

**<sup>1</sup>Muhammad Heri Zulfiar**

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas  
Teknik Universitas Muhammadiyah  
Yogyakarta  
Jalan Brawijaya, Tamantirto, Kasihan,  
Bantul, Yogyakarta 55183  
herizulfiar@umy.ac.id

# Penerapan Teknologi Pompa *Hidram* bagi Masyarakat Pedesaan

*The Application of Hydrum Pump Technology for Rural Communities*

<https://doi.org/10.18196/bdr.8171>

---

## ABSTRACT

Water pump is a highly needed tool by society in providing clean water and irrigation. Generally, water pump used by the society is powered by electricity that requires cost to operate. This condition is also faced by the community of Serut hamlet, Palbapang, Bantul, while its area is filled by abundant water resources. Therefore, an alternative water pump requiring no cost to operate is highly needed. Hydrum pump technology powered by water (renewable energy source) was offered as the alternative solution. Introducing hydrum pump technology in Serut hamlet was done using socialization and education method and approach. The training and practice were done in the application of hydrum pump technology. The program was appreciated by the community of Serut hamlet shown by their good understanding and good application of hydrum pump technology.

Keywords: technology application, hydrum pump, renewable, education, appreciation

---

## PENDAHULUAN

Sungai adalah sumber daya air yang harus dimanfaatkan seoptimum mungkin dengan berazaskan wawasan lingkungan dan keadilan dalam pembagian alokasi air bagi pengguna air dari satu sistem sungai (Dedy Tjahyadi Abdullah, Maret 2004). Optimalisasi pemanfaatan sumber daya dengan dasar asas diatas bukan pekerjaan yang mudah. Banyak fakta di lapangan akibat perebutan sumber air yang berakhir dengan keributan bahkan di beberapa tempat kegiatan ronda malam beralih ke ronda sawah guna menjaga dan mendapatkan air secara optimal pendistribusiannya untuk mengairi persawahan atau perikanan. Dari aspek teknologi, sumber daya air yang berfungsi mengambil dan menaikkan air dari sungai ke lahan pertanian dan kolam yang diketahui oleh masyarakat berjalan stagnan. Pompa diesel atau modifikasi mesin motor sebagai alat penyedot air merupakan alat yang sudah banyak diketahui masyarakat. Proses pengambilan atau penyedotan air yang dilakukan untuk mengairi persawahan dan kolam juga mengeluarkan biaya yang tidak sedikit.

Teknologi sumber daya air yang mayoritas berwujud pompa bukan merupakan suatu yang baru. Hanya saja, dalam penggunaannya dapat meminimalisasi biaya atau dapat memanfaatkan potensi alam sekitar. Perkembangan dunia teknologi yang memanfaatkan potensi alam (terutama air dan gravitasi bumi) biasa disebut dengan *ram pump*. Nama lain pompa hidrolik (*hydram*) pertama kali dibuat oleh ilmuwan Inggris, John Whitehurst, pada 1775 dan berjalan secara manual. Mesin otomatis kemudian dikembangkan oleh Joseph Michel Montgolfier dari Prancis tahun 1796 lalu dipatenkan setahun kemudian oleh Matthew Boulton di Inggris. Pierce tahun 1816 menambahkan katup udara (*sniffer valve*). James Easton, pemilik Green & Carter di Inggris, pada 1820 pertama kali memproduksi hydram dalam skala besar untuk tujuan komersial (Bambang Erbata Kalingga, Juli-September 2018).

Berkaitan dengan penerapan teknologi sumberdaya air (*ram pump*), inovasi menjadi penting untuk didesiminasikan ke masyarakat guna dapat meminimalisasi konflik perebutan air dan dapat mengurangi biaya operasional petani dan peternak ikan. Kabupaten Bantul sebagai salah satu alur sungai dan muara sungai merupakan wilayah yang potensial (baik topografi maupun kondisi masyarakatnya) dan dari temuan dilapangan kadangkala air untuk mengairi persawahan kehabisan *supply* - kebocoran saluran - Untuk itu, dalam penerapan ini dilaksanakan di Dusun Serut, Palbapang, Bantul. Dusun yang selalu beradaptasi dengan inovasi dan teknologi sebagai upaya peningkatan kualitas masyarakatnya serta mendapatkan berbagai penghargaan dari pemerintah.

Dusun Serut terdiri dari 6 RT dengan luas Desa Palbapang luas 21.95 km<sup>2</sup>, Desa Palbapang bagian dari Kecamatan Bantul dengan kategori wilayah perkotaan di Kabupaten Bantul. Mendapatkan predikat dari BLH Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sebagai “Kampung Hijau”. Predikat ini disandang karna adanya komitmen untuk terus mengembangkan inovasi baik di bidang pertanian, perikanan, peternakan dan inovasi teknologi yang mendukung aspek di atas sesuai dengan potensi lokal. Salah satu potensi yang akan dikembangkan di dusun ini adalah potensi sumberdaya air yang berasal dari anak sungai maupun dari saluran air irigasi (Zulfiar dkk, 2017).

Dusun Serut merupakan salah satu dusun yang porak poranda akibat gempa bumi yang terjadi di wilayah Bantul tahun 2006. Dengan semangat gotong royong warga dan kepemimpinan Dukuh Tobadiana S.Pd., mampu bangkit melalui program terobosan ekonomi, sosial, budaya dan agama. Masyarakat bersama kepemimpinan dukuh menjadikan pedukuhan tersebut memiliki visi “Desa Belajar” (Zulfiar, 2018).

Berdasarkan dua latar belakang tersebut di atas, Pedukuhan Serut mengisyaratkan

keinginan mandiri dan belajar dengan model partisipatif. Salah satu hasil partisipatif tersebut yaitu adanya perencanaan tata ruang wilayah pedesaan. Perencanaan dalam skala pedesaan tersebut dibangun antara aparat pemerintahan, tokoh masyarakat, LSM dan perguruan tinggi. Peta tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, berisi informasi penataan lokasi hunian dan pengembangan ekonomi (pertanian, ternak, dan kerajinan).



Gambar 1. Peta Rencana Tata Ruang Wilayah Pedukuhan Serut

Pemanfaatan potensi sumberdaya air hanya digunakan untuk pemanfaatan sawah dan perikanan (kolam) dengan jumlah kolam satu dusun sebanyak 20 buah. Air untuk menyiram pekarangan rata-rata menggunakan air sumur yang diangkat oleh pompa air dan ditampung di *tom*. Untuk mengairi kolam, dibuat saluran menggunakan paralon dari irigasi ke kolam. Tinggi permukaan air yang lebih rendah dengan kolam perikanan dan persawahan menyebabkan munculnya biaya lagi untuk menyedot air dari kolam ataupun mengairi sawah lagi terutama pada panas.

Dusun Serut, Desa Palbapang memiliki potensi sumberdaya air yang belum dioptimalkan dan diberdayakan terutama berkaitan dalam hal mengangkat/menguras kolam ikan pada saat panen serta mengambil air untuk mengairi sawah pada musim panas. Kedua proses tersebut biasanya mengeluarkan biaya lagi sehingga biaya operasional menjadi tinggi (biaya sewa pompa).

Untuk itu, uji coba penerapan pompa air tanpa menggunakan listrik berbasis pengembangan energy terbarukan kiranya dapat menjawab salah satu persoalan air di Dusun Serut tersebut. Sebagai salah satu inovasi yang belum banyak diketahui masyarakat,

maka dibutuhkan keahlian teknis di bidang teknik sipil. Untuk itu, Program Studi Teknik Sipil FT UMY yang terdiri dari dosen dan mahasiswa bermaksud melaksanakan kegiatan tersebut bersama masyarakat.

Untuk itu, kehadiran inovasi teknologi yang ramah lingkungan yang dapat mengurangi biaya dan tanpa menggunakan listrik sangat diperlukan untuk menjawab persoalan pemanfaatan potensi sumberdaya air tersebut. Pompa hidram sebagai solusi diharapkan dapat dipahami dan diterapkan oleh masyarakat umum khususnya masyarakat pedukuhan serut untuk mengairi kolam ikan sebagai salah kelompok kerja (pokja) masyarakat.

Manfaat uji coba penerapan teknologi pompa hidram adalah sebagai berikut ;

- ü Dapat menambah wawasan serta pengetahuan bagi masyarakat Dusun Serut Palbapang.
- ü Memberikan informasi kepada masyarakat tentang teknologi alternatif yang ramah lingkungan dan tidak membutuhkan biaya yang mahal.
- ü Masyarakat dapat menerapkan serta menyempurnakan penerapan teknologi tersebut sebagai bagian dari proses pemberdayaan.

Tujuan dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah untuk mendiseminasikan serta mentransformasikan pengetahuan kepada masyarakat teknologi pompa hidram tanpa listrik berbasis pengembangan energi terbarukan dengan menggunakan energi tekanan air tersebut. Diharapkan dari program ini warga menjadi paham dan bisa mengembangkan teknologi tersebut secara mandiri.

## **METODE PELAKSANAAN**

Untuk mencapai tujuan dari program transfer pengetahuan teknologi tepat guna, (Jayady, A., 2018), perlu mempelajari filosofi dari teknologi tersebut sehingga mengetahui karakteristiknya agar cocok diterapkan di lokasi. Metode yang diterapkan, yaitu dengan membuat prototype di laboratorium, uji coba pengetahuan & prototipe pompa air tanpa listrik, demo rekonstruksi prototipe, ujicoba dan implementasi prototipe.

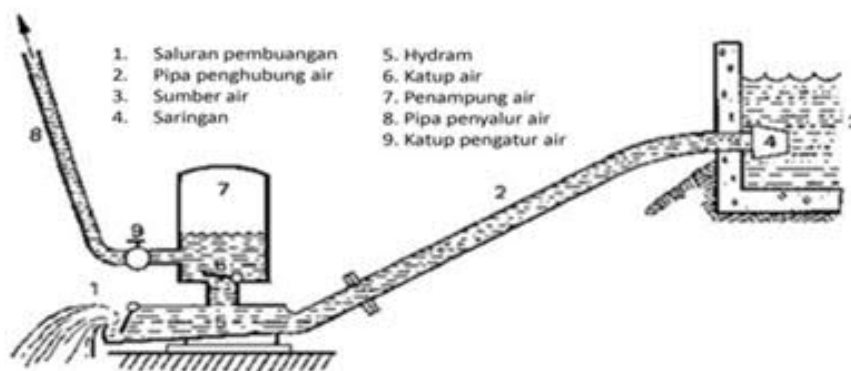
Sebagai implementasi program, teknologi tepat guna ini dilaksanakan di RT 04 Dusun Serut, Desa Palbapang, Kecamatan Bantul, Kabupaten Bantul. Lokasi RT ini dipilih karena memiliki 10 buah kolam perikanan dan diapit oleh irigasi dan anak sungai yang memiliki debit air paling deras dibandingkan yang lain. Rata-rata kolam di wilayah ini variatif yakni persegi panjang dengan kedalaman 50 cm s/d 200 cm.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Analisis Konsep

Dari kajian yang bersifat literasi, terdapat beberapa konsep dan model *ram pump* (*pompa hidram*) yang telah dikembangkan oleh perguruan tinggi atau beberapa lembaga riset di Indonesia. Adapun beberapa konsep dan model yang telah diuji kembangkan sebagai berikut:;

1. Permakultur *Research Institute*;



Gambar 2. Prinsip Kerja Pompa *Hidram*

Sumber: Kalingga, 2018

Prinsip kerja seperti yang ditunjukkan Gambar 2 dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Energi *ram pump* untuk mengangkat air dari tempat rendah ke tempat tinggi berasal dari jatuhnya air karena gravitasi. Air dari sumber/bak penampungan masuk melalui *drive pipe* ke *ram pump* hingga memenuhi ruangnya dan sebagian keluar melalui *impuls valve* sehingga membuat *valve* juga berfungsi menjadi tertutup.
- Air masuk ke tabung *vaccum* dan *delivery pipe* (dalam kondisi normal) sampai ketinggian sejajar dengan sumber air. Kondisi ini akan berlaku hukum bejana berhubungan yang mendorong air ke ruang yang belum terisi, yakni lubang *sniffer*.
- Dengan menekan *impuls valve* sekali, air akan keluar melaluinya dan lubang *sniffer* akan berhenti mengeluarkan air. Udara masuk ke dalam sehingga mengisi seluruh rongga yang ada. Karena tekanan yang terus menerus dari *drive pipe*, *impuls valve* bergerak menutup air yang keluar. Ini menghasilkan tekanan balik ke *drive pipe* dan sebagian gaya dorong air ke tabung *vaccum* melalui *delivery valve*.
- Tekanan udara yang berada di tabung *vaccum* akan terus meningkat karena air yang masuk secara terus menerus. Tekanan udara ini mendorong air ke *delivery pipe* dan membuat *delivery valve* tertutup. Tekanan balik ke *drive pipe* menyebabkan tekanan

dalam ruang dalam *ram pump* terus menurun dan membuat *impulse valve* terbuka dengan sendirinya. Proses ini berulang secara terus menerus.

2. Dengan konsep yang hampir sama, Daniel Ortega Panjaitan dan Tekad Sitepu, e Dinamis, 2012, juga melakukan penelitian untuk *ram pum*. Konsep ram pum yang diajukan sebagai berikut-;



Gambar 3. Detail Gambar Pompa *Hidram*

### Prinsip Kerja Pompa *Hidram*

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

Periode 1. Akhir siklus yang sebelumnya, kecepatan air melalui ram mulai bertambah, air melalui katup limbah yang sedang terbuka timbul tekanan negative yang kecil dalam ram.

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

Periode 3. Katup limbah mulai menutup dengan demikian menyebabkan naiknya tekanan dalam ram. Kecepatan aliran dalam pipa pemasukan telah mencapai maksimum.

Periode 4. Katup limbah tertutup; menyebabkan terjadinya *water hammer* yang mendorong air melalui katup penghantar. Kecepatan dalam pipa pemasukan berkurang dengan cepat.

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 .

Dari hasil pengujian yang dilakukan untuk variasi tinggi tabung udara dan panjang pipa pemasukan efisiensi maksimum diperoleh 29.55% pada tinggi tabung udara 60 cm dan panjang pipa pemasukan 10 meter dengan kapasitas aktual pipa pemasukan 0,000424666 (m<sup>3</sup>/s), kapasitas pipa *discharge* 0,0000355 (m<sup>3</sup>/s), tekanan pada pipa *discharge* 0,66 bar dan tekanan pada tabung udara 0,602 bar. Penggunaan tabung udara berdasarkan pengujian yang dilakukan, bahwa tinggi tabung udara dan panjang pipa pemasukan pada pompa hidram berpengaruh pada kapasitas pemompaan dan kinerja dari pompa hidram. Untuk penelitian pompa hidram berikutnya diharapkan melakukan penelitian terhadap volume tabung udara yang lebih akurat dengan membandingkan data yang dihasilkan dengan menggunakan 3 sampai 5 variasi tinggi tabung udara dan penggunaan alat ukur yang lebih akurat.

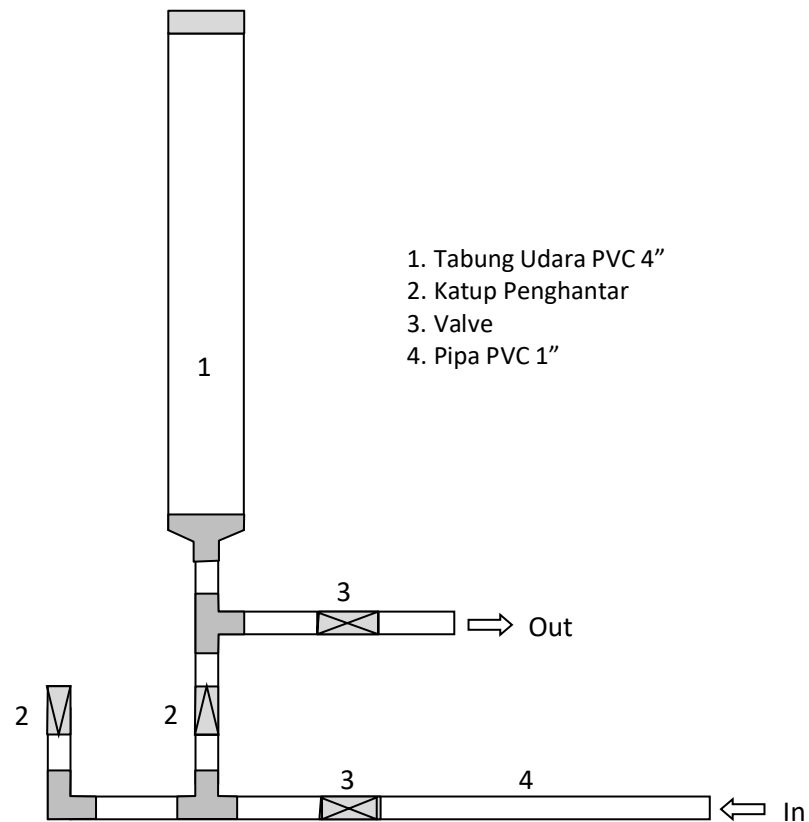
Dari perbandingan kedua konsep di atas, dapat diketahui bahwa secara teknis teknologi pompa hidram mempunyai prinsip kerja yang sama dalam mengangkat air ke permukaan tanah. Herlambang mendetailkan Pompa *hidram* sebagai pompa air tanpa listrik yang digunakan untuk menaikkan air dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi secara automatic dengan energi yang berasal dari air tersebut yaitu karena adanya tinggi air jatuh yang digunakan untuk menekan katup pada pompa hidram dan mengakibatkan efek tekanan balik air atau *water hammer* (Herlambang, A. dan Wahjono, H.D., 2006).

## **B. Analisis Penerapan**

Dari literasi di atas dapat diketahui secara konsep dan prinsip kerja *ram pum* (*pompa hidro*), untuk itu sebagai langkah awal dilakukan prototype dalam skala lab di Laboratorium FTS UMY. Adapun jenis prototipe tersebut meliputi:

### 1. Prototipe Pompa Botol Aqua 1 liter.

Prototipe awal dikembangkan dalam bentuk gambar kerja dan kebutuhan material. Adapun desain yang dibuat dalam gambar kerja adalah seperti di bawah dengan material dari pipa paralon 4' dan 1' dengan spesifikasi sebagai berikut:- Tabung udara diameter 6 cm, Katub penghantar 2,5cm, Valve 2,5 cm, Inlet 2,5 cm, Outlet 2 cm. Dari desain ini diharapkan dapat menaikkan air 2 m dengan tinggi air dari permukaan sekitar 2 m.

Gambar 4. Desain Prototipe Pompa *Hidram*

Prototipe ini menggunakan bahan sederhana seperti botol aqua 1 liter, pipa paralon  $\frac{3}{4}$ , keni (tee, elbow, shock, dop, selang, dan kran air, bak air/kolam). Elevasi air dengan permukaan tanah 2 meter dan kecepatan air diperkirakan 1 liter/menit. Dari uji coba karakteristik hummer pum sebagai inti pompa dapat menaikkan air ke permukaan setinggi 2 meter.



Gambar 5. Pembuatan Prototipe di Laboratorium



## 2. Uji coba Prototipe Pompa *Hidram*.

Uji coba dimasyarakat dilakukan melalui uji pengetahuan dan pemahaman dalam membongkar dan memasang kembali pompa hidram. Dari proses ini, masyarakat tidak mengalami hambatan baik melakukan pembongkaran maupun pemasangan kembali sehingga tanpa disadari adanya transfer pengetahuan dan pengalaman dimasyarakat. Secara tidak langsung terjadinya proses membangun keyakinan masyarakat bahwa teknologi sederhana ini gampang dan mudah digunakan.

Apresiasi masyarakat terhadap program ini sangat tinggi. Hal tersebut tunjukkan dengan rasa keingintahuan masyarakat yaitu dengan jumlah generasi muda yang hadir untuk setiap kali kegiatan. Dalam setiap proses, tidak kurang dari 20 anak muda karang taruna ditambah 2 kelompok budidaya perikanan air tawar selalu hadir.

Respon yang tinggi terhadap kegiatan rekonstruksi (membuat ulang prototipe) dikarenakan adanya transfer pengetahuan baru, seperti pengenalan prinsip-prinsip fisika dasar terapan, pemanfaatan material bekas, dan kemudahan untuk replikasi prototipenya. Teknologi terapan sederhana mudah untuk dibuat menggunakan peralatan yang sederhana, mulai dari gergaji pipa, amplas, serta bahan yang mudah didapat yaitu pipa PVC dan asesorisnya.



Gambar 6. Pengenalan Pembuatan Pompa *Hidram* Di Masyarakat

## 3. Implementasi di Lapangan

Respon petani budidaya ikan air tawar lebih antusias, yaitu dengan dukungan kerja gotong royong untuk mempersiapkan lokasi. Survei lokasi memberikan pengetahuan dan gambaran karakteristik lokasi yang cocok untuk penerapan teknologi ini, meliputi tinggi air dengan permukaan tanah dan tekanan air yang akan dipompa.



Gambar 7. Warga Sepakat Memilih Sungai dan Lokasi Sebagai Uji Coba

Setelah dilakukan survei lokasi ditentukan titik yang akan dipilih berdasarkan kriteria diatas guna mengukur kemampuan maksimal debit serta jauhnya jangkauan distribusi.



Gambar 8. Uji Coba Pompa Air

Dari uji coba penerapan di lapangan dengan laju air 5m/detik dengan kedalaman air 0,3 m, desain tersebut mampu mengangkat air sebanyak 1 liter/menit.

### C. Hambatan dan Kendala

Sebagaimana yang diuraikan di atas, kendala yang ditemui dalam penerapan teknologi ini di masyarakat yakni ;

#### a. Secara teknis

1. Paparan peneliti di atas, secara konseptual dan desain tidak ada permasalahan terutama yang berhubungan dengan prinsip kerja pompa. Namun, teknologi ini sangat sensitif terhadap sampah, karena kondisi sungai dan anak sungai belum bebas dari sampah dan masih minimnya kesadaran perawatan secara melekat dimasyarakat.

2. Permasalahan utama adalah kontur tanah yang bervariasi sehingga mempengaruhi berbagai bentuk tabung guna memperbesar debit air yang akan diangkat ke permukaan.
- b. Secara non teknis:
1. Belum stabilnya motivasi masyarakat terhadap penerapan teknologi yang dikembangkan oleh universitas.
  2. Masih ada masyarakat belum menganggap perlu penggunaan teknologi energi terbarukan dikarenakan masih mahal.
  3. Belum tersedianya prasarana pendukung pemanfaatan teknologi oleh masyarakat
  4. Lemahnya pendanaan dalam penerapan teknologi dalam skala yang lebih luas dimasyarakat

## **SIMPULAN**

Penerapan teknologi terbarukan di masyarakat tidak bisa serta merta dapat diterapkan. Mengubah kebiasaan lama masyarakat dengan menggunakan mesin pompa diesel yang dapat diterapkan di berbagai lokasi masih merupakan dianggap sebagai pilihan yang praktis. Selain itu juga faktor lokasi merupakan penentu untuk besaran prototipe yang dibutuhkan (kontur tanah) menjadi hambatan tersendiri karena keterbatasan prototype yang dibuat (skala laboratorium). Sebagaimana yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya di atas, besarnya tabung (*hammer pum*) menjadi faktor penentu dalam memecahkan kesulitan mengangkat air ke permukaan. Oleh karena itu, dalam mengoptimalkan potensi sumberdaya air diperlukan penelitian dan pengembangan lebih lanjut dengan desain pompa yang berukuran lebih besar.

Sebagai media promosi dan transformasi pengetahuan perlu dibuat beberapa model prototipe pompa air dengan tabung bervariasi (4', 6', dan 8') sebagai media belajar warga dengan berbagai kontur tanah dan elevasi air dengan permukaan tanah. Dengan demikian warga dapat memperkirakan kebutuhan dan ukuran pipa yang akan digunakan. Teknologi ini juga belum banyak dikembangkan oleh pemerintah daerah, sehingga perlu adanya diseminasi dan kerja bersama sebagai solusi mengatasi persolan air.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

1. Seluruh civitas akademik Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas bantuan pemikiran dan diskusi terhadap disain pompa hidram.

2. Pimpinan Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas hibah internal pengabdian masyarakat.
3. Lembaga Penelitian, Publikasi, dan Pengabdian pada Masyarakat (LP3M) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Kepala Pedukuhan Serut, Palbapang, bapak Tobadiana serta masyarakat yang telah ikut berpartisipasi menyediakan tempat dan waktunya untuk dapat menerapkan kegiatan ini di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Kalingga Erbata, Bambang 2018, Menaikkan Air Tanpa Listrik, Teknologi, Juli-September 2018
- Abdullah, Dedy Tjahyadi, Maret 2004, Sistem Alokasi Pemanfaatan Air Dari Sungai Dengan Cara Kesetimbangan Air 45 Di Dalam Sistem Sungai, Mimbar, VOL XX, Januari-Maret 2004.
- Herlambang, A., dan Wahjono, H.D., 2006, Rancang Bangun Pompa Hidram untuk Masyarakat Pedesaan, Jurnal JAI, Vol.2 No.2.
- Jayady, Arman, 2018, Teknologi Konstruksi, Sebuah Analisis, Jurnal Karkasa, Vol.4, No.1 (2018). Sorong.
- 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. II, No.2
- Zulfiar, M.H., dkk., 2017, Penerapan Pompa Hidram Tanpa Listrik Berbasis Pengembangan Energi Terbaharukan Untuk Masyarakat Pedesaan, Laporan Pengabdian Masyarakat, Univeristas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Zulfiar, M.H., Jayady, A., dan Saputra, N.R.J., 2018, Kerentanan Bangunan Rumah Cagar budaya terhadap Gempa di Yogyakarta, Jurnal Karkasa, Vol.4, No.1 (2018). Sorong.
- 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. <https://doi.org/10.18196/bdr.7152>