2.5), yaitu:

$$\eta = \frac{Q_s \cdot H_s}{(Q_s + Q_w) H_d}$$

dengan :

η = efisiensi D'Aubuisson (%)

Q_s = debit hasil (m³/s)

Q_w = debit buang (m³/s)

H_s = head keluar (m)

H_d = head masuk (m)

Pengujian 1

Pengujian 1 dilakukan dengan kondisi pompa hidram sebagai berikut.

- 1) Volume tabung udara: 0, 0,00968 m³
- 2) Panjang langkah klep buang: 1,5 cm
- 3) Panjang pipa input: 30 m
- 4) Diameter pipa input: 50,8 mm
- 5) Panjang pipa output: 92 m
- 6) Diameter pipa output: 12,7 mm
- 7) Head input: 4 m
- 8) Head output: 30 m

Tabel Hasil Pengamatan Pengujian 1

Debit Limbah (Q)	Debit Hasil (q)	Head Output (h)	Head Input (H)	Jumlah Ketukan (N)	Efisiensi (η)
(liter/menit)	(liter/menit)	m	m	(ketukan/menit)	%
54	3,75	30	4	69	51,19

Data Uji 1

$$\eta = \frac{Q_s \cdot H_s}{(Q_s + Q_w) H_d} = \frac{6,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \times 30 \text{ m}}{(6,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} + 9 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s})}$$

Pengujian 2

Pengujian 2 dilakukan dengan kondisi pompa hidram sebagai berikut.

- 1) Volume tabung udara: 0,0968 m³
- 2) Panjang langkah klep buang: 2 cm
- 3) Panjang pipa input: 30 m
- 4) Diameter pipa input: 50,8 mm
- 5) Diameter pipa output: 12,7 mm
- 6) Head input: 4 m
- 7) Head output: 30 m

Tabel Hasil Pengamatan Pengujian 2

Debit Limbah (Q)	Debit Hasil (q)	Head Output (h)	Head Input (H)	Jumlah Ketukan (N)	Efisiensi (η)
(liter/menit)	(liter/menit)	m	m	(ketukan/menit)	%
60	4,8	30	4	58	55,5

Data Uji 2

$$\eta = \frac{Q_s \cdot H_s}{(Q_s + Q_w) H_d} = \frac{8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \times 30 \text{ m}}{(8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} + 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})}$$

Perhitungan dari variabel yang didapat berdasarkan data hasil uji coba hidram dengan efisiensi tertinggi, ditunjukkan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel Hasil perhitungan dari beberapa parameter

Parameter	Nilai
Diameter pipa input	50,8 mm
Panjang pipa input	30 m
Jumlah Ketukan	58 ketukan/menit
Debit hasil	4,8 l/menit
Debit limbah	60 l/menit
Head output	30 m
Panjang pipa output	92 m
Tekanan pipa output	3 kg/cm ²
Efisiensi pompa hidram	55,5 %

Gaya angkat pipa output dihitung dengan menggunakan persamaan, $F = P \cdot A$, P didapat dari hasil pengukuran dengan manometer sebesar $3 \text{ kg/cm}^2 = 2,942 \text{ bar}$ ($294,2 \text{ kN/m}^2$).



Gambar 9 Hasil perhitungan manometer

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} 3,14 (0,0508)^2$$

$$= 0,00202 \text{ m}^2$$

$$F = 294,2 \cdot 10^3 \cdot 0,00202$$

$$= 594,28 \text{ N}$$

Tekanan pada pipa input dihitung dengan persamaan Bernoulli;

$$P_1 + \rho \cdot g \cdot h_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = P_2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$$

$$294200 + 1000 \cdot 10 \cdot 30 = P_2 + 1000 \cdot 10 \cdot 4 + 0$$

$$P_2 = (294200 + 300000) - 40000$$

$$P_2 = 554200 \text{ N}$$

$$= 554,2 \text{ kN}$$

Berdasarkan hasil pengamatan dan uji coba yang dilakukan pompa hidram mampu menaikkan air hingga ketinggian 30 m, klep buang berfungsi dengan normal, serta menghasilkan debit air hingga 4,8 l per menit.



Gambar 10 Debit Hasil Pompa Hidram

SIMPULAN

Kesimpulan dalam penelitian ini yaitu dengan head masuk setinggi 4 m dan panjang lintasan 30 m pompa hidram dapat mengangkat air hingga ketinggian 30m dari sumber air.

Dari data uji coba pompa hidram ini dapat bekerja dengan baik dengan debit yang dihasilkan 4,8 l/menit dan debit buang 60 l/menit, efisiensi pompa hidram mencapai 55,5 %.

Pompa hidram dapat bekerja dengan baik, dan menghasilkan debit terbaik sesuai dengan penelitain yaitu 4,8 liter/menit, serta mampu mengisi toren kapasitas 1000 liter selama $1000/4,8 = 208,3 \text{ menit} = \pm 3,5 \text{ jam}$.

Saran dari hasil penelitian ini yaitu penelitian dan pengembangan pompa hidram untuk masa yang akan datang sangat diperlukan, mengingat banyak factor yang dapat meningkatkan performa sebuah pompa hidram, serta mengatasi masalah kebutuhan air di desa terpencil yang masih minim menggunakan listrik dengan daya yang cukup untuk menyalakan pompa listrik.

Perlu adanya dukungan dari beberapa pihak agar teknologi pompa hidram ini tidak terhenti, dan bantuan dari beberapa pihak untuk menyebarluaskan penggunaan teknologi pompa hidram ini.

Dalam penelitian ini ukuran pompa hidram dapat dijadikan referensi untuk membuat pompa hidram, namun pada penelitian selanjutnya dapat dirubah ukuran pompa hidram sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ediyanto. (2009). Kajian Pengelolaan Air Indonesia kearah Pembangunan yang Berkelanjutan. Bogor: Tesis Program S2 Managemen dan Bisnis Institut Pertanian Bogor.
- Hendro. (2018, 7 September). “100 Ribu Jiwa Alami Krisis Air Bandung Barat Tetapkan Darurat Kekeringan”. Pikiran Rakyat.
- Sugandy, A. (2007). Kebijakan dan Strategi Pengelolaan Sumberdaya Air. Jakarta: Prossiding Bappenas.
- Susilo. (2016, 3 Agustus). “92.000 Keluarga di Bandung Barat Belum Berlistrik”. Pikiran Rakyat.
- Wahjono, H. D. (2006). Rancang Bangun Pompa Hidram untuk Masyarakat Pedesaan. Jurnal Akutansi Indonesia, 2(2), 178–186.
- Zulfiar, M. H. (n.d.). Penerapan Teknologi Pompa. 1–12.