

PEMETAAN POTENSI AIR TANAH DI KECAMATAN PARANGGUPITO, KABUPATEN WONOGIRI

Jumadi *, Danardono, Vidya N. Fikriyah, M. Iqbal T.S., Dewi Novita Sari

Universitas Muhammadiyah Surakarta

*)jumadi@ums.ac.id

ABSTRAK

Kecamatan Paranggupito yang merupakan wilayah karst dimana wilayah karst memiliki karakteristik hidrologi yang unik membuat masyarakat tidak banyak mampu untuk memanfaatkan maupun memenuhi kebutuhan air. Hal tersebut dikarenakan wilayah karst yang memiliki sumber air tanah yang jauh di dalam tanah. Permasalahan mengenai tidak terpenuhinya ketersediaan air di Kecamatan Paranggupito terjadi sejak lama hingga sekarang dan semakin memburuk ketika musim kemarau. Beberapa langkah sudah dilakukan oleh masyarakat di Kecamatan Paranggupito seperti adanya tandon di tiap rumah warga yang dapat menampung air hujan, membeli air, hingga membuat sumur bor. Namun, hal-hal tersebut masih menemui masalah seperti tandon air yang tidak terisi ketika tidak ada hujan, pembelian air yang mengganggu kondisi ekonomi, dan sumur bor yang belum menjangkau keseluruhan wilayah di Kecamatan Paranggupito. Solusi yang ditawarkan untuk permasalahan tersebut adalah pemetaan potensi air tanah melalui inventarisasi dan survei pada gua dan luweng di Kecamatan Paranggupito untuk menemukan sumber daya air tanah. Selanjutnya, hasil survei keberadaan air bawah tanah tersebut diuji kualitas dan kuantitas untuk diketahui dan dianalisis sehingga dapat dijadikan sebagai pedoman untuk perencanaan pengangkatan sumber air bawah tanah. Keberlanjutan dari program ini melalui realisasi pengangkatan sumber air bawah tanah sehingga hasil dari pengabdian ini akan benar-benar dapat bermanfaat.

Kata Kunci : karst, Paranggupito, sumber air

ABSTRACT

Paranggupito Sub-district which is a karst area where the karst area has unique hydrological characteristics, making the community unable to utilize or meet water needs. This is because the karst area has groundwater sources deep in the ground. Problems regarding the non-fulfillment of water availability in Paranggupito Sub-district have been going on for a long time until now and get worse during the dry season. Several steps have been taken by the community in Paranggupito District, such as the existence of reservoirs in each resident's house that can accommodate rainwater, buy water, and make boreholes. However, these things still encounter problems such as water reservoirs that are not filled when there is no rain, water purchases that interfere with economic conditions, and drilled wells that have not reached the entire area in Paranggupito District. The solution offered for this problem is the mapping of groundwater potential through an inventory and survey of caves and luweng in Paranggupito District to find groundwater resources. Furthermore, the results of the survey of the presence of underground water are tested for quality and quantity to be known and analyzed so that they can be used as guidelines for planning the removal of underground water sources. The sustainability of this program is through the realization of the removal of underground water sources so that the results of this service will really be useful..

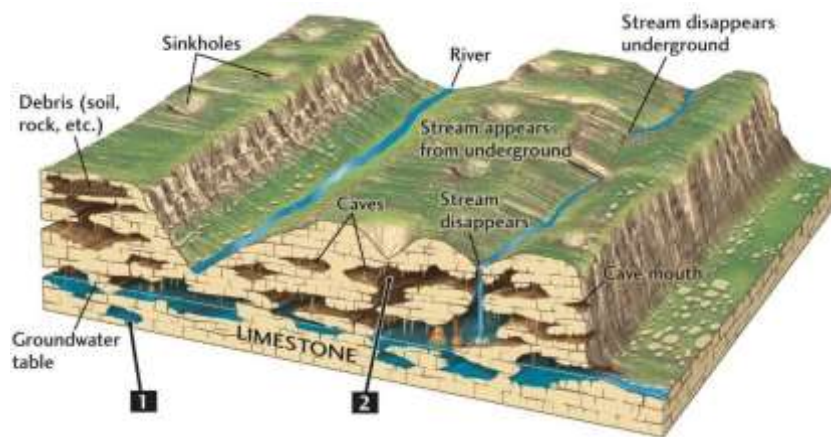
Keywords : karst, Paranggupito, water resources.

PENDAHULUAN

Fungsi dan peran air sangat penting bagi kehidupan manusia, air dibutuhkan manusia untuk kebutuhan domestik seperti mandi, masak, minum, dan cuci, kebutuhan umum seperti kebersihan jalan dan pasar, pengangkutan air, kebutuhan pertanian, kebutuhan peternakan, dan lainnya

(Ambarwati, n.d.). Pemenuhan kebutuhan air sangat erat kaitannya dengan ketersediaan air. Ketersediaan air memiliki jumlah yang relatif tetap dari waktu ke waktu namun dapat berkurang jika ada penurunan kondisi dan daya dukung lingkungan (Zulkipli; Soetopo, W.; dan Prasetijo, 2012). Daya dukung lingkungan menurut Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu kemampuan lingkungan untuk mendukung perikehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Beberapa aspek yang mendukung dalam daya dukung lingkungan terhadap ketersediaan air yaitu sifat fisik tanah, jenis penggunaan lahan, kapasitas infiltrasi, dan pola drainase (Prastowo, 2010).

Kecamatan Paranggupito yang berada di Kabupaten Wonogiri memiliki karakteristik sebagai kawasan karst. Kawasan karst merupakan suatu bentang lahan yang memiliki sistem hidrologi dengan ciri khas tersendiri yaitu minimnya akumulasi cadangan air permukaan yang dapat dimanfaatkan. Kawasan karst memiliki potensi air tanah namun terserap ke dalam tanah melalui adanya sungai bawah tanah maupun sumur dalam gua atau disebut luweng. (Agniy et al., 2017). Cepat terserapnya air ke dalam tanah disebabkan oleh batuan di kawasan karst yang mudah larut yaitu limestone, marble, gypsum. Karakteristik tersebutlah yang menyebabkan kawasan karst menjadi salah satu kawasan yang sulit air tak terkecuali di Desa Paranggupito (Cahyadi, 2014). Gambar 1.1 menunjukkan bahwa wilayah karst memiliki simpanan air tanah namun berada sangat jauh di dalam tanah.



Gambar 1. Ilustrasi wilayah karst (sumber: <https://www.gurugeografi.id/>)

Keunikan karakteristik kawasan karst yang cukup menyulitkan pemenuhan ketersediaan air sehingga kebutuhan air tidak dapat terpenuhi sepenuhnya yang dialami oleh warga di Kecamatan Paranggupito memerlukan penanganan khusus. Penanganan tersebut dapat

Artikel luaran Abdimas

dilakukan melalui pemanfaatan disiplin ilmu Geografi yang mampu menganalisis kondisi wilayah hingga menemukan solusi dari masalah yang ada pada kondisi wilayah tersebut. Maka dari itu, dalam rangka membantu memecahkan permasalahan di Desa Paranggupito terkait kebutuhan air maka usulan kegiatan pengabdian kepada masyarakat dengan judul pemetaan potensi airtanah di Kecamatan Paranggupito, Kabupaten Wonogiri diajukan.

Masalah yang ditemukan di kawasan karst, studi pustaka mengenai Kecamatan Paranggupito memiliki permasalahan pada ketersediaan air. Pemenuhan kebutuhan air di Kecamatan Paranggupito mengandalkan air tadah hujan dan PDAM. Air hujan tersebut terkumpul ketika hujan di tendon yang ada di setiap rumah warga. Ketika musim kemarau, warga desa kesulitan untuk menjangkau air karena tidak adanya hujan dan sumber air PDAM yang mulai mengecil sehingga banyak warga desa yang membeli air bersih dengan harga Rp. 150.000 untuk jarak dekat dan Rp. 170.000 untuk jarak jauh pada satu mobil tangki yang berisi 5.000 liter (Kompas, 2020). Pembelian air tersebut tentunya cukup mengganggu kondisi ekonomi warga desa karena kebutuhan akan air akan dibutuhkan setiap hari bahkan setiap saat. Tidak akan memungkinkan jika warga terus menerus harus membeli air.

Namun, beberapa langkah sudah dilakukan oleh warga Kecamatan Paranggupito. Salah satu desa di Kecamatan Paranggupito yaitu Desa Paranggupito yang menjadi pusat pemerintahan dari kecamatan ini telah memiliki 1 sumur bor yang dibuat pada tahun 2010 namun baru dapat didistribusikan pada tahun 2013 yang juga tidak dapat menjangkau keseluruhan dusun di desa ini karena hanya dapat Agustus 2021 namun belum dapat difungsikan dan didistribusikan. Berdasarkan kondisi fisik di kawasan karst yang memungkinkan adanya penyimpanan air di bawah tanah juga diidentifikasi melalui pemaparan dari pihak desa yang menemukan adanya “luweng” atau sumur dalam gua di Desa Paranggupito. Beberapa luweng lain juga ditemukan hingga dapat telah ditemukan sumber air sehingga dapat dimanfaatkan oleh warga desa untuk pemenuhan kebutuhan air. Jangkauan sumur bor yang belum merata dan masalah kekeringan yang masih akan dialami oleh warga Desa Paranggupito dan desa lain di Kecamatan Paranggupito memerlukan solusi yang dapat membantu pemecahan masalah. Pemecahan masalah tersebut dapat dilakukan dengan analisis lebih lanjut terkait potensi airtanah di kawasan karst serta pemanfaatan teknologi berbasis sistem informasi geografis (SIG). Melalui pemanfaatan tersebut, hasil dari pengabdian ini secara umum akan digunakan untuk menentukan area-area yang mampu dimanfaatkan oleh pemerintah dan warga Kecamatan Paranggupito

untuk menyediakan air.

Alternatif solusi yang ditawarkan oleh tim pengusul untuk menyelesaikan masalah yang terdapat di wilayah Kecamatan Paranggupito terkait dengan pemenuhan kebutuhan air bersih yaitu dengan melakukan kegiatan bersama masyarakat untuk mengidentifikasi dan mencari sumber air bersih dari sumber-sumber air bawah tanah. Pencarian sumber air bawah tanah termasuk salah satu alternatif cara yang dinilai tepat mengingat Kecamatan Paranggupito termasuk di dalam wilayah karst. Wilayah karst sendiri memiliki ciri adanya sistem sungai bawah tanah dan sumber-sumber air bawah tanah lain yang terdapat di dalam gua atau luweng. Pencarian sumber air bawah tanah ini efektif dilakukan pada kawasan karst untuk memenuhi kebutuhan air karena pada beberapa kawasan karst juga memanfaatkan sumber air bawah tanah. Beberapa contoh sumber air bawah tanah dari gua atau luweng yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat yaitu di Kabupaten Gunungkidul dimana terdapat pemanfaatan air dari Gua Seropan dan Gua Bribin yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air melalui PDAM pada beberapa wilayah kecamatan di kabupaten ini.

Kegiatan pencarian sumber air bawah tanah di wilayah mitra terbagi menjadi tiga tahapan yaitu dengan (1) menginventarisasi keberadaan gua dan luweng yang potensial memiliki sumber air bawah tanah; (2) melakukan kegiatan survei susur gua atau luweng untuk mencari keberadaan sumber air bawah tanah; (3) melakukan pengujian kualitas dan kuantitas sumberdaya air yang ditemukan pada gua atau luweng yang memiliki potensi sumberdaya air; (4) melakukan perencanaan untuk mengangkat atau mengambil air keluar dari gua atau luweng. Semua kegiatan akan dilakukan dengan melibatkan warga masyarakat untuk mengedukasi terkait teknik-teknik dalam pencarian sumber air bawah tanah di kawasan karst dan juga untuk mengedukasi dalam perawatan baik alat atau sumber air yang nantinya dijadikan sebagai sumber air bersih utama warga di Kecamatan Paranggupito.

METODE

Deskripsi Program Pelaksanaan Kegiatan

Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini dilaksanakan dalam berbagai tahapan kegiatan yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Sosialisasi dan Persiapan

Tahap awal ini tim pelaksana akan menjalin komunikasi secara virtual dan mengunjungi

mitra untuk melakukan sosialisasi tentang pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Selain itu tim pelaksana akan mendiskusikan dengan mitra terkait perencanaan kegiatan dari awal sampai akhir yang bersifat teknis seperti waktu, jadwal pelaksanaan, personel yang akan dilibatkan, sampai sarana dan prasarana yang dibutuhkan.

2. Inventarisasi Keberadaan Gua dan Luweng yang Potensial Memiliki Sumber Air Bawah Tanah

Kegiatan ini merupakan tahap awal dalam melakukan pencarian sumber air bawah tanah. Kegiatan inventarisasi ini dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan melakukan FGD dengan masyarakat terkait informasi letak keberadaan gua atau luweng, survei partisipatif dengan masyarakat terkait keberadaan gua dan luweng, serta kajian literatur terkait keberadaan gua dan luweng. Kegiatan inventarisasi dilaksanakan kurang lebih selama 2 minggu (14 hari). Hasil dari kegiatan inventarisasi ini nantinya akan dijadikan sebagai bahan rencana pelaksanaan kegiatan selanjutnya yaitu survei susur gua dan luweng. Pada tahap ini akan dipilih beberapa gua dan luweng yang potensial memiliki sumber air bawah tanah.

3. Kegiatan Susur Gua dan Luweng untuk Mencari Keberadaan Sumber Air Bawah Tanah

Kegiatan ketiga ini dilakukan atas dasar kegiatan inventarisasi dimana gua dan luweng yang sudah dipilih akan disurvei secara langsung. Kegiatan survei dilakukan dengan menyusuri gua dan luweng yang sudah ditentukan untuk mencari keberadaan sumber air bawah tanah. Kegiatan survei susur gua dan luweng dilaksanakan dengan melibatkan beberapa warga masyarakat untuk lebih memperjelas keberadaan sumber air serta upaya untuk mengedukasi masyarakat tentang teknik dalam penelusuran gua sehingga nanti jika terdapat “trouble” dalam pemanfaatan teknologi untuk pemenuhan kebutuhan air seperti pompa atau pipa maka masyarakat dapat menyusuri gua secara mandiri dan membenahi kerusakan yang terjadi. Kegiatan susur gua ini direncanakan dilaksanakan dalam waktu 14 hari dan dipilih pada saat musim kemarau.

4. Pengujian Kualitas dan Kuantitas Sumberdaya Air yang Ditemukan

Setelah menemukan sumber air pada gua atau luweng pada kegiatan ketiga, selanjutnya dilakukan pengujian sumber air baik secara kuantitas maupun kualitas. Pengujian kuantitas dilakukan dengan memantau kondisi debit selama periode musim kering dan kemarau. Hal ini dimaksudkan agar pemanfaatan sumber air tetap memperhatikan aspek kelestarian sumberdaya alam dan sesuai dengan kebutuhan air masyarakat. Selain itu, hal ini dilakukan

untuk memastikan keberlangsungan sumberdaya air tersebut agar tetap dapat dimanfaatkan oleh generasi mendatang (tidak hanya dalam jangka pendek). Pengujian kualitas dilakukan dengan mengambil sampel air baik saat musim penghujan dan kemarau untuk diuji di laboratorium terkait kandungan kimia air sehingga dapat diketahui kesesuaian peruntukan air untuk kebutuhan air minum. Tahap ini direncanakan berjalan saat musim penghujan dan kemarau. Sampel musim penghujan akan diambil pada Bulan Januari, sedangkan sampel saat musim kemarau diambil saat Bulan Mei.

5. Perencanaan untuk Mengangkat Atau Mengambil Air Keluar dari Gua Atau Luweng

Setelah diketahui kuantitas dan kualitas pada tahap sebelumnya akan ditentukan satu sumber air yang potensial untuk memenuhi kebutuhan warga masyarakat mitra. Pada satu sumber air tersebut kemudian dirancang cara pengambilan air agar bisa terdistribusi di seluruh wilayah mitra. Kegiatan perancangan dilaksanakan dengan FGD. FGD dilaksanakan dengan mengundang seluruh elemen masyarakat, pemangku kepentingan, dan ahli dalam bidang teknik konstruksi pemanfaatan air. Hasil dari kegiatan perancangan ini berupa blue-print pemanfaatan sumber daya air bawah tanah yang telah ditentukan untuk memenuhi kebutuhan air semua warga masyarakat.

6. Evaluasi dan Monitoring

Guna mengetahui capaian hasil kegiatan pengabdian maka tim pengusul akan melakukan evaluasi pada akhir kegiatan dengan melakukan wawancara terhadap masyarakat yang dilibatkan selama kegiatan. Wawancara dilakukan untuk mengetahui kapasitas pengetahuan masyarakat dalam susur gua yang nantinya dibutuhkan untuk *maintenance* teknologi yang akan diterapkan untuk pemanfaatan air bawah tanah. Selain itu tim pengusul juga tetap melakukan monitoring terkait hasil pengabdian dalam beberapa bulan setelah kegiatan untuk mengetahui keterlaksanaan program yang dilakukan di masyarakat.

7. Penyusunan Laporan dan Publikasi Ilmiah

Setelah semua kegiatan selesai dilaksanakan, tim pengusul akan menyusun laporan pelaksanaan kegiatan pengabdian dan menulis draft publikasi ilmiah untuk terbitan berkala sekaligus membuat dan editing publikasi lain berupa video kegiatan dari awal sampai akhir.

Keberlanjutan Program

Keberlanjutan dari program pemetaan ini akan dilaksanakan melalui pengangkatan air yang

Artikel luaran Abdimas

dapat dilakukan oleh pihak kecamatan, pemerintah kabupaten, maupun akademisi lain yang melaksanakan pengabdian selanjutnya. Usulan kegiatan ini memiliki luaran salah satunya berupa proposal pengabdian Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) yang jika lolos dalam seleksi nasional, maka akan dapat dipastikan untuk keberlanjutan pengangkatan air di Kecamatan Paranggupito. Selain itu, data-data pemetaan dan inventarisasi hasil uji kualitas dan kuantitas air dapat digunakan dalam jangka panjang untuk perencanaan-perencanaan lanjutan seperti tidak merencanakan pembangunan yang dapat menghambat hingga merusak sumber daya air bawah tanah yang berkualitas baik.

Partisipasi Mitra dalam Pelaksanaan Kegiatan

Pelaksanaan kegiatan pengabdian tidak akan dapat terlaksana tanpa adanya partisipasi mitra di dalamnya. Maka dari itu, berikut partisipasi mitra dalam pelaksanaan kegiatan ini:

1. Bersama-sama melaksanakan sosialisasi untuk pemetaan potensi air tanah
2. Membantu penitikan lokasi adanya gua dan luweng di Kecamatan Paranggupito
3. Membantu survei pada beberapa lokasi gua dan luweng

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian telah dilaksanakan sesuai dengan alur tahapan di usulan pengabdian. Dokumentasi kegiatan dapat dilihat pula melalui kanal Youtube dengan alamat berikut. <https://www.youtube.com/watch?v=1RQa2rxfXVw>. Beberapa tahapan kegiatan yang telah tercapai tersebut dijelaskan secara lebih detail.

Sosialisasi dan Persiapan

Sosialisasi dan komunikasi dengan mitra dilaksanakan secara virtual dan pertemuan langsung. Kegiatan ini dilaksanakan untuk menghimpun aspirasi permasalahan nyata di Kecamatan Paranggupito, sekaligus mendiskusikan dengan pihak mitra terkait waktu pelaksanaan, keterlibatan personel, dan sarana prasarana yang diperlukan. Kunjungan tim pengabdian kepada pihak mitra Kecamatan Paranggupito telah dilaksanakan pada tanggal 29 Maret 2022 (Gambar 2).



Gambar 2. Komunikasi tim pengabdian Fakultas Geografi UMS dengan pihak mitra di Kecamatan Paranggupito

Inventarisasi Keberadaan Gua dan Luweng yang Potensial Memiliki Sumber Air Bawah Tanah Kegiatan dilanjutkan dengan melakukan inventarisasi lokasi gua dan luweng yang berpotensi memiliki sumber daya air bawah tanah. Kegiatan diawali dengan mengkaji literatur serta wawancara dengan masyarakat sebagai sumber informasi awal tentang keberadaan gua dan luweng (Gambar 3). Berdasarkan hasil wawancara tersebut kemudian dilakukan kegiatan susurgua dan luweng untuk mengecek keberadaan sumber air bawah tanah.



Gambar 3. Wawancara dengan masyarakat Kecamatan Paranggupito untuk mendapatkan informasi lokasi gua dan luweng

Susur Gua dan Luweng yang Potensial Memiliki Sumber Air Bawah Tanah

Tahapan selanjutnya adalah melakukan penyusuran dan survei beberapa gua dan luweng yang dipilih berdasarkan hasil wawancara dengan masyarakat (Gambar 4). Penyusuran dilakukan bersama masyarakat dengan sasaran mencari lokasi sumber air bawah tanah (Gambar 5). Kegiatan susur gua bersama masyarakat juga dimaksudkan sebagai bentuk edukasi dalam teknik penelusuran gua sehingga masyarakat nantinya dapat berdaya dan mampu mengatasi sendiri ketika ada permasalahan terkait pompa dan pipa air.



Gambar 4. Susur gua dan luweng untuk memastikan keberadaan air bawah tanah



Gambar 5. Susur gua dan luweng dengan masyarakat sebagai bentuk pemberdayaan

Berdasarkan penelusuran lokasi gua dan luweng tersebut, dapat dilihat hasil pemetaan (Gambar 6) serta deskripsi kondisi gua (Tabel 2)



Gambar 6. Lokasi sebaran Ekokarst Kecamatan Paranggupito

Tabel 1. Koordinat lokasi gua dan luweng di Kecamatan Paranggupito

Nama Objek	X	Y	Z	Keterangan
Ponor Sawit	483843	9096375	219	Ponor
Sumur Ngawangan	484221	9095989	223	Sumur
Luweng Piji	484255	9095238	169	Gua Vertikal
Luweng Kutah	479987	9097657	138	Gua Vertikal
Luweng Jurangjero	481253	9099643	248	Gua Vertikal
Gua Kumoloretno	482102	9099587	256	Gua Vertikal
Gua Jomblang	481375	9099610	216	Gua Horizontal
Gua Pakel	486386	9096129	203	Gua Vertikal
Song Luwang	486051	9096224	226	Gua Vertikal
Gua Jomblang	486033	9096337	257	Gua Horizontal
Luweng Kecruk	486064	9095388	151	Gua Vertikal
Bak Tampung	483917	9097150	287	Bak Tampung

Hasil wawancara dan survei lapangan juga menunjukkan bahwa terdapat wilayah yang kekurangan air. Wilayah tersebut tersebar di delapan desa di Kecamatan Paranggupito (Tabel2).

Tabel 2. Lokasi desa dan dusun di Kecamatan Paranggupito yang mengalami kekurangan air

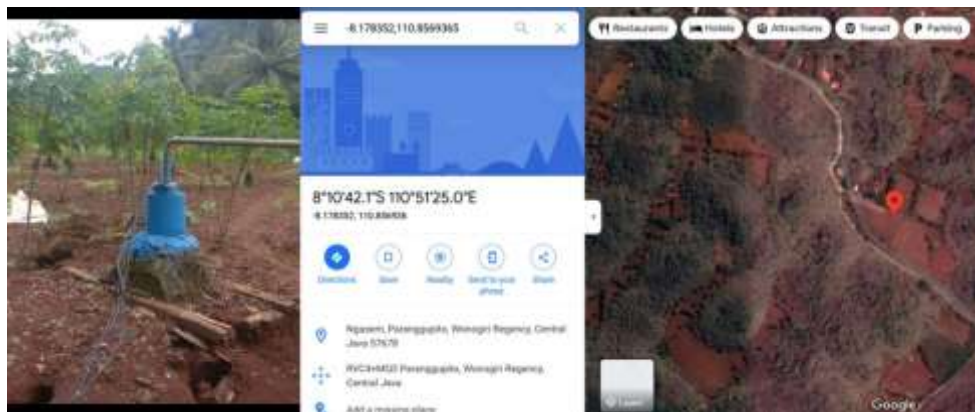
No	Desa	Dusun
1	Gudangharjo	Dawung Jahen
2	Gunturharjo	Ngasem Balong
3	Gendayakan	Hampir semua, lokasi jauh
4	Johunut	Sambi Pakel Kentheng Nagan Pule Gebang
5	Sambiharjo	Ngelo Jerukwangi Pakis Joho
6	Paranggupito	Kloposari Nogosari Setro Ngasem
7	Songbledeg	Janglot Gondangsari Bulu Jambu Waru
8	Ketos	Ngropoh Kuniran

Ngelo

Berdasarkan analisa lokasi wilayah yang mengalami kesulitan air tersebut, maka direncanakan lokasi penempatan pompa dan tandon air. Gambar 7. menunjukkan spanduk bantuan tandon hasil dari pengabdian Fakultas Geografi UMS, serta Gambar 8 merupakan lokasi rencana tandon tersebut akan diletakkan.



Gambar 7. Spanduk bantuan tandon dari Fakultas Geografi UMS

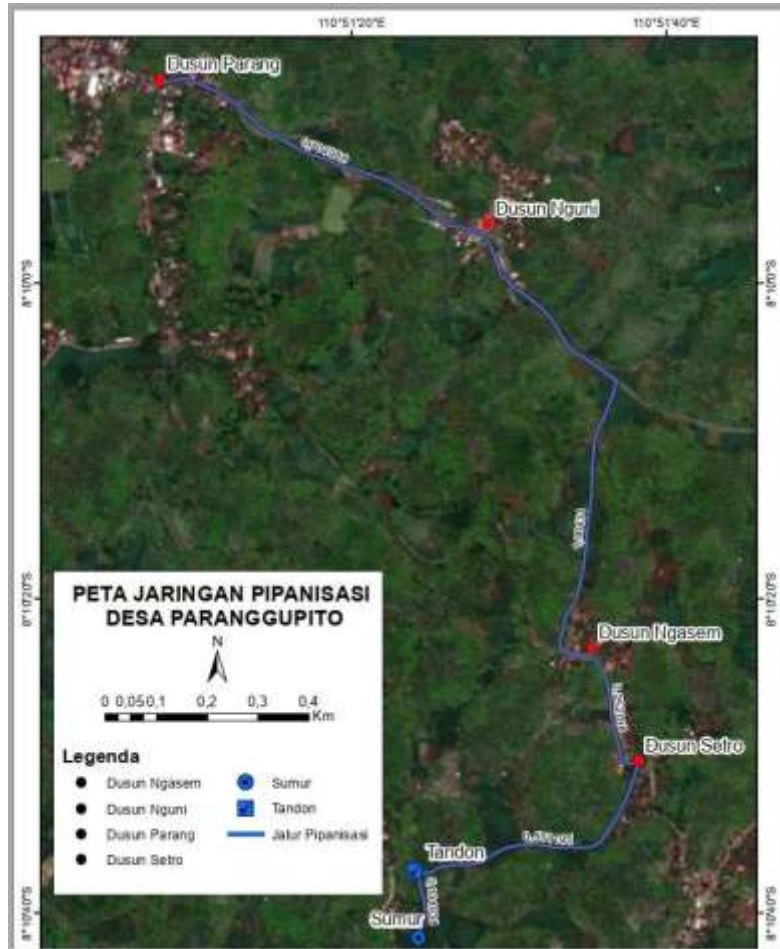


Gambar 8. Lokasi pompa dan rencana penempatan tandon air

Hasil kegiatan pengabdian terakhir adalah penyusunan alur jaringan pipa di Desa Paranggupito (Gambar 9). Berdasarkan hasil observasi lokasi tandon dan sumur, maka disusunlah jaringan pipanisasi dengan total sepanjang lebih dari 1,69 km, yang mengarah ke empat dusun, yakni Dusun Setro, Dusun Ngasem, Dusun Nguni, hingga ke Dusun Parang. Jarak antara sumur ke tandon adalah 0,134938 km, kemudian Tabel 3 menunjukkan panjang masing-masing pipa antar dusun.

Tabel 3. Panjang pipa antar dusun

No	dari	ke	Jarak (km)
1	Tandon	Ds. Setro	0,551195
2	Ds. Setro	Ds. Ngasem	0,252 038
3	Ds. Ngasem	Ds. Nguni	1,00431
4	Ds. Nguni	Ds. Parang	0,70498 8



Gambar 9. Rencana alur jaringan pipa di Desa Paranggupito

KESIMPULAN

Luaran dari penelitian ini yaitu (1) Peta gua dan luweng potensial yang memiliki sumber air bawah tanah, (2) Hasil uji kualitas dan kuantitas sumberdaya air, (3) Publikasi jurnal internasional bereputasi mengenai “Potensi Sumber Air di Wilayah Karst Kecamatan Paranggupito”, (4) Proposal pengabdian Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) untuk keberlanjutan program, (5) Laporan perkembangan dan laporan akhir pelaksanaan P2AD.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada LPMPP UMS yang telah mendanai kegiatan pengabdian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agniy, R. F., Cahyadi, A., & Nurkholis, A. (2017). Analisis Karakteristik Akuifer Karst Dengan Uji Peruntan Dan Pemetaan Gua. September, 13–15. <https://doi.org/10.31219/osf.io/dfxjh>
- Ambarwati, R. . (n.d.). Air bagi Kehidupan Manusia.
<https://ketik.unpad.ac.id/posts/1059/pentingnya-kualitas-air-bersih-bagi-tubuh-manusia>
- Cahyadi, A. (2014). Keunikan Hidrologi Kawasan Karst: Suatu Tinjauan. In Ekologi Lingkungan Kawasan Karst Indonesia: Menjaga Asa Kelestarian Kawasan Karst Indonesia (pp. 1–13). Deepublish.
- Prastowo. (2010). Daya Dukung Lingkungan Aspek Sumberdaya Air (No. 1).
- Zulkipli; Soetopo, W.; dan Prasetijo, H. (2012). Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Irigasi dan Domestik