

Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih Pedesaan di Desa Wai U, Kecamatan Mangoli Tengah, Kabupaten Kepulauan Sula, Provinsi Maluku Utara

(Development of Rural Clean Water System in Wai U Village, Mangoli Tengah District, Kepulauan Sula Regency, Maluku Utara Province)

Arno Adi Kuntoro^{1,2*}, Resanti Audrienne¹, Rofidzias Siswo Wicaksono³, Almira Abdul Kholik¹, Vicky Candra Purnama², Fahrul Kedadota⁴, Widodo³, Salsa Alfadhila Permana⁵, Mohammad Farid¹, M. Bagus Adityawan², Widyaningtiyas², Ana Nurganah Chaidar¹

¹ Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung, Jawa Barat, Indonesia 40132.

² Pusat Pengembangan Sumber Daya Air Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung, Jawa Barat, Indonesia 40132.

³ Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung, Jawa Barat, Indonesia 40132.

⁴ Desa Wai U, Kecamatan Mangoli Tengah, Kabupaten Kepulauan Sula, Provinsi Maluku Utara, Indonesia 97793.

⁵ Program Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung, Jawa Barat, Indonesia 40132.

*Penulis Korespondensi: arnoak@itb.ac.id

Diterima April 2024/Disetujui Oktober 2024

ABSTRAK

Desa Wai U memiliki permasalahan mengenai terbatasnya kapasitas sistem penyediaan air bersih desa. Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk memfungsikan kembali sistem penyediaan air bersih eksisting yang sebelumnya mengalami kendala teknis, serta meningkatkan kapasitas sistem yang ada. Metode pelaksanaan kegiatan meliputi wawancara pra-kunjungan lapangan, yang dilanjutkan dengan survei lokasi yang meliputi survei geolistrik untuk mengetahui potensi akuifer, serta uji laboratorium sampel kualitas air berdasarkan standar baku mutu air minum. Hasil analisis data geolistrik, menunjukkan potensi air tanah yang cukup baik pada kedalaman sekitar 30m di bawah permukaan. Adapun hasil uji sampel air menunjukkan bahwa kualitas air tanah secara umum memenuhi standar baku mutu air kelas-1 untuk air minum. Kegiatan kemudian dilanjutkan dengan pembuatan sumur bor air tanah, menara air, tampungan air, pompa, serta pipa yang menghubungkan sumber air baru ke jaringan distribusi air bersih eksisting Desa Wai U. Hasil akhir dari kegiatan ini adalah meningkatnya kapasitas layanan suplai air bersih Desa Wai U, sehingga dapat menjangkau rumah-rumah yang sebelumnya bergantung pada sumber air dari sumur gali. Terdapat 69 rumah di Desa Wai U. Sebelum mengalami kendala teknis, Pamsimas eksisting Desa Wai U dapat menjangkau 38 rumah (55%). Adapun pembangunan infrastruktur penyediaan air yang baru dapat menjangkau 31 rumah sisanya (45%) sehingga dilihat dari koneksi jaringan kegiatan ini berhasil meningkatkan sambungan jaringan air bersih hingga mendekati 100%, meskipun terdapat beberapa sambungan rumah yang memerlukan rehabilitasi pipa. Kegiatan ini diharapkan menjadi sebagai salah satu kontribusi nyata perguruan tinggi terhadap pencapaian ketahanan air, pangan, dan energi, di Desa Wai U yang termasuk ke dalam wilayah 3T.

Kata kunci: air bersih, Kepulauan Sula, pamsimas, wilayah 3T

ABSTRACT

Wai U Village has a problem with the limited capacity of the village's clean water supply system. This community service activity aims to retrofit the existing clean water supply system, which previously experienced technical problems, and to increase the capacity of the existing system. The implementation method consists of pre-site visit interviews, field surveys, geoelectric surveys to determine aquifer potential, and water quality laboratory tests for drinking water standards. The results of the geoelectric data analysis show that the potential aquifer was located at 30m below the surface. The water quality test results show that the groundwater quality generally meets the class-1 water quality standards for drinking water. Field survey activities were followed by the construction of groundwater wells, water towers, water reservoirs, pumps, and a series of pipes connecting the new water sources to the existing pipe distribution network of Wai U Village. The final result of this activity was the improvement of the clean water supply capacity in Wai U Village, which was able to connect houses that previously depended on water sources from dug wells. There are 69 houses in the Wai U Village. Before experiencing technical problems, the existing water supply system (Pamsimas) in Wai U Village was connected to 38 houses (55%). The construction of new water supply infrastructure was connected to the remaining 31

houses (45%); thus, this activity has succeeded in increasing clean water network connections by almost 100% in Wai U Village. However, several house connections require rehabilitation. This activity is expected to be one of the real contributions of universities to achieving water, food, and energy security in Wai U Village, which is categorized as a 3T region.

Keywords: clean water, 3T regions, pamsimas, Sula Islands

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia. Dengan total jumlah pulau lebih dari 17.000 pulau, sekitar 7.000 pulau di antaranya merupakan pulau berpenghuni. Salah satu tantangan bagi pemerataan ekonomi dan pengembangan wilayah kepulauan seperti Indonesia adalah penyediaan infrastruktur dasar. Pada saat ini kegiatan ekonomi masih dominan terjadi di Pulau Jawa. Hal ini terlihat dari urutan provinsi dengan Produk Domestik Bruto (PDB) tertinggi di Indonesia yang didominasi oleh provinsi di Pulau Jawa, berturut-turut adalah DKI Jakarta, Jawa Timur, Jawa Barat, dan Jawa Tengah (BPS 2023). Untuk mempercepat pemerataan pembangunan, pemerintah RI mengeluarkan Perpres No.63/2020 mengenai Penetapan Daerah Tertinggal tahun 2020–2024 (Perpres 2020). Pada Perpres di atas disebutkan sebanyak 62 kabupaten di Indonesia yang masuk ke dalam kategori daerah tertinggal. Kriteria penetapan daerah tertinggal berdasarkan Perpres mengacu pada perekonomian masyarakat, sumber daya manusia, sarana dan prasarana, kemampuan keuangan daerah, aksesibilitas, dan karakteristik daerah. Salah satu kabupaten yang disebutkan dalam Perpres di atas adalah Kabupaten Kepulauan Sula, Provinsi Maluku Utara.

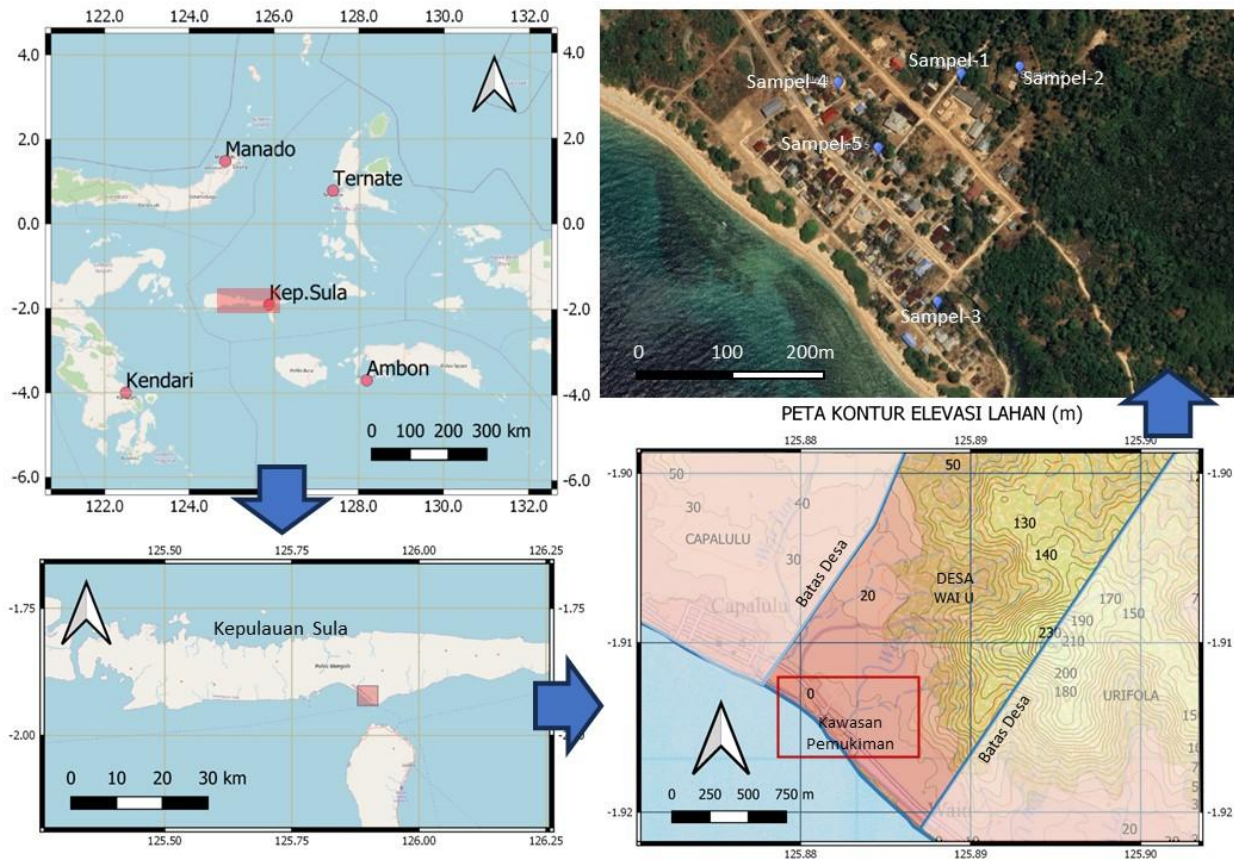
Salah satu kontribusi perguruan tinggi terhadap upaya pemerataan pembangunan dan implementasi teknologi di Indonesia, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Institut Teknologi Bandung (LPPM ITB) bekerja sama dengan Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal dan Transmigrasi (Kemendes PDTT) pada tahun 2023 menyelenggarakan program pengabdian masyarakat dan penerapan teknologi tepat guna di wilayah 3T (tertinggal, terdepan, dan terluar). Salah satu lokasi yang ditunjuk adalah Desa Wai U, Kecamatan Mangoli Tengah, Kabupaten Kepulauan Sula, Provinsi Maluku Utara (LPPM ITB 2023).

Desa Wai U merupakan satu dari beberapa desa di Kepulauan Sula yang berkembang di pesisir pantai, dimana sumber air utama bagi masyarakat berasal dari air tanah dangkal. Upaya untuk memenuhi target SDGs ke-6 yaitu air

bersih dan sanitasi perlu disinergikan dengan pembangunan langsung dari dana pemerintah pusat dan dari kontribusi masyarakat, seperti halnya melalui kegiatan pengabdian masyarakat. Kendala yang dihadapi oleh warga desa Wai U adalah kualitas air sumur dangkal yang bervariasi, namun umumnya memiliki kekeruhan yang cukup tinggi untuk dapat digunakan bagi kegiatan mandi, cuci, serta memasak. Kualitas air tanah relatif baik, namun sistem penyediaan air bersih desa yang sebelumnya dibangun melalui Program Pamsimas (Program Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat) pada tahun 2018 mengalami kendala teknis. Selain itu, kapasitas sistem penyediaan air eksisting belum dapat menjangkau rumah-rumah yang berada di sisi terluar desa.

Desa Wai U terletak di sebelah selatan Pulau Mangoli, dengan luas mencapai sekitar 13,16km², atau 3,95% dari total luas Kecamatan Mangoli Tengah, sebesar 615,79km² (BPS 2023). Adapun luas Desa Wai U mencapai 1323 ha. Lokasi Desa Wai U terletak pada koordinat geografis sekitar 1°54.8'S dan 125°52.0'T. Akses menuju lokasi yang umum digunakan warga untuk menuju Desa Wai U dari Ibukota Provinsi Maluku Utara (Ternate) dan Maluku (Ambon) adalah menggunakan kapal ferry. Waktu tempuh perjalanan kapal ferry dari Ternate menuju Ibukota Kecamatan Mangoli Tengah (Sanana) menempuh waktu sekitar 14 jam. Dari Sanana, perjalanan menuju Desa Wai U dilanjutkan menggunakan perahu bermotor dengan waktu tempuh sekitar satu jam. Penerbangan menuju Sanana dari Ambon atau Ternate relatif terbatas, hanya sekitar dua perjalanan per minggu. Lokasi Desa Wai U disajikan pada Gambar 1.

Pemukiman di Mangoli Tengah umumnya terletak di daerah pesisir. Bagian tengah Pulau Mangoli merupakan pebukitan dengan elevasi yang dapat mencapai sekitar +600m dari permukaan laut. Secara umum sungai di wilayah ini merupakan sungai ephemeral yang hanya memiliki air saat musim hujan. Kondisi topografi yang curam serta kondisi tanah yang umumnya berupa pasir menjadikan tingginya potensi banjir saat hujan ekstrem. Contoh kejadian banjir di Kepulauan Sula diantaranya terjadi pada tahun



Gambar 1 Lokasi Desa Wai U, Kecamatan Mangoli Tengah, Kabupaten Mangoli, Provinsi Maluku Utara.

2022. Pada kejadian tersebut, dampak banjir dirasakan di empat belas desa dengan kedalaman mencapai sekitar 0,7m (Umabaihi *et al.* 2022). Melihat risiko kejadian banjir yang cukup tinggi, upaya penanggulangan banjir secara terpadu lintas sektor dan instansi pemerintah di Kabupaten Kepulauan Sula masih perlu ditingkatkan lagi (Umabaihi *et al.* 2022). Selain banjir, kondisi topografis di bagian hulu yang relatif curam juga berpotensi mengakibatkan meningkatnya aliran permukaan serta menurunnya laju infiltrasi. Penurunan laju infiltrasi dalam jangka panjang berpotensi mengurangi potensi pemanfaatan air tanah. Untuk lokasi-lokasi dimana muka air tanah semakin sulit diperoleh, maka implementasi berbagai teknik konservasi air semakin diperlukan, seperti pembuatan terasering dan penanaman pohon yang memiliki nilai ekonomi tinggi (Naharuddin *et al.* 2023), pembuatan biopori, serta sumur resapan (Safitri *et al.* 2019)

Sektor pertanian merupakan sektor yang memiliki kontribusi paling besar di Kabupaten Kepulauan Sula, disusul oleh sektor perdagangan, hotel dan restoran dan sektor industri pengolahan (Umasugi, 2019). Meskipun sektor pertanian memiliki kontribusi yang besar, secara

umum tanah di wilayah Kabupaten Kepulauan Sula dapat dikategorikan sebagai tanah yang kurang subur dan pH tanah yang relatif masam (Aji *et al.* 2012). Dengan keterbatasan kondisi fisik, lingkungan, dan SDM, sebagian besar petani masih mengandalkan teknik tradisional dalam bertani (La Jauda *et al.* 2016).

Untuk kebutuhan sehari-hari, penduduk warga Desa Wai U menggunakan sumur, namun demikian, kualitas air di sumur tidak selalu dapat digunakan untuk mandi, minum, dan memasak. Di beberapa titik lokasi sampel sumur, didapati kekeruhan yang cukup tinggi. Untuk memenuhi kebutuhan air dengan kualitas yang lebih baik, Desa Wai U memiliki instalasi Pamsimas yang dibangun tahun 2018. Berdasarkan informasi dari Kepala Desa Wai U, instalasi Pamsimas yang dibangun tahun 2018 tersebut belum dapat menjangkau seluruh rumah warga, khususnya di sisi sebelah barat desa. Operasi pompa juga terbatas karena ketersediaan listrik. Hingga tahun 2023, listrik di Desa Wai U hanya dapat digunakan saat sore hari dari pukul 17.00 hingga pagi hari pukul 07.00 keesokan harinya. Hal ini terkait dengan keterbatasan suplai BBM ke wilayah Kepulauan Sula, dimana sebagian besar energi listrik di wilayah ini dipenuhi dari

pembangkit listrik berbasis BBM (Sugiyono 2012). Berdasarkan kondisi di atas, pengabdian masyarakat ini difokuskan pada peningkatan kapasitas sistem penyediaan air bersih di Desa Wai U. Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk memfungsikan kembali sistem penyediaan air bersih desa yang sebelumnya mengalami kendala teknis sekaligus meningkatkan kapasitas sistem penyediaan air eksisting desa. Mengingat sumber air permukaan di sungai relatif terbatas, dimana sungai tidak mengalir saat musim kemarau, maka digunakan air tanah sebagai sumber air utama bagi Pamsimas di Desa Wai U.

METODE PELAKSANAAN KEGIATAN

Lokasi dan partisipan kegiatan

Kegiatan ini dilaksanakan di Desa Wai U, khususnya di sebelah selatan desa yang merupakan kawasan pemukiman. Partisipan kegiatan pengabdian masyarakat ini terdiri dari dua pihak. Pihak pertama adalah dari pihak perguruan tinggi (ITB), sedangkan pihak kedua adalah warga Desa Wai U. Pada kegiatan kunjungan lapangan bulan Mei 2023, pihak perguruan tinggi memberangkatkan satu orang dosen, tiga orang mahasiswa program sarjana sebagai bagian dari Program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM), dan satu orang teknisi/operator peralatan survei. Pihak kedua yakni warga desa, berkontribusi dalam kegiatan survei lapangan baik sebagai responden wawancara, membatu kegiatan pengukuran dan pengambilan sampel, hingga berkontribusi dalam konstruksi infrastruktur penyediaan air bersih berupa sumur bor air tanah, menara air, serta pemasangan jaringan pipa distribusi air bersih.

Bahan dan alat

Peralatan yang digunakan dalam kegiatan pengabdian masyarakat ini meliputi peralatan dan bahan pada kegiatan survei geolistrik, sampel air, pengeboran air, dan saat kegiatan konstruksi. Peralatan dan bahan yang digunakan untuk masing-masing kegiatan disajikan pada Tabel 1.

Tahapan pelaksanaan kegiatan

Kegiatan pengabdian masyarakat di Desa Wai U ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu: 1) Wawancara pra-kunjungan lapangan; 2) Kunjungan lapangan; 3) Survei geolistrik untuk

memprediksi kedalaman lapisan air di bawah permukaan; 4) Pengambilan sampel kualitas air sumur warga; 5) Pengeboran air tanah; dan 6) Konstruksi menara air dan penyambungan pipa ke jaringan penyediaan air desa Wai U.

• Wawancara pra-kunjungan lapangan

Wawancara pra-kunjungan lapangan dilaksanakan untuk memastikan kegiatan pengabdian masyarakat dapat memenuhi sasaran sebagaimana rencana. Untuk mengakomodir wahana pertemuan antara pihak desa yang memiliki permasalahan di desanya dengan akademisi, ITB membuat aplikasi “desanesha” yang merupakan aplikasi berbasis android dan dapat dibuka di telepon genggam. Pada aplikasi tersebut, pihak desa dapat mengajukan permasalahan di desanya secara langsung. Pihak ITB, dalam hal ini dosen yang memiliki latar belakang yang relevan dapat berkomunikasi dan memberikan alternatif solusi dari permasalahan yang disampaikan pada forum tersebut untuk kemudian dicarikan pendanaan melalui kegiatan pengabdian masyarakat. Pihak Desa Wai U, dalam hal ini adalah Kepala Desa, mengisi permohonan pengajuan bantuan terhadap permasalahan desa melalui aplikasi Desanesha tertanggal 24 April 2023. Permohonan ini kemudian ditanggapi oleh pakar yang relevan dengan permasalahan yang diajukan oleh pihak desa. Komunikasi ini dilanjutkan dengan diskusi/wawancara yang lebih intensif antara Kepala Desa dan pakar, untuk kemudian diajukan pendanaan kegiatannya melalui program Pengabdian Masyarakat.

• Kunjungan lapangan

Kunjungan lapangan dilakukan setelah solusi permasalahan yang diajukan oleh pihak desa dapat teridentifikasi dengan baik pada tahap pra-kunjungan lapangan. Mengingat transportasi ke

Alat/bahan	Jumlah	Satuan
Peralatan survei geolistrik		
Elektroda	4	unit
Kabel	400	m
Pita ukur	100	m
Accu 12V	1	unit
GPS	1	unit
Peralatan pengeboran air		
Pompa air portable	1	unit
Selang fleksible 40m	1	unit
Peralatan pengambilan air		
Pompa tekan head >40m	2	unit
Tangki air kapasitas 5200 l	1	unit
Pipa PVC 3/4"	40	m
Menara air (tinggi 8 m)	1	unit

Desa Wai U memerlukan waktu dan biaya yang tidak kecil, maka kunjungan lapangan yang dilaksanakan pada tanggal 22–27 Juli 2023 ini langsung dilanjutkan dengan survei pengukuran lapangan.

- **Survei geolistrik**

Surev geolistrik dilaksanakan pada tanggal 24 Juli 2023. Lokasi survei dipilih dengan memperhatikan aspek geologi, topografi, dan kemudahan akses. Proses akuisisi data geolistrik menggunakan konfigurasi Schlumberger dengan dua buah elektroda AB sebagai pemancar arus listrik dan dua buah elektroda MN sebagai pemancar voltase listrik. Metode Schlumberger merupakan salah satu metode yang banyak diaplikasikan dalam survei geolistrik (Anna, dkk, 2019; Pohan, dkk. 2018; Windhari, dkk., 2018). Panjang lintasan adalah 200 meter dengan 100 meter pada tiap sisinya. Akuisisi data dilakukan pada dua lintasan, dan satu titik lokasi pengukuran. Mengacu pada Gambar 1 bagian kanan-atas, lintasan survei geolistrik membentang antara titik sampel 1 dan 4 ke arah tenggara, serta antara titik sample 1 dan 2 ke arah barat daya. Pengambilan sampel air dilakukan di lima titik yang tersebar di area cakupan survei geolistrik.

- **Pengambilan sampel kualitas air sumur**

Pengambilan sampel yang kemudian diuji di laboratorium dilakukan untuk mengecek kualitas air sumur dangkal terhadap standar baku mutu. Standar baku mutu yang digunakan sebagai pembanding adalah standar baku mutu kualitas air minum. Jika kualitas air yang ada masih dapat digunakan setelah melalui proses pengolahan sederhana (misalkan dimasak), maka air dari sumber tersebut direkomendasikan untuk digunakan bagi kebutuhan sehari-hari. Parameter kualitas yang menjadi prioritas adalah TSS, pH, konduktivitas listrik, kadar logam berat, serta kandungan Coli. TSS merepresentasikan perlu atau tidaknya dilakukan penjernihan air secara fisik, dimana penjernihan sederhana dapat dilakukan dengan proses filtrasi dan koagulasi (Bachtiar *et al.* 2024). Uji TSS dilakukan jika sampel air mengandung padatan yang banyak.

Penerapan filterisasi dapat juga dilakukan untuk mengurangi kekeruhan dan partikel tersuspensi dalam air (Latuconsina *et al.* 2022). Keasaman (pH) merepresentasikan asam-basa. Peningkatan pH dapat dilakukan misalkan dengan proses penambahan filtrasi material alami seperti karbon aktif (Kusniawati *et al.*

2023). Konduktivitas merepresentasikan potensi kontaminasi air laut di air tanah. Kadar logam berat merepresentasikan potensi pencemaran dari kegiatan industri atau kandungan mineral yang secara alami terdapat di lapisan tanah. Kandungan Coli merepresentasikan perlu atau tidaknya pengolahan air untuk menghilangkan bakteri. Dalam hal ini, memasak air sebelum diminum merupakan metode yang cukup efektif untuk mengurangi cemaran bakteri coli (Rosa *et al.* 2010; Imtiyaz *et al.* 2021). Pengambilan sampel yang dilakukan pada akhir bulan Juli dianggap merepresentasikan kondisi rata-rata musim hujan dan kemarau, dimana puncak musim hujan di Kepulauan Sula terjadi pada bulan Mei–Juni, sedangkan puncak musim kemarau terjadi padabulan September–Oktober. Pengambilan sampel secara khusus pada musim hujan dan kemarau tidak dimungkinkan mengingat keterbatasan waktu pelaksanaan kegiatan.

Pengambilan sampel kualitas air sumur warga dilakukan di lima titik seperti disajikan pada Gambar 1. Rincian lokasi pengambilan sampel adalah sbb: Titik sampel-1 merupakan sumur bor Pamsimas eksisting Desa Wai U, Titik sampel-2 merupakan sumur warga di sekitar rekomendasi lokasi sumur bor baru, Titik sampel-3 merupakan sumur warga di lokasi sebelah timur Desa Wai U yang belum terjangkau oleh Pamsimas eksisting, Titik sampel-4 merupakan sumur warga di lokasi sebelah barat Desa Wai U, sedangkan Titik sampel-5 merupakan sumur warga di bagian tengah Desa Wai U. Dari kelima titik sampel tersebut, sumur di titik-3 dan titik-4 tidak banyak digunakan untuk kegiatan sehari-hari karena mengandung cukup banyak endapan. Sampel kualitas air diuji di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB, dengan standar baku mutu mengikuti Peraturan Menteri Kesehatan (Permen 2023).

- **Pengeboran air tanah**

Metode pengeboran air tanah utamanya dipilih berdasarkan jenis tanah di lokasi kegiatan. Untuk tanah berupa lapisan lempung atau batuan, maka pengeboran perlu dilakukan menggunakan bor mesin. Adapun jika jenis tanah di lokasi kegiatan berupa pasir kasar, maka pengeboran dapat lebih efisien dilakukan dengan menginjeksikan air bertekanan tinggi ke dalam pipa, sehingga lapisan tanah dan pasir dapat keluar bersama air yang dipompakan ke dalam pipa tersebut. Berdasarkan wawancara pra-kunjungan lapangan dengan warga, yang dalam

hal ini diwakili oleh Kepala Desa Wai U, pengeboran di lokasi kegiatan tidak memerlukan bor mesin, dan cukup dilaksanakan menggunakan bantuan pompa air bertekanan tinggi. Lokasi pengeboran tepatnya terdapat pada koordinat $1^{\circ}54'46.3''S$, dan $125^{\circ}52'58.5''E$. Kedalaman pengeboran didasarkan pada hasil survei geolistrik, dimana akuifer potensial didapati pada kedalaman di bawah 30m. Dalam hal ini, pengeboran dicukupkan hingga kedalaman 32m dari permukaan tanah.

- **Konstruksi menara air dan penyambungan pipa ke jaringan air bersih desa**

Setelah pengeboran sumur air tanah selesai dilaksanakan, kegiatan dilanjutkan dengan konstruksi menara air serta penyambungan pipa ke jaringan air bersih desa. Desain konstruksi menara direncanakan berupa struktur beton dengan tinggi 8m, dengan beban mati berupa tampungan air berkapasitas 5200 l. Desain, pelaksanaan konstruksi, manajemen dan pelaksanaan pembangunan diserahkan kepada pihak desa sebagai bagian dari upaya meningkatkan rasa memiliki warga terhadap infrastruktur yang dibangun serta mengingatkan tidak dimungkinkannya pihak perguruan tinggi untuk hadir dan mengawasi secara langsung kegiatan konstruksi hingga selesai. Hal ini juga dipengaruhi oleh ketersediaan material dan tenaga kerja, yang tidak selalu kontinu dapat dipenuhi setiap hari. Kepala Desa melaporkan kemajuan kegiatan konstruksi secara berkala kepada pihak perguruan tinggi melalui forum diskusi daring.

Metode pengumpulan, pengolahan, dan analisis data

Sumber data pada kegiatan pengabdian masyarakat ini terbagi menjadi dua bagian, yakni data sekunder dan primer. Data sekunder berupa peta lokasi, kondisi fisik umum, kondisi iklim, dan kependudukan, didapatkan dari berbagai sumber yang dikumpulkan sebelum kunjungan lapangan. Data sekunder juga didapatkan dari wawancara dengan Kepala Desa Wai U pada saat pra-kunjungan lapangan. Data primer pada kegiatan ini meliputi data geolistrik dan kualitas air. Data geolistrik diolah secara langsung di lapangan menggunakan perangkat lunak komputer, sehingga hasilnya dapat diperoleh pada keesokan harinya. Dari hasil interpretasi data geolistrik ini, kedalaman pengeboran sumur dapat ditentukan

agar didapatkan hasil yang optimum. Data primer berikutnya adalah data kualitas air. Sampel kualitas air diuji di laboratorium kualitas air ITB, dengan lama analisis sekitar satu minggu. Sampel kualitas air ini kemudian dibandingkan dengan standar baku mutu air minum yang berlaku di Indonesia.

Analisis data non-teknis pada kegiatan pembangunan infrastruktur penyediaan air bersih berupa tingkat kepuasan masyarakat yang dilayani, perubahan sikap pengetahuan dan keterampilan, keberlanjutan program, terciptanya keberdayaan sumber belajar, teratasinya masalah sosial atau rekomendasi kebijakan yang dapat digunakan dilaksanakan melalui pengamatan langsung selama kunjungan lapangan dan melalui wawancara dengan Kepala Desa secara berkala mulai dari pra-kunjungan hingga selesainya kegiatan konstruksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil Mitra Desa Wai U

Pada akhir tahun 2023, jumlah penduduk Desa Wai U tercatat sebanyak 382 jiwa, terdiri dari 96 KK dengan jumlah rumah sebanyak 70 unit. Sekitar 60% warga bermata pencaharian sebagai petani atau pekebun. Motor penggerak partisipasi warga yang berperan besar adalah Kepala Desa Wai U. Kegiatan konstruksi berlangsung dari akhir bulan Juli hingga akhir bulan Oktober 2023 secara gotong royong, disesuaikan dengan kesediaan waktu warga. Dalam satu hari pelaksanaan kegiatan, terdapat sekitar 510 warga yang terlibat.

Kondisi Penyediaan Air Eksisting

Melalui komunikasi dengan Kepala Desa Wai U pada tahap pra-kunjungan lapangan, didapatkan informasi bahwa telah ada Pamsimas di Desa Wai U yang dibangun tahun 2018 namun mengalami kendala teknis pada sumber air dan pompa yang digunakan. Perbaikan pompa dan sumur Pamsimas eksisting ini dimasukkan ke dalam kegiatan Pengabdian Masyarakat ini. Sumur eksisting di titik Pamsimas lama adalah sumur dangkal biasa dengan kedalaman 10m, namun kualitas airnya dinilai kurang baik. Pada tahap selanjutnya, dilakukan pengeboran titik sumur baru untuk mendapatkan air dengan kualitas yang lebih baik serta penyesuaian ukuran pipa. Gambaran kondisi Pamsimas Desa Wai U yang dibangun tahun 2018 serta perbaikan

yang dilakukan melalui kegiatan Pengabdian Masyarakat tahun 2023 disajikan pada Gambar 2.

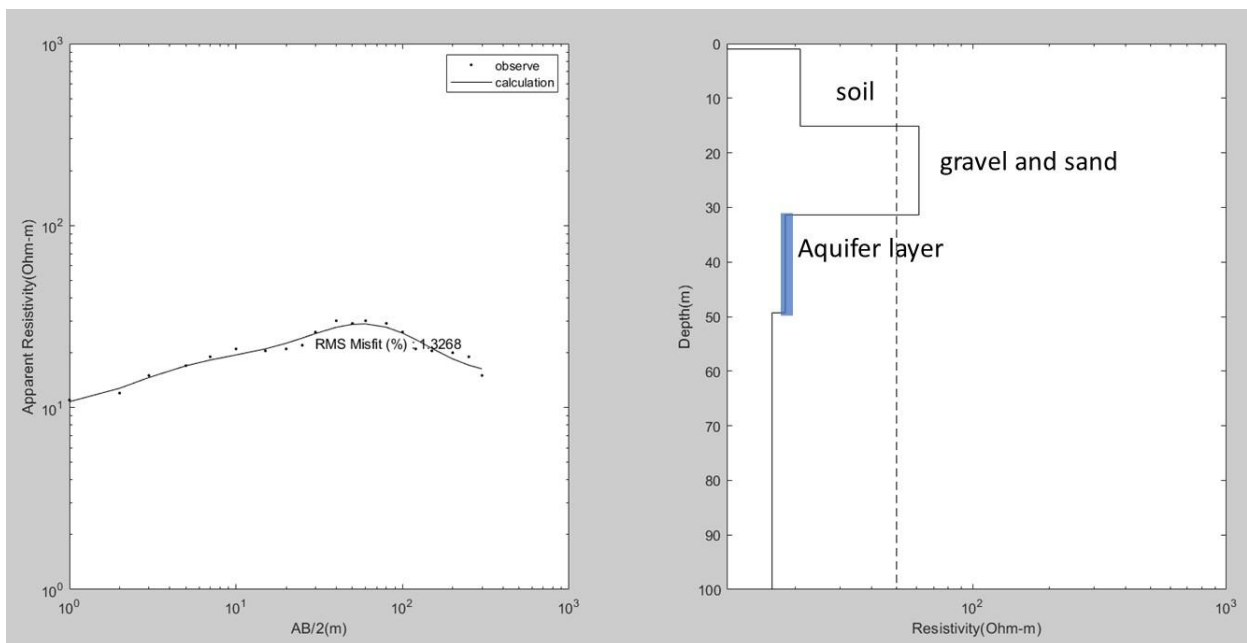
Pada saat kunjungan lapangan tim ITB pada bulai Juli 2023, Pamsimas lama telah diperbaiki dengan bantuan teknis dan pendanaan dari kegiatan pengabdian masyarakat ini, sehingga dapat beroperasi kembali. Namun demikian, Pamsimas lama ini belum dapat menjangkau seluruh permukiman warga. Untuk mengatasi hal tersebut, diputuskan untuk melanjutkan rencana pembangunan sumur bor yang lebih dalam di lokasi yang baru untuk mendapatkan air dengan kualitas yang lebih baik, beserta tampungan air yang baru untuk menambah kapasitas dan jangkauan sistem penyediaan air bersih di Desa Wai U.

Kedalaman Akuifer Berdasarkan Survei Geolistrik

Pengamatan langsung pada titik-titik dari hasil wawancara dengan warga desa digunakan sebagai pertimbangan penentuan titik survei geolistrik. Setelah itu dilakukan proses akuisisi data untuk mendapatkan data mentah lapisan bawah permukaan dengan Metode Schlumberger. Output hasil interpretasi data geolistrik disajikan pada Gambar 3. Gambar 3 kiri menunjukkan jarak titik pengukuran lapangan serta nilai resistivitas yang didapatkan, serta tren perubahan nilai resistivitas terhadap sampel data pengukuran. Adapun Gambar 3 kanan menunjukkan interpretasi data pengukuran terhadap rata-rata resistivitas tanah pada kedalaman yang



Gambar 2 Perbaikan Pamsimas Desa Wai U yang dibangun tahun 2018: a) Menara air Pamsimas 2018, b) Pembuatan sumur baru di lokasi Pamsimas 2018, dan c) Pemasangan pipa baru.



Gambar 3 Interpretasi hasil pengukuran geolistrik.

berbeda. Lapisan tanah bagian atas hingga kedalaman sekitar 15 m diinterpretasikan sebagai tanah permukaan. Lapisan tanah antara 15m hingga 30m, diinterpretasikan sebagai lapisan tanah pasir yang mengandung batuan gravel. Adapun lapisan tanah di bawah 30m, diinterpretasikan sebagai lapisan akuifer potensial, dengan nilai resistivitas antara 5–10 Ω m. Berdasarkan interpretasi data pengukuran geolistrik, kedalaman akuifer diperkirakan cukup potensial hingga kedalaman 30-50m dari permukaan tanah. Dalam hal ini, pengeboran dicukupkan hingga kedalaman 32m, dari permukaan tanah. Hasil uji sampel kualitas air di laboratorium menunjukkan bahwa secara umum parameter TDS dan kekeruhan air di lokasi sumber air Pamsimas Desa Wai U (Sampel-1 dan Sampel-2) memenuhi baku mutu dibandingkan dengan air sumur dangkal warga (Sampel-3, 4, dan 5). Resume hasil sampel kualitas air sumur di Desa Wai U disajikan pada Tabel 2.

Parameter logam berat, Nitrat, dan Nitrit di lokasi sumber air Pamsimas Desa Wai U secara umum masih berada di bawah baku mutu, kecuali di beberapa sumur warga yang didapati sedikit melewati baku mutu. Secara umum pH di titik sumber air Pamsimas sedikit berada di bawah baku mutu karena terkait dengan kondisi lampiran tanah di kawasan yang cenderung bersifat asam (Aji *et al.* 2019). Parameter *total coliform* di semua titik sampel melewati baku mutu, namun parameter *E Coli* di semua titik sampel berada di bawah baku mutu. Namun demikian mengingat hasil uji lab yang menunjukkan tingkat kekeruhan air di sekitar

titik pengeboran air yang sudah baik, maka pada kegiatan ini tidak dilakukan upaya filterisasi.

Pengeboran Air Tanah

Titik lokasi pengeboran air tanah ditentukan berdasarkan tinjauan aspek teknis serta aspek sosial hasil diskusi dengan kepala desa dan warga, terkait kepemilikan lahan, kedekatan dengan jalur pipa eksisting, serta lokasi prioritas warga yang belum terjangkau oleh jaringan air bersih desa. Pengeboran dilaksanakan di sekitar titik-2 pada Gambar 1. Dokumentasi kegiatan pengeboran disajikan pada Gambar 4.

Konstruksi Menara Air dan Penyambungan Pipa ke Jaringan Penyediaan Air Desa Wai U

Setelah pengeboran sumur air tanah selesai dilaksanakan, kegiatan dilanjutkan dengan konstruksi menara air serta penyambungan pipa ke jaringan penyediaan air Desa Wai U. Dari seluruh proses yang ada, kegiatan ini merupakan kegiatan yang memerlukan waktu terlama. Namun demikian, konstruksi ini dapat diwujudkan dengan baik secara bertahap. Dokumentasi kegiatan konstruksi disajikan pada Gambar 5.

Analisis capaian akhir kegiatan

• Tingkat kepuasan terhadap ketersediaan air

Luaran akhir kegiatan pengabdian masyarakat di Desa Wai U ini adalah tersedianya infrastruktur suplai air bersih berupa sumur bor air tanah, pompa, serta tampungan air. Infrastruktur yang dibangun pada kegiatan ini

Tabel 2 Hasil uji sampel kualitas air Desa Wai U

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Lokasi sampel				
			1	2	3	4	5
TDS	mg/L	≤ 300	85	75	997	103	125
Kekeruhan	NTU	≤ 3	0,77	0,25	4,38	18,8	9,06
Suhu	$^{\circ}\text{C}$	Suhu Udara ± 3	25,9	26,0	26,1	25,8	25,7
Warna	Pt.Co	≤ 10	5	5	7	5	7
Daya Hantar Listrik	mS/cm	-	142	124	1661	171	205
Arsen (Ar)	-	0,01	<0,0001	<0,0001	0,0009	0,0007	0,0004
Besi (Fe)	mg/L	$\leq 0,2$	0,022	0,046	<0,01	0,269	0,231
Fluorida	mg/L	$\leq 1,5$	0,283	<0,1	0,518	0,420	<0,1
Kadmium (Cd)	-	0,003	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Krom Heksavalen (Cr ⁺⁶)	-	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	0,014	<0,005
Mangan	mg/L	$\leq 0,1$	0,101	0,062	0,109	0,144	0,106
Nitrat (sebagai NO ₃)	mg/L	≤ 20	3,93	0,085	0,368	0,994	<0,05
Nitrit (sebagai NO ₂)	mg/L	≤ 3	0,002	< 0,002	0,003	0,018	0,010
pH	-	6,5-8,5	6,22	6,25	7,41	6,85	6,75
Timbal (Pb)	-	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Aluminium (Al)	-	0,2	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Sisa Chlor	-	0,2-0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
Total Coliform	MPN/100	0	>23	>23	5,1	1,1	16
E Coli	MPN/100	0	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1



Gambar 4 a,b, dan c) Dokumentasi pengeboran air tanah di lokasi baru.



Gambar 5 Konstruksi menara air dan penyambungan pipa ke jaringan penyediaan air Desa Wai U, a) Konstruksi pondasi, balok, dan kolom, b) Konstruksi hingga lantai-2, dan c) penempatan toren di atas menara.

ditujukan untuk meningkatkan kapasitas layanan dari Pamsimas yang telah dibangun pada tahun 2018, namun mengalami kendala teknis dan keterbatasan kapasitas layanan. Di akhir kegiatan pengabdian masyarakat ini telah berhasil dilaksanakan pengembangan infrastruktur guna meningkatkan kapasitas dan jangkauan sistem penyediaan air bersih sehingga dapat menjangkau pemukiman warga yang sebelumnya tidak terakses oleh sistem distribusi air bersih perpipaan Desa Wai U.

Target akhir dari kegiatan ini adalah meningkatkan kapasitas layanan suplai air bersih Desa Wai U, sehingga dapat menjangkau rumah-rumah yang sebelumnya bergantung pada sumber air dari sumur gali. Terdapat 69 rumah di Desa Wai U. Sebelum mengalami kendala teknis, Pamsimas eksisting Desa Wai U dapat menjangkau 38 rumah (55%). Adapun pembangunan

infrastruktur penyediaan air yang baru dapat menjangkau 31 rumah sisanya (45%) sehingga dilihat dari koneksi jaringan kegiatan ini berhasil meningkatkan sambungan jaringan air bersih hingga mendekati 100%, meskipun terdapat beberapa sambungan rumah yang memerlukan rehabilitasi pipa. Adanya kebutuhan rehabilitasi pipa di beberapa rumah terkonfirmasi dari wawancara dengan Kepala Desa serta kuesioner terhadap sampel warga desa yang menyatakan adanya kendala di jaringan pipa menuju beberapa rumah.

• Penggunaan air

Luaran akhir kegiatan pengabdian masyarakat di Desa Wai U ini adalah tersedianya infrastruktur. Analisis terhadap tingkat kepuasan warga didasarkan pada hasil wawancara dengan Kepala Desa Wai U baik saat kunjungan lapangan,

selama konstruksi, dan setelah konstruksi infrastruktur penyediaan air bersih selesai dan dapat beroperasi. Sebelum dilakukan kunjungan lapangan, melalui kontribusi kegiatan pengabdian masyarakat ini, warga telah berhasil melaksanakan perbaikan teknis sistem penyediaan air lama, sehingga dapat beroperasi kembali. Pada saat tim pengabdian masyarakat melaksanakan kunjungan ke salah satu rumah warga yang memiliki akses terhadap sistem penyediaan air lama, suplai air dari tampungan desa ke rumah warga dilaksanakan pada pagi hari hingga sekitar pukul 7.00 waktu setempat. Pada periode tersebut, warga menampung air pada tampungan di rumah masing-masing. Hasil kuesioner yang diisi oleh 22 responden menunjukkan bahwa pemanfaatan air terbesar adalah untuk bagi kegiatan rumah tangga lain (86,4% responden menjawab ya), disusul oleh mandi dan memasak (masing-masing 36,4% responden menjawab ya), dan mencuci serta bercocok tanah (masing-masing 31,8% responden menjawab ya). Hasil kuesioner tersebut menunjukkan kesesuaian peruntukan dimana sebagian besar air digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari rumah tangga.

Keberlanjutan Program

Secara umum warga tidak memiliki kemampuan keuangan yang cukup untuk mendanai pekerjaan pembangunan infrastruktur penyediaan air secara swadaya. Namun demikian, warga menyadari bahwa operasional sistem penyediaan air pun memerlukan biaya rutin yang meliputi biaya listrik pompa dan pemeliharaan pompa/pipa. Dalam hal ini, dapat diinterpretasikan bahwa terdapat perubahan pandangan warga terhadap pengembangan infrastruktur: 1) Pembangunan infrastruktur dasar tidak selalu harus menunggu uluran langsung pemerintah (misalkan melalui dana desa); 2) Operasional infrastruktur adakalanya memerlukan pembiayaan secara swadaya. Pada butir pertama, warga mendapatkan perubahan pandangan bahwa pihak ketiga (seperti perguruan tinggi melalui kegiatan pengabdian masyarakat, atau pihak swasta melalui program "*Corporate Social Responsibility*") dapat juga diminta untuk berkontribusi terhadap pembangunan desa, sehingga mendorong warga lebih bersifat proaktif untuk mencari solusi terhadap permasalahan yang ada. Berdasarkan wawancara dengan Kepala Desa Wai U, warga dikenakan iuran rutin penggunaan listrik bagi operasional penyediaan air. Hal ini diinterpretasikan sebagai

bagian dari perubahan sikap pada butir kedua yang mana kontribusi swadaya diperlukan agar infrastruktur yang dibangun dapat tetap dioperasikan dengan baik.

Hasil kuesioner yang diisi oleh 22 responden menunjukkan bahwa 77% responden warga mengharapkan air dapat diperoleh secara cuma-cuma tanpa perlu membayar iuran. Hal ini juga selaras dengan kuesioner mengenai harapan dan masukan terhadap tidak lanjut kegiatan pengabdian masyarakat, dimana 31% warga mengharapkan bantuan infrastruktur lanjutan, diantaranya pompa air bertenaga surya untuk mengurangi beban iuran operasional air bersih bagi warga. Meskipun sebagian besar warga menginginkan air bersih secara cuma-cuma, warga tetap membayar iuran listrik bagi operasional pompa pada sistem penyediaan air bersih desa. Hal ini menunjukkan bahwa warga telah memiliki kesadaran untuk berkontribusi (termasuk melalui iuran) terhadap operasional infrastruktur, meskipun tetap mengharapkan keringanan pembiayaan.

Kendala yang Dihadapi

Salah satu kendala yang dihadapi pada kegiatan ini adalah kendala saat konstruksi. Selain karena konstruksi menara setinggi 8m yang memerlukan struktur yang kokoh, terdapat pula beberapa kendala yang dihadapi dalam proses konstruksi, antara lain 1) Material bahan bangunan (semen, besi, pipa) yang sebagiannya harus didatangkan dari luar pulau; 2) tangki/toren dengan kapasitas 5200L dipesan dari Ibukota Kabupaten yang juga berbeda pulau dengan lokasi Desa Wai U; dan 3) Transportasi material dan bahan bangunan dilakukan menggunakan perahu bermotor yang sangat tergantung pada cuaca.

Terdapat periode di mana transportasi barang antar pulau tidak dapat dilakukan karena tibanya periode gelombang tinggi. Periode gelombang tinggi di perairan Kepulauan Sula umumnya terjadi pada bulan Juli-Agustus, yakni saat musim timuran di mana angin bertiup dari arah tenggara dan selatan (Istiyono *et al.* 2017). Meskipun terdapat kendala-kendala seperti di atas, kegiatan konstruksi tetap dapat dilaksanakan secara bertahap hingga akhirnya selesai pada akhir bulan Oktober 2023.

Permasalahan yang juga umum ditemui di wilayah 3T adalah ketersediaan air dan energi dalam hal ini, pengadaan sumber energi terbarukan yang menunjang peningkatan kemampuan ekonomi masyarakat diharapkan

dapat berkontribusi terhadap laju peningkatan kesejahteraan di wilayah 3T. Salah satu potensi energi terbarukan yang potensial adalah tenaga surya, yang dimana salah satu penerapannya digunakan sebagai energi bagi pompa air tanah (Riyanto *et al.* 2021). Mengingat infrastruktur air bersih dan energi merupakan infrastruktur dasar yang umumnya memerlukan pendanaan dari pemerintah, maka kebijakan yang mendukung pencapaian ketahanan air, pangan, dan energi di pulau-pulau berukuran kecil dan menengah, termasuk di wilayah 3T lainnya perlu terus dilaksanakan secara berkelanjutan.

SIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat di Desa Wai U melibatkan dua kegiatan utama, yaitu perbaikan Pamsimas lama dan pembangunan infrastruktur penyediaan air bersih baru. Kegiatan dimulai dengan survei geolistrik dan pengambilan sampel air untuk mengevaluasi kualitas dan potensi sumber air. Hasil survei menunjukkan adanya potensi akuifer yang cukup baik untuk dikembangkan. Perbaikan dilakukan pada Pamsimas yang dibangun tahun 2018, dengan pengeboran ulang untuk mendapatkan sumber air yang lebih baik dan perbaikan peralatan yang rusak. Setelah perbaikan, Pamsimas lama kembali berfungsi dan mengalirkan air bersih ke 38 rumah warga, sementara pembangunan infrastruktur baru berhasil menambah kapasitas sistem penyediaan air dan menjangkau 31 rumah warga yang sebelumnya tidak terakses.

Kegiatan ini tidak hanya meningkatkan akses air bersih, tetapi juga melibatkan partisipasi aktif warga dalam setiap tahap pelaksanaan, dari survei hingga konstruksi. Meskipun saat ini biaya operasional masih dibiayai melalui iuran warga, mereka berharap dapat mengakses air bersih tanpa biaya atau dengan biaya yang lebih rendah, bahkan mengusulkan penggunaan pompa tenaga surya untuk mengurangi beban operasional. Kegiatan pengabdian masyarakat ini juga berkontribusi pada pencapaian tujuan SDGs di bidang air bersih dan sanitasi, dan memberikan contoh bagi wilayah lain, terutama di daerah 3T, untuk mengembangkan infrastruktur yang dikelola secara swadaya oleh masyarakat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada LPPM ITB atas pendanaan kegiatan “Eksplorasi Sumber Air

Baku bagi Masyarakat di Desa Wai U”, melalui Program Pengabdian Masyarakat (PPM) Institut Teknologi Bandung (ITB) Top Down 2023 daerah 3T Wilayah Indonesia Timur, kerjasama dengan Kementerian Desa Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji HB, Teapon A. 2019. Pengaruh Batuan Induk Dan Kimia Tanahterhadap Potensi Kesuburan Tanah Di Kabupaten Kepulauan Sula, Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. 22(3): 343-353.
<https://doi.org/10.21082/jpptp.v22n3.2019.p342-352>
- Anna AN, Cholil M, Rudiyanto, Ireka R. 2019. Pendugaan Potensi Air Tanah Menggunakan Geolistrik Di Dusun Baksari Rt 32 Rw 05, Desa Mliwis, Cepogo, Boyolali. In: *The 10th University Research Colloquium*. Gombong: Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Muhammadiyah.
- Bachtiar FE, Mirwan MA. 2024. Efektifitas Pengolahan Kombinasi Elektrokoagulasi-Filtrasi Dalam Menyisihkan TSS dan COD pada Air Limbah Kawasan Industri. *Jurnal Serambi Engineering*. IX (2): 9121-9131
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2023. Kecamatan Mangoli Tengah dalam Angka, Katalog BPS: 1102001.8203031.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2023. Produk domestik regional bruto provinsi provinsi di Indonesia-menurut lapangan usaha, 2018-2022, Katalog BPS: 9302001.
- Intiyaz I, Putri GL, Hartono DM, Zulkarnain F, Priadi CR. 2021. Effect of boiling and water storage practices on E. coli contamination of drinking water in the city of Bekasi (case study: Jatiluhur, Sumur Batu, and Jatirangga Villages). In: 3rd International Conference On Green Energy And Environment Engineering, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 633: 012016.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/633/1/012016>
- Istiyono A, Muliddin, Iskandar A. 2017. Analisis Tinggi Gelombang Laut Di Perairan Sulawesi Tenggara Dan Laut Banda Ditinjau Dari

- Perspektif Dinamika Meteorologi. *Jurnal Geografi Aplikasi Dan Teknologi*. 1(2): 59-68.
- Kusniawati E, Sari DK, Putri MK. Pemanfaatan Sekam Padi sebagai Karbon Aktif untuk Menurunkan Kadar pH, Turbidity, TSS., dan TDS. *Journal of Innovation Research and Knowledge*. 2 (10): 4183-4198. <https://doi.org/10.53625/jirk.v2i10.5405>
- La Jauda, Rosneni, Laoh OEH, Baroleh J, Timban JFJ. 2016. Analisis Pendapatan Usahatani Kakao Di Desa Tikong, Kecamatan Taliabu Utara, Kabupaten Kepulauan Sula. *Agrososioekonomi*. 12: 33-40. <https://doi.org/10.35791/agrsosek.12.2.2016.12071>
- Latuconsina H, Gadi ES, Isomudin A, Berlian HL, Ubaidillah Z, Azizah PN, Yaqin A, Yuwasahin F, Putra, TAH, Fitirani VA, Infant MA. 2022. Filterisasi Air Bersih dan Penyelamatan Sumber Mata Air di Desa Mulyoasri, Kecamatan Ampelgading, Kabupaten Malang. *Agrokreatif Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*. 8 (1): 120-128. <https://doi.org/10.29244/agrokreatif.8.1.120-1128>
- LPPM ITB. 2023. Pengabdian Masyarakat ITB & Kemendesa PDTT (Daerah 3T Wilayah Indonesia Timur). [internet]. [diakses 2024 Feb 24]. Tersedia pada: <https://pengabdian.lppm.itb.ac.id/pm-itb-kemendesa-3t/>
- Naharuddin N, Rahmawati R, Ariyanti A, Erinawati E, Muthmainah M. 2023. Pemberdayaan Masyarakat melalui Teknik Konservasi Tanah dan Air dalam Upaya Mitigasi Dampak Perubahan Iklim. *Agrokreatif Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*. 9(1): 26-32. <https://doi.org/10.29244/agrokreatif.9.1.26-32>
- [Perpres] Peraturan Presiden RI 2020. Perpres No.63/2020 mengenai Penetapan Daerah Tertinggal tahun 2020-2024.
- [Permen] Peraturan Menteri Kesehatan, 2023. Permenkes RI No.2/2023 mengenai Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan
- Pohan AF, Rusnoviandi. 2018. Studi Penyelidikan Air Tanah Di Kota Terpadu Mandiri, Pesisir Selatan Dengan Metode Geolistrik. *Jurnal Iptek Terapan, Research of Applied Science and Education*. 12(i2): 139-149. <https://doi.org/10.22216/jit.2018.v12i2.2588>
- Riyanto D, Winardi Y, Muhsin M. 2021. Pengembangan Pompa Irigasi Pertanian Menggunakan Energi Listrik Tenaga Surya di Desa Duri, Slahung, Ponorogo. *Agrokreatif Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*. 7(2): 162-167. <https://doi.org/10.29244/agrokreatif.7.2.162-167>
- Rosa G, Miller L, Clasen T. 2010. Microbiological Effectiveness of Disinfecting Water by Boiling in Rural Guatemala. *The American Journal of Tropical Medicine Hygiene*. 82(3): 473-477. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2010.09-0320>
- Safitri R, Purisari R, Mashudi M. 2019. Pembuatan Biopori dan Sumur Resapan untuk Mengatasi Kekurangan Air Tanah di Perumahan Villa Mutiara, Tangerang Selatan. *Agrokreatif Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*. 5(1): 39-47. <https://doi.org/10.29244/agrokreatif.5.1.39-47>
- Sugiyono A. 2012. Perencanaan Energi Daerah Provinsi Maluku Utara. *JEPS*. 4(2): 261-272.
- Umabaihi HI, Nurdin N, Arsyad R. 2022. Collaborative Governance dalam Penanggulangan Bencana Banjir di Kabupaten Kepulauan Sula. *Jurnal Pendidikan dan Konseling*. 4(6): 10286-10300.
- Umasugi L. 2019. Peranan Sektor Pertanian terhadap Perekonomian di Kabupaten Kepulauan Sula Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Biosaintek*. 1(1): 10-15. <https://doi.org/10.52046/biosainstek.v1i101.207>
- Windhari GAE, Atmajaya GD. 2018. Analisis Keberadaan Air Tanah Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Daerah Lombok Tengah. *Empiricism Journal*. 3(1): 89-99. <https://doi.org/10.36312/ej.v3i1.896>