



## PEMETAAN PARTISIPATIF INFRASTRUKTUR AIR BERSIH BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PENGUATAN TATA KELOLA AIR BERSIH DI NEGERI MAMALA KABUPATEN MALUKU TENGAH

Wa Ode Sitti Jurianti Aswad<sup>1</sup>, Hertine Megiestri Kesaulya<sup>2</sup>, Resky Prafitri<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena, Poka, Ambon, Maluku, 97233, Indonesia

Email: [sittijurianti@gmail.com](mailto:sittijurianti@gmail.com)

### Article History

Received: 28-04-2025

Revision: 20-05-2025

Accepted: 26-05-2025

Published: 31-05-2026

**Abstract.** The availability of spatial data on clean water infrastructure that is not yet integrated in the Negeri Mamala makes it difficult for the state government to monitor networks, determine repair priorities, and plan the development of clean water services. This community service activity aims to produce a Geographic Information System (GIS)-based map of clean water infrastructure, identify the existing conditions of the infrastructure, and enhance the capacity of state officials in utilizing spatial data. The activity involves Negeri Mamala and local communities as participants in the mapping and data validation process. The implementation methods include initial coordination, field surveys, GPS mapping, technical observations, participatory interviews, data processing using ArcGIS 10.8, joint validation with partners, and guidance on map utilization. Data analysis was conducted in a descriptive-spatial manner to identify infrastructure conditions, location distribution, and connectivity of the clean water network. The results of the activities showed that 13 infrastructure points were successfully mapped, including water sources, storage tanks, drilled wells, dug wells, service points, and distribution pipe networks. The outputs of the activities include digital maps, printed maps, and technical infrastructure notes. This GIS-based participatory mapping can support planning, network evaluation, and the strengthening of clean water governance in Negeri Mamala. This activity is still limited to mapping the existing conditions of clean water infrastructure. Therefore, further data development and analysis are needed to support more sustainable service planning.

**Keywords:** Clean Water, Village Infrastructure, Participatory Mapping, GIS

**Abstrak.** Ketersediaan data spasial infrastruktur air bersih yang belum terintegrasi di Negeri Mamala menyulitkan pemerintah negeri dalam pemantauan jaringan, penentuan prioritas perbaikan, dan perencanaan pengembangan layanan air bersih. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan menghasilkan peta infrastruktur air bersih berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG), mengidentifikasi kondisi eksisting infrastruktur, serta meningkatkan kapasitas aparatur negeri dalam pemanfaatan data spasial. Kegiatan melibatkan aparatur Pemerintah Negeri Mamala dan masyarakat setempat sebagai partisipan dalam proses pemetaan dan validasi data. Metode pelaksanaan meliputi koordinasi awal, survei lapangan, pemetaan GPS, observasi teknis, wawancara partisipatif, pengolahan data menggunakan ArcGIS 10.8, validasi bersama mitra, dan pendampingan pemanfaatan peta. Analisis data dilakukan secara deskriptif-spasial untuk mengidentifikasi kondisi infrastruktur, sebaran lokasi, dan keterhubungan jaringan air bersih. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa 13 titik infrastruktur berhasil dipetakan, meliputi sumber air, bak penampung, sumur bor, sumur galian, titik layanan, serta jaringan pipa distribusi. Luaran kegiatan berupa peta digital, peta cetak, dan catatan teknis infrastruktur. Pemetaan partisipatif berbasis SIG ini dapat mendukung perencanaan, evaluasi jaringan, dan penguatan tata kelola air bersih di Negeri Mamala. Kegiatan ini masih terbatas pada pemetaan kondisi eksisting infrastruktur air bersih. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan data dan analisis lanjutan untuk mendukung perencanaan layanan yang lebih berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Air Bersih, Infrastruktur Desa, Pemetaan Partisipatif, SIG

**How to Cite:** Aswad, W. O. S. J., Kesaulya, H. M., & Prafitri, R. (2026). Pemetaan Partisipatif Infrastruktur Air Bersih Berbasis Sistem Informasi Geografis untuk Penguatan Tata Kelola Air Bersih di Negeri Mamala Kabupaten Maluku Tengah. *EMPOWERMENT: Journal of Community Practice*, 3 (1), 23-37. <http://doi.org/10.54373/empow.v3i1.194>

## **PENDAHULUAN**

Penyediaan air bersih di wilayah pedesaan dan kawasan pesisir masih menghadapi persoalan teknis, sosial, kelembagaan, dan lingkungan. Data dan laporan sektor WASH menunjukkan bahwa Indonesia telah mengalami kemajuan dalam perluasan akses air dan sanitasi, namun akses terhadap layanan air minum dan sanitasi yang dikelola secara aman masih relatif rendah. UNICEF Indonesia mencatat bahwa akses terhadap air minum yang dikelola secara aman masih menjadi tantangan, terutama ketika dikaitkan dengan aspek keberlanjutan layanan, ketahanan iklim, dan pemerataan akses antarwilayah (UNICEF Indonesia, 2024). Di sisi lain, statistik air bersih Indonesia menunjukkan pentingnya ketersediaan data penyediaan air sebagai dasar evaluasi pelayanan dan perencanaan pembangunan sektor air bersih (BPS, 2025).

Wilayah pesisir dan kepulauan memiliki kompleksitas yang lebih tinggi dalam penyediaan air bersih. Kondisi topografi, keterbatasan sumber air tawar, perubahan musim, intrusi air laut, kerentanan terhadap kekeringan, serta keterbatasan infrastruktur distribusi dapat memengaruhi kontinuitas pelayanan air. Laporan *Community-based Rural Water Supply: Indonesia Country Risk Profile* menjelaskan bahwa sistem penyediaan air berbasis masyarakat di Indonesia rentan terhadap risiko perubahan iklim, termasuk kekeringan, kenaikan muka air laut, gangguan kualitas air, dan kerusakan infrastruktur, terutama apabila sistem tersebut dikelola dengan keterbatasan anggaran dan kapasitas teknis (Daniel et al., 2023). Oleh karena itu, penyediaan air bersih di wilayah pesisir tidak hanya membutuhkan pembangunan fisik, tetapi juga sistem informasi, kapasitas kelembagaan, dan mekanisme pemantauan yang memadai.

Negeri Mamala, Kecamatan Leihitu, Kabupaten Maluku Tengah, merupakan salah satu negeri adat yang berkembang sebagai kawasan permukiman pesisir dan memiliki ketergantungan tinggi terhadap sumber air pegunungan. Berdasarkan laporan kegiatan PkM, masyarakat Mamala selama ini memanfaatkan mata air sebagai sumber utama pemenuhan kebutuhan domestik. Sistem pelayanan air bersih masyarakat sebagian besar bergantung pada jaringan distribusi sederhana yang menghubungkan sumber air, bak penampung, jaringan pipa, sumur, dan permukiman. Namun, perkembangan permukiman dan peningkatan kebutuhan masyarakat menuntut adanya informasi teknis yang lebih akurat agar pemerintah negeri mampu merencanakan peningkatan kapasitas pelayanan secara tepat sasaran.

Permasalahan utama yang dihadapi mitra adalah belum tersedianya peta infrastruktur air bersih yang lengkap, terstandar, dan mudah diperbarui. Informasi mengenai titik sumber air, jalur pipa, bak penampung, sumur, dan wilayah layanan belum terdokumentasi dalam sistem basis data spasial. Akibatnya, pemantauan kondisi jaringan dan perencanaan pengembangan

sistem air bersih masih banyak bergantung pada ingatan aparatur, informasi lisan masyarakat, dan pencatatan manual yang belum konsisten. Kondisi ini menunjukkan pentingnya penguatan sistem informasi lokal dalam pengelolaan air bersih. Studi Daniel et al., (2023) mengenai keberfungsian program PAMSIMAS di Indonesia juga menekankan bahwa perbaikan pengumpulan data sangat diperlukan untuk memantau kondisi sistem air bersih berbasis masyarakat, karena keberlanjutan layanan sangat dipengaruhi oleh aspek pengelolaan, pembiayaan, partisipasi, dan kondisi teknis sistem.

Ketiadaan peta infrastruktur berdampak langsung pada sulitnya pemerintah negeri menentukan prioritas perbaikan dan pengembangan jaringan. Beberapa bagian jaringan berpotensi mengalami kebocoran, perubahan jalur, penurunan kualitas material, serta keterbatasan kapasitas penampungan. Tanpa dokumentasi spasial yang jelas, lokasi kerusakan, cakupan layanan, dan hubungan antar komponen infrastruktur sulit dianalisis secara sistematis. Padahal, sistem distribusi air bersih memerlukan pemahaman mengenai hubungan antara sumber air, reservoir, jaringan pipa, titik layanan, dan wilayah permukiman. Dongare et al. (2024) menunjukkan bahwa integrasi Sistem Informasi Geografis, penginderaan jauh, dan pemodelan jaringan distribusi dapat membantu analisis sistem air bersih secara lebih efisien karena mampu menghubungkan aspek lokasi, kebutuhan layanan, dan desain jaringan.

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan pendekatan yang relevan untuk menjawab kebutuhan tersebut. SIG memungkinkan data infrastruktur disajikan dalam bentuk spasial sehingga lokasi, keterhubungan jaringan, kondisi eksisting, dan cakupan pelayanan dapat dianalisis secara lebih sistematis. Dalam konteks layanan air, SIG berperan penting dalam proses pemetaan, pemantauan, analisis fasilitas WASH, dan pengambilan keputusan berbasis bukti. Pradhan et al., (2025) menegaskan bahwa GIS memiliki peran strategis dalam riset dan praktik WASH karena mampu mendukung pemetaan, monitoring, serta analisis fasilitas air, sanitasi, dan higiene, khususnya di wilayah yang memiliki keterbatasan akses layanan.

Pemanfaatan SIG dalam pengelolaan air bersih juga dapat memperkuat proses perencanaan pembangunan desa/negeri. Data spasial dapat digunakan untuk mengidentifikasi lokasi infrastruktur, memetakan wilayah belum terlayani, menentukan titik prioritas rehabilitasi, serta menyusun dokumen pendukung untuk pengajuan program pembangunan. Penelitian terkait pemetaan kualitas air bersih menggunakan SIG menunjukkan bahwa pendekatan spasial dapat membantu pemantauan parameter layanan air dan memperjelas sebaran kondisi pelayanan pada suatu sistem penyediaan air minum (Luthfi et al., 2025). Demikian pula, pengembangan SIG untuk pemetaan jaringan distribusi air memungkinkan informasi jaringan, lokasi pelanggan, dan potensi kerusakan ditampilkan secara lebih interaktif

sehingga dapat mendukung pelaporan dan pemeliharaan sistem (Sari & Putra, 2024). Selain aspek teknis, pendekatan pemetaan partisipatif menjadi penting karena masyarakat dan aparaturnegeri memiliki pengetahuan lokal mengenai riwayat pembangunan jaringan, perubahan jalur pipa, titik rawan kerusakan, wilayah yang mengalami gangguan layanan, serta pola pemanfaatan air sehari-hari. Pemetaan partisipatif memungkinkan proses pengumpulan data tidak hanya bergantung pada pengukuran teknis, tetapi juga mengintegrasikan pengalaman dan pengetahuan lokal masyarakat. Studi mengenai pemetaan infrastruktur permukiman berbasis partisipasi masyarakat dan GIS menunjukkan bahwa pelibatan warga dalam pengumpulan serta validasi data dapat meningkatkan akurasi informasi spasial dan memperkuat pemanfaatan peta sebagai media perencanaan layanan dasar (Lumintang et al., 2025).

Partisipasi masyarakat juga merupakan faktor penting dalam keberlanjutan sistem air bersih berbasis komunitas. Evaluasi program PAMSIMAS menunjukkan bahwa keberlanjutan layanan air bersih pedesaan tidak hanya ditentukan oleh pembangunan infrastruktur, tetapi juga oleh kapasitas pengelolaan, dukungan kelembagaan, pembiayaan, dan keterlibatan masyarakat (DFAT, 2022). Dalam konteks hukum dan kebijakan, kajian REAL-Water (2024) juga menegaskan bahwa layanan air pedesaan di Indonesia memerlukan penguatan kerangka kelembagaan, kejelasan peran, dan strategi keberlanjutan agar layanan dapat menjangkau masyarakat secara lebih adil dan berkelanjutan.

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan untuk menghasilkan peta infrastruktur air bersih berbasis SIG di Negeri Mamala. Secara khusus, kegiatan ini bertujuan: (1) mengidentifikasi dan memetakan infrastruktur air bersih eksisting; (2) menyusun basis data spasial yang dapat digunakan pemerintah negeri; (3) meningkatkan pemahaman aparaturnegeri dalam membaca dan memanfaatkan peta; serta (4) mendukung perencanaan pengembangan pelayanan air bersih berbasis data. Kontribusi utama artikel ini terletak pada penerapan SIG dalam kegiatan pengabdian masyarakat berbasis kebutuhan lokal di wilayah pesisir. Artikel ini menekankan bahwa produk pengabdian tidak hanya berupa peta, tetapi juga peningkatan kapasitas mitra, penguatan literasi spasial aparaturnegeri, dan penyediaan media perencanaan yang dapat digunakan dalam penyusunan RKP Negeri, proposal bantuan, evaluasi jaringan distribusi, serta pengembangan sistem air bersih. Dengan demikian, kegiatan ini diharapkan dapat menjadi contoh penerapan teknologi spasial sederhana, partisipatif, dan aplikatif untuk memperkuat tata kelola pelayanan dasar di tingkat negeri.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Kegiatan ini tidak menggunakan bahan kimia atau bahan laboratorium karena penelitian/pengabdian berfokus pada pemetaan infrastruktur air bersih berbasis data spasial. Bahan utama yang digunakan dalam kegiatan ini berupa data primer dan data sekunder yang mendukung proses identifikasi, pemetaan, dan analisis infrastruktur air bersih di Negeri Mamala. Bahan utama yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Bahan Utama yang Digunakan dalam Kegiatan Pemetaan**

No	Bahan/Data	Sumber	Keterangan
1	Data koordinat infrastruktur air bersih	Survei lapangan menggunakan GPS	Meliputi titik sumber air, bak penampung, sumur bor, sumur galian, dan titik layanan
2	Data jalur jaringan pipa	Survei lapangan dan informasi aparat negeri	Digunakan untuk menyusun layer jaringan distribusi air bersih
3	Citra dasar/satellite imagery	Basemap pada perangkat lunak SIG	Digunakan sebagai dasar visualisasi lokasi dan jaringan
4	Data hasil observasi teknis	Pengamatan langsung di lapangan	Berisi kondisi fisik infrastruktur, potensi kerusakan, dan fungsi fasilitas
5	Data wawancara partisipatif	Aparatur Negeri Mamala dan masyarakat	Berisi informasi riwayat jaringan, pola distribusi, dan permasalahan layanan air
6	Dokumentasi foto lapangan	Survei lapangan	Digunakan sebagai bukti visual kondisi eksisting infrastruktur

### Peralatan

Peralatan yang digunakan merupakan peralatan utama yang mendukung proses pengumpulan data, pengolahan data spasial, dan penyajian hasil pemetaan. Peralatan penunjang seperti alat tulis, papan jalan, dan perangkat dokumentasi pendukung tidak dicantumkan secara rinci karena bukan merupakan alat utama analisis.

**Tabel 2. Peralatan utama yang digunakan**

No	Peralatan	Merek/Spesifikasi	Fungsi
1	Perangkat GPS handheld/smartphone GPS	GPS dengan akurasi 3–5 meter	Merekam koordinat titik infrastruktur air bersih
2	Laptop/komputer pengolah data	Minimal RAM 8 GB	Mengolah data spasial dan menyusun layout peta
3	Perangkat lunak ArcGIS 10.8	ESRI ArcGIS 10.8	Input data koordinat, digitasi, pembuatan layer, dan layout peta
4	Kamera/smartphone	Kamera digital/smartphone	Mendokumentasikan kondisi lapangan
5	Printer/plotter peta	Plotter ukuran besar	Mencetak peta infrastruktur air bersih ukuran besar

## Lokasi dan Waktu Kegiatan

Kegiatan pemetaan infrastruktur air bersih dilaksanakan di Negeri Mamala, Kecamatan Leihitu, Kabupaten Maluku Tengah. Lokasi ini dipilih karena Negeri Mamala merupakan kawasan permukiman pesisir yang memiliki ketergantungan tinggi terhadap sumber air pegunungan sebagai sumber utama pemenuhan kebutuhan air bersih masyarakat. Kegiatan dilaksanakan pada Tahun 2025 melalui beberapa tahapan, mulai dari koordinasi awal, survei lapangan, pengolahan data spasial, validasi hasil, hingga penyerahan luaran.

## Metode Pelaksanaan

Metode yang digunakan dalam kegiatan ini adalah pemetaan partisipatif berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Pendekatan ini menggabungkan pengukuran teknis di lapangan dengan informasi lokal dari aparaturnegeri dan masyarakat. Tahapan pelaksanaan meliputi koordinasi awal, survei lapangan, pengolahan data spasial, analisis, validasi, serta penyusunan dan penyerahan luaran.

- Koordinasi awal dan identifikasi permasalahan; koordinasi dilakukan dengan Pemerintah Negeri Mamala untuk memperoleh informasi awal mengenai kondisi pelayanan air bersih, lokasi sumber air, jaringan pipa, bak penampung, sumur, dan wilayah yang mengalami kendala distribusi. Hasil koordinasi digunakan untuk menyusun instrumen survei, menentukan jalur observasi, dan menetapkan objek pemetaan.
- Survei lapangan dan pengumpulan data primer; survei lapangan dilakukan melalui pengukuran koordinat menggunakan GPS dengan akurasi 3–5 meter, observasi visual, dokumentasi foto, dan wawancara partisipatif. Setiap objek infrastruktur dicatat berdasarkan koordinat, jenis, fungsi, dan kondisi fisiknya. Wawancara dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai riwayat jaringan, perubahan jalur pipa, serta kendala distribusi air.



**Gambar 1.** Kegiatan survei lapangan & pengumpulan data primer

### **Pengolahan Data Spasial dan Analisis Data**

Data hasil survei diolah menggunakan ArcGIS 10.8 melalui input koordinat, pengecekan posisi titik, pembuatan layer infrastruktur, digitasi jaringan pipa, penyusunan atribut, dan pembuatan layout peta. Layer yang disusun meliputi sumber air, bak penampung, sumur, jaringan pipa, titik layanan, dan batas kawasan. Analisis data dilakukan secara deskriptif-spasial. Analisis deskriptif digunakan untuk menjelaskan jenis, jumlah, fungsi, dan kondisi infrastruktur, sedangkan analisis spasial digunakan untuk melihat sebaran infrastruktur, konektivitas jaringan, kondisi eksisting, cakupan layanan, serta kebutuhan pengembangan sistem air bersih.

### **Validasi Data, Peta, dan Luaran**

Validasi dilakukan bersama aparaturnya Pemerintah Negeri Mamala untuk memastikan kesesuaian lokasi sumber air, jalur pipa, bak penampung, sumur, dan wilayah layanan. Informasi dari aparaturnya dan masyarakat digunakan untuk memperbaiki data lokasi, melengkapi atribut, dan menyesuaikan peta dengan kondisi lapangan. Peta final disusun dalam format digital dan cetak. Format digital terdiri atas file shapefile dan PDF resolusi tinggi, sedangkan format cetak dibuat dalam ukuran besar untuk kebutuhan musyawarah negeri, rapat perencanaan, dan sosialisasi. Luaran kegiatan meliputi peta infrastruktur air bersih eksisting, peta rencana pengembangan, data spasial, dokumentasi foto, dan catatan teknis kondisi infrastruktur.

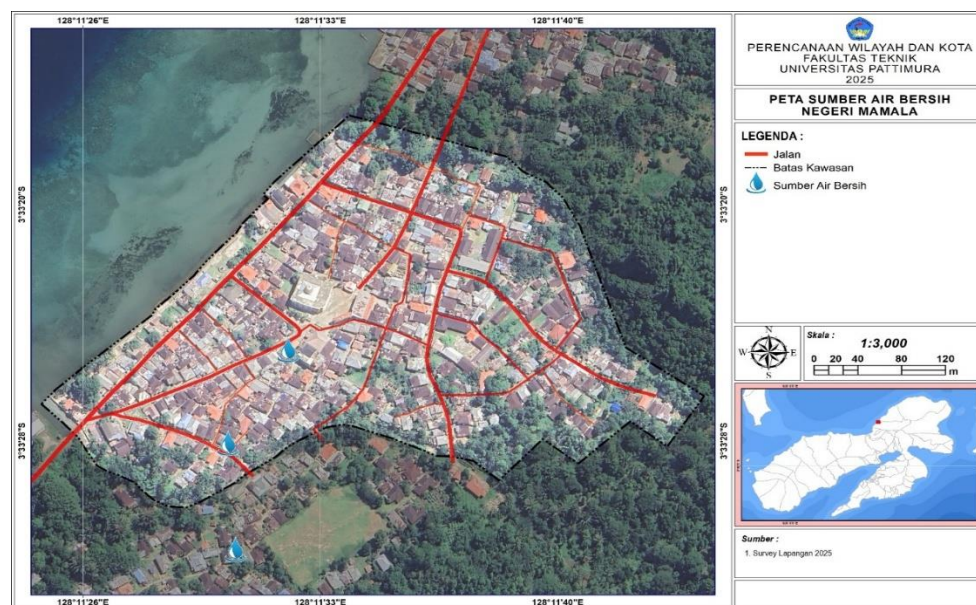
**Tabel 3.** Variabel Pengamatan dalam Pemetaan Infrastruktur Air Bersih

<b>No</b>	<b>Variabel</b>	<b>Indikator</b>	<b>Metode Pengumpulan Data</b>	<b>Output</b>
1	Lokasi sumber air	Koordinat dan kondisi sumber air	GPS, observasi, wawancara	Layer sumber air
2	Bak penampung	Lokasi, kondisi fisik, fungsi	GPS dan observasi	Layer bak penampung
3	Jaringan pipa	Jalur, arah distribusi, potensi kerusakan	GPS, observasi, wawancara	Layer jaringan pipa
4	Sumur bor	Lokasi dan fungsi layanan	GPS dan observasi	Layer sumur bor
5	Sumur galian	Lokasi dan pemanfaatan	GPS dan observasi	Layer sumur galian
6	Titik layanan	Lokasi wilayah terlayani	GPS dan wawancara	Layer titik layanan
7	Permasalahan jaringan	Kebocoran, gangguan layanan, keterbatasan distribusi	Observasi dan wawancara	Rekomendasi teknis

## HASIL

### Hasil Pemetaan Infrastruktur Air Bersih

Hasil kegiatan pengabdian menunjukkan bahwa infrastruktur air bersih yang berhasil dipetakan di Negeri Mamala terdiri atas 3 titik sumber air bersih dan jaringan perpipaan yang menghubungkan sumber air dengan kawasan permukiman. Temuan ini diperoleh melalui survei lapangan, pencatatan koordinat menggunakan GPS, observasi visual, wawancara dengan aparaturnegeri dan masyarakat, serta pengolahan data menggunakan ArcGIS 10.8. Peta hasil pengolahan menunjukkan bahwa ketiga titik sumber air tersebar pada bagian selatan dan tengah kawasan permukiman, sedangkan jaringan perpipaan membentuk pola distribusi yang mengikuti struktur jalan dan sebaran rumah penduduk.



**Gambar 1.** Peta sumber air bersih di Negeri Mamala, Kecamatan Leihitu



**Gambar 2.** Peta jaringan air bersih di Negeri Mamala, Kecamatan Leihitu



**Gambar 3.** Sumber air bersih & jaringan perpipaan di Negeri Mamala

Secara ilmiah, temuan ini menunjukkan bahwa sistem pelayanan air bersih di Negeri Mamala memiliki struktur sistem terpusat sederhana, yaitu pelayanan air bertumpu pada sejumlah kecil sumber air yang selanjutnya didistribusikan melalui jaringan perpipaan ke wilayah permukiman. Pola seperti ini umum dijumpai pada wilayah pesisir dan perdesaan yang memanfaatkan sumber air lokal secara langsung tanpa sistem pengolahan dan distribusi yang kompleks. Ketergantungan pada tiga titik sumber air menunjukkan bahwa keberlanjutan layanan air bersih di Negeri Mamala sangat dipengaruhi oleh keberadaan, kapasitas, dan kontinuitas debit dari sumber-sumber tersebut.

**Tabel 4.** Hasil utama pemetaan infrastruktur air bersih Negeri Mamala

No	Komponen yang Dipetakan	Hasil Pemetaan	Keterangan
1	Sumber air bersih	3 titik	Menjadi sumber utama pelayanan air bersih masyarakat
2	Jaringan perpipaan	Terpetakan	Menghubungkan sumber air dengan kawasan permukiman
3	Sebaran layanan	Mengikuti jaringan pipa	Menunjukkan area pelayanan air bersih dalam permukiman

### Temuan Ilmiah Utama

Temuan ilmiah utama dari kegiatan ini adalah bahwa sistem air bersih Negeri Mamala bergantung pada jumlah sumber air yang terbatas, yaitu hanya 3 titik, dengan distribusi layanan yang sangat ditentukan oleh keberadaan jaringan perpipaan. Temuan ini penting karena menunjukkan bahwa permasalahan utama pengelolaan air bersih di wilayah ini tidak hanya terletak pada ketersediaan air, tetapi juga pada aspek spasial jaringan distribusinya. Secara geografis, Negeri Mamala merupakan kawasan pesisir yang berkembang di antara permukiman padat dan daerah yang lebih tinggi atau berbukit. Pada kondisi seperti ini, masyarakat

cenderung memanfaatkan mata air atau sumber air lokal yang tersedia dan mengalirkannya melalui jaringan perpipaan sederhana menuju area permukiman. Karena tidak semua wilayah memiliki akses langsung terhadap sumber air, maka jaringan perpipaan berfungsi sebagai elemen kunci yang menghubungkan sumber air dengan pengguna akhir. Dengan kata lain, keberadaan sumber air saja belum cukup; efektivitas pelayanan ditentukan oleh bagaimana jaringan perpipaan mampu menjangkau kawasan permukiman.

Temuan ini sejalan dengan kajian Dongare et al. (2024) yang menyatakan bahwa dalam sistem distribusi air, konektivitas jaringan menjadi faktor penting yang menentukan efisiensi layanan. Sistem distribusi yang bertumpu pada sedikit sumber air cenderung memiliki kerentanan lebih tinggi apabila salah satu sumber terganggu atau apabila terdapat kerusakan pada jalur distribusi utama. Hal ini juga diperkuat oleh Daniel et al. (2023) yang menegaskan bahwa keberfungsian sistem air bersih berbasis masyarakat sangat dipengaruhi oleh kombinasi antara kondisi teknis infrastruktur dan kapasitas pengelolaannya.

### **Analisis Sebaran Tiga Titik Sumber Air Bersih**

Hasil peta menunjukkan bahwa tiga titik sumber air bersih tidak tersebar secara merata di seluruh wilayah, melainkan cenderung terkonsentrasi pada bagian tertentu dari kawasan. Pola ini menunjukkan bahwa sumber air bersih yang tersedia di Negeri Mamala merupakan sumber lokal yang terbentuk secara alami dan dimanfaatkan berdasarkan kondisi fisik wilayah. Secara saintifik, keterbatasan jumlah titik sumber air merupakan hal yang lazim pada wilayah pesisir karena faktor geologi, topografi, dan ketersediaan air tawar sering kali tidak merata.

Kondisi ini memiliki implikasi penting terhadap sistem layanan. Semakin sedikit jumlah titik sumber air, maka semakin tinggi tingkat ketergantungan masyarakat terhadap titik-titik tersebut. Apabila satu titik mengalami penurunan debit, pencemaran, atau gangguan akses, maka sistem pelayanan secara keseluruhan dapat terganggu. Oleh karena itu, hasil pemetaan ini menunjukkan bahwa kerentanan sistem air bersih Negeri Mamala relatif tinggi, terutama karena sistem hanya bergantung pada tiga titik sumber utama.

**Tabel 5.** Interpretasi Ilmiah Hasil Pemetaan Sumber Air Bersih

<b>Temuan</b>	<b>Penjelasan Ilmiah</b>	<b>Implikasi</b>
Hanya terpetakan 3 titik sumber air	3 Sumber air bersih lokal terbatas dan dipengaruhi kondisi fisik wilayah	Tingkat ketergantungan terhadap sumber tertentu menjadi tinggi
Titik sumber air tidak merata	Sebaran sumber air mengikuti kondisi topografi dan hidrogeologi	Tidak semua wilayah memiliki akses langsung ke sumber
Sumber air terhubung ke jaringan pipa	Distribusi air membutuhkan jaringan untuk menjangkau permukiman	Kerusakan pada jaringan akan memengaruhi cakupan layanan

### **Analisis Jaringan Perpipaan**

Selain tiga titik sumber air, hasil pemetaan juga menunjukkan keberadaan jaringan perpipaan yang menjadi elemen utama dalam sistem distribusi air bersih di Negeri Mamala. Jaringan perpipaan terlihat mengikuti pola jalan dan blok permukiman. Hal ini menunjukkan bahwa pembangunan jaringan dilakukan secara adaptif terhadap struktur ruang permukiman yang telah ada. Secara ilmiah, pola tersebut menunjukkan karakter jaringan distribusi yang berkembang secara organik, bukan dirancang melalui sistem rekayasa formal yang sepenuhnya terencana sejak awal. Dalam banyak sistem air bersih skala lokal, jalur pipa biasanya diletakkan mengikuti akses yang paling mudah dijangkau, yaitu sepanjang jalan atau koridor permukiman. Pola ini memudahkan pemasangan, pemeliharaan, dan akses saat terjadi kerusakan. Namun demikian, pola jaringan seperti ini juga dapat menyebabkan ketimpangan distribusi apabila terdapat wilayah yang tidak terhubung langsung ke jalur utama.

Secara saintifik, jaringan perpipaan yang terpetakan menunjukkan bahwa pemerataan pelayanan air bersih sangat dipengaruhi oleh konfigurasi jaringan. Wilayah yang berada lebih dekat atau terhubung langsung ke jalur utama cenderung memiliki peluang akses yang lebih baik dibandingkan wilayah yang berada di ujung jaringan atau jauh dari jalur distribusi. Fenomena ini konsisten dengan prinsip dasar distribusi air, yaitu bahwa kontinuitas aliran dan jangkauan layanan dipengaruhi oleh struktur jaringan, jarak distribusi, dan posisi relatif terhadap sumber air.

### **Makna Peta sebagai Temuan Ilmiah**

Temuan ilmiah dari kegiatan ini bukan sekadar bahwa terdapat tiga titik sumber air dan jaringan perpipaan, tetapi bahwa pemetaan spasial mampu mengungkap struktur sistem pelayanan air bersih yang sebelumnya tidak terdokumentasi secara jelas. Sebelum pemetaan dilakukan, informasi tentang sumber air dan jaringan pipa lebih banyak bersifat lisan dan berbasis ingatan masyarakat atau aparatur negeri. Setelah dipetakan, hubungan antara lokasi sumber air dan jaringan perpipaan menjadi lebih mudah dipahami secara visual dan analitis. Artinya, pemetaan berbasis SIG dalam kegiatan ini berfungsi sebagai alat transformasi pengetahuan, dari informasi lokal yang tersebar menjadi basis data spasial yang terstruktur. Dalam konteks ilmiah, hal ini membuktikan bahwa SIG tidak hanya berguna sebagai alat kartografi, tetapi juga sebagai instrumen analisis sistem infrastruktur. Temuan ini sejalan dengan Pradhan et al. (2025) yang menyebutkan bahwa GIS berperan penting dalam bidang WASH karena mampu memperjelas distribusi fasilitas, hubungan spasial antar komponen, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti.

### **Perbandingan dengan Kajian Lain**

Hasil kegiatan ini memiliki kesesuaian dengan berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa sistem air bersih pedesaan umumnya bertumpu pada sumber air terbatas dan jaringan distribusi lokal. Daniel et al. (2021) dalam kajiannya tentang PAMSIMAS menyatakan bahwa sistem air minum pedesaan berbasis masyarakat di Indonesia sangat bergantung pada keberfungsian infrastruktur lokal dan tata kelola komunitas. Sementara itu, Dongare et al. (2024) menjelaskan bahwa pemetaan jaringan air dengan GIS penting untuk memahami hubungan antara sumber air, jalur distribusi, dan wilayah layanan. Perbedaan kegiatan ini dengan penelitian lain terletak pada konteks dan skala analisisnya. Pada kegiatan di Negeri Mamala, fokus utamanya bukan pada pemodelan hidraulik atau pengukuran debit, melainkan pada penyusunan basis data spasial awal yang dapat digunakan pemerintah negeri untuk perencanaan. Dengan demikian, kontribusi utamanya terletak pada penyediaan informasi dasar yang sebelumnya belum tersedia secara terstruktur.

### **DISKUSI**

Hasil pemetaan menunjukkan bahwa infrastruktur air bersih di Negeri Mamala terdiri atas 3 titik sumber air bersih dan jaringan perpipaan yang menghubungkan sumber air dengan kawasan permukiman. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem pelayanan air bersih di Negeri Mamala memiliki karakter distribusi sederhana berbasis sumber air lokal, yaitu bertumpu pada beberapa sumber utama yang dialirkan melalui jaringan pipa menuju masyarakat. Keberadaan hanya 3 titik sumber air menunjukkan bahwa sistem layanan memiliki tingkat ketergantungan yang cukup tinggi terhadap sumber air yang terbatas. Apabila salah satu sumber mengalami penurunan debit, gangguan kualitas, atau kerusakan akses, maka pelayanan air bersih dapat terganggu. Dengan demikian, keberlanjutan layanan tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan sumber air, tetapi juga oleh kondisi dan konektivitas jaringan perpipaan.

Jaringan perpipaan yang terpetakan cenderung mengikuti pola jalan dan sebaran permukiman. Pola ini memudahkan pemasangan dan pemeliharaan jaringan, tetapi juga berpotensi menimbulkan ketimpangan layanan pada wilayah yang jauh dari jalur utama atau berada di ujung jaringan. Oleh karena itu, posisi sumber air, jalur pipa, dan kawasan permukiman perlu dipahami sebagai satu kesatuan sistem distribusi. Pemetaan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) memberikan manfaat penting karena mampu mengubah informasi yang sebelumnya bersifat lisan menjadi data spasial yang lebih terstruktur. Peta yang dihasilkan tidak hanya menunjukkan lokasi sumber air dan jaringan perpipaan, tetapi juga

memperlihatkan hubungan spasial antara komponen infrastruktur dan wilayah layanan. Informasi ini dapat digunakan sebagai dasar evaluasi jaringan, penentuan prioritas pemeliharaan, serta perencanaan pengembangan layanan air bersih.

Hasil ini sejalan dengan Daniel et al. (2021) yang menyatakan bahwa keberlanjutan sistem air minum pedesaan berbasis masyarakat dipengaruhi oleh kondisi teknis infrastruktur dan kapasitas pengelolaan lokal. Temuan ini juga mendukung Dongare et al. (2024) bahwa pemanfaatan GIS dalam sistem distribusi air dapat membantu memahami hubungan antara sumber air, jaringan, dan wilayah layanan. Pendekatan partisipatif turut memperkuat hasil pemetaan karena informasi dari aparatur negeri dan masyarakat membantu mengonfirmasi lokasi sumber air serta jalur jaringan yang tidak selalu terlihat secara langsung. Dengan demikian, peta yang dihasilkan tidak hanya akurat secara teknis, tetapi juga sesuai dengan pengetahuan lokal masyarakat. Meskipun demikian, kegiatan ini masih memiliki keterbatasan karena belum mencakup pengukuran debit, tekanan air, kualitas air, kapasitas pipa, dan jumlah rumah tangga terlayani secara rinci. Oleh sebab itu, hasil pemetaan ini dapat dipandang sebagai basis data awal yang perlu dikembangkan melalui analisis teknis lanjutan.

### **Implikasi Hasil bagi Pengelolaan Air Bersih**

Hasil pemetaan memiliki implikasi praktis bagi pemerintah Negeri Mamala. Pertama, peta yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengetahui secara pasti lokasi tiga titik sumber air bersih yang menjadi tulang punggung sistem pelayanan. Kedua, jaringan perpipaan yang telah dipetakan dapat menjadi dasar untuk mengidentifikasi segmen layanan, wilayah yang telah terlayani, serta jalur yang perlu dipelihara atau dikembangkan. Ketiga, peta ini dapat dimanfaatkan sebagai lampiran teknis dalam penyusunan RKP Negeri, proposal bantuan, dan dokumen perencanaan pembangunan lainnya. Secara lebih luas, hasil ini menunjukkan bahwa pada wilayah dengan sumber air yang terbatas, penguatan tata kelola tidak bisa hanya berfokus pada pembangunan fisik, tetapi juga harus mencakup dokumentasi spasial, pemeliharaan jaringan, dan pemanfaatan data dalam pengambilan keputusan. Dalam konteks ini, pemetaan SIG menjadi langkah awal yang strategis untuk membangun sistem pengelolaan air bersih yang lebih terukur dan berkelanjutan.

### **KESIMPULAN**

Kegiatan pemetaan partisipatif berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) berhasil menjawab tujuan kegiatan, yaitu menyediakan basis data spasial infrastruktur air bersih di Negeri Mamala. Temuan utama menunjukkan bahwa sistem pelayanan air bersih masyarakat

bertumpu pada 3 titik sumber air bersih dan jaringan perpipaan sebagai komponen utama distribusi menuju kawasan permukiman. Temuan ilmiah dari kegiatan ini menunjukkan bahwa keberlanjutan layanan air bersih di Negeri Mamala tidak hanya ditentukan oleh keberadaan sumber air, tetapi juga oleh konektivitas jaringan perpipaan yang menghubungkan sumber air dengan wilayah layanan. Keterbatasan jumlah sumber air menyebabkan sistem memiliki ketergantungan tinggi terhadap titik sumber tertentu, sehingga pemeliharaan jaringan dan perlindungan sumber air menjadi aspek penting dalam pengelolaan air bersih.

Penerapan SIG terbukti mampu mengubah informasi lokal yang sebelumnya bersifat lisan menjadi data spasial yang lebih terstruktur, mudah dibaca, dan dapat digunakan sebagai dasar perencanaan. Dengan demikian, hipotesis kerja bahwa pemetaan partisipatif berbasis SIG dapat memperkuat basis data dan mendukung perencanaan air bersih di tingkat negeri dapat diterima. Hasil pemetaan ini perlu dikembangkan melalui pengukuran debit, kualitas air, tekanan jaringan, kapasitas pipa, serta cakupan rumah tangga terlayani agar perencanaan pengembangan sistem air bersih di Negeri Mamala dapat dilakukan secara lebih komprehensif dan berkelanjutan.

Kegiatan ini masih memiliki keterbatasan karena fokus pada pemetaan spasial infrastruktur air bersih dan belum mencakup analisis teknis yang lebih mendalam, seperti pengukuran debit sumber air, kualitas air, tekanan jaringan, kapasitas pipa, serta cakupan rumah tangga yang terlayani. Selain itu, hasil pemetaan masih terbatas pada kondisi eksisting saat kegiatan berlangsung sehingga memerlukan pembaruan data secara berkala. Oleh karena itu, direkomendasikan agar pemerintah Negeri Mamala melakukan pemutakhiran basis data spasial secara rutin serta mengembangkan kajian lanjutan yang mencakup aspek hidrologi, kualitas layanan, dan kebutuhan pengembangan jaringan untuk mendukung perencanaan serta pengelolaan air bersih yang lebih berkelanjutan.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Negeri Mamala atas dukungan dan fasilitasi selama pelaksanaan kegiatan pengabdian. Terima kasih juga disampaikan kepada masyarakat Negeri Mamala yang telah berpartisipasi dalam proses survei, wawancara, dan validasi data lapangan. Apresiasi diberikan kepada tim PkM yang terdiri atas dosen dan mahasiswa Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, serta LPPM Universitas Pattimura atas dukungan dalam pelaksanaan kegiatan ini.

## REFERENSI

- Badan Pusat Statistik. (2025). *Statistik Air Bersih 2020–2024*. BPS-Statistics Indonesia.
- Daniel, D., Al Djono, T. P., & Iswarani, W. P. (2023). Factors related to the functionality of community-based rural water supply and sanitation program in Indonesia. *Geography and Sustainability*, 4(1), 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2022.12.002>
- Daniel, D., Prawira, J., Al Djono, T. P., Subandriyo, S., Rezagama, A., & Purwanto, A. A. (2021). A system dynamics model of the community-based rural drinking water supply program (PAMSIMAS) in Indonesia. *Water*, 13(4), 507. <https://doi.org/10.3390/w13040507>
- Daniel, D., Wulaningtyas, A. H., Satriani, S., Devi, E. F., Kumar, A., & Willetts, J. (2023). *Community-based rural water supply: Indonesia country risk profile*. University of Technology Sydney, Institute for Sustainable Futures.
- DFAT. (2022). *Independent Evaluation of the Community-Based Rural Water Supply and Sanitation (PAMSIMAS) Program*. Australian Government Department of Foreign Affairs and Trade.
- Dongare, P., Sharma, K. V., Kumar, V., & Mathew, A. (2024). Water distribution system modelling of GIS–remote sensing and EPANET for the integrated efficient design. *Journal of Hydroinformatics*, 26(3), 567–586. <https://doi.org/10.2166/hydro.2023.281>
- Lumintang, et al. (2025). PKM pemetaan infrastruktur permukiman untuk meningkatkan aksesibilitas layanan dasar berbasis partisipasi masyarakat dan teknologi Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Abdimas*.
- Luthfi, et al. (2025). Pemetaan spasial kualitas air bersih menggunakan Sistem Informasi Geografis pada Sistem Penyediaan Air Minum. *Jurnal Elemen*.
- Pal, S. C., Chakraborty, R., Malik, S., & Das, B. (2024). Applications of GIS in water resource management. In *Geospatial Technology for Water Resource Applications* (pp. 511–533). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-62376-9\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-031-62376-9_24)
- Pradhan, S., Pradhan, B., & Joshi, A. (2025). Leveraging geographic information systems (GIS) in water, sanitation, and hygiene (WASH) research: A systematic review of applications and challenges. *Spatial Information Research*, 33(2).
- REAL-Water. (2024). *Rural water legal and policy review: A legal and policy review of rural water services in Indonesia*. USAID Rural Evidence and Learning for Water Project.
- Sari, N., & Putra, A. (2024). Pengembangan Sistem Informasi Geografis untuk pemetaan jaringan distribusi air berbasis web. *Jurnal Teknologi Informasi dan Sistem Geografis*.
- UNICEF Indonesia. (2024). *WASH Acts: 2024 Edition*. UNICEF Indonesia.
- United Nations. (2024). *The Sustainable Development Goals Report 2024: Goal 6 Clean Water and Sanitation*. United Nations Statistics Division.
- WHO & UNICEF. (2023). *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2022: Special focus on gender*. World Health Organization and United Nations Children’s Fund.