



**Beujroh :**

Jurnal Pemberdayaan dan Pengabdian pada Masyarakat  
Volume 4, Nomor 2, Agustus 2026 pp. 316-337  
DOI <https://doi.org/10.61579/beujroh.v4i2.877>

e-ISSN 3025-9320

p-ISSN 3026-0884

# Pemetaan Muka Air Tanah Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai Dasar Mitigasi Kekeringan di Desa Sumberpinang, Kabupaten Jember

Muhammad Iqbal Santoso\*<sup>1</sup>, Ahmad Zidan Zaki Gunawan <sup>2</sup>, Rehagel Yogo Prastowo<sup>3</sup>, Joel Maruba Manurung<sup>4</sup>, Fikri Lego Utomo<sup>5</sup>, Effel Edelweis<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Universitas Jember, Indonesia, email: [231910901003@mail.unej.ac.id](mailto:231910901003@mail.unej.ac.id)

<sup>2</sup> Universitas Jember, Indonesia, email: [231910901013@mail.unej.ac.id](mailto:231910901013@mail.unej.ac.id)

<sup>3</sup> Universitas Jember, Indonesia, email: [231910901014@mail.unej.ac.id](mailto:231910901014@mail.unej.ac.id)

<sup>4</sup> Universitas Jember, Indonesia, email: [231910901016@mail.unej.ac.id](mailto:231910901016@mail.unej.ac.id)

<sup>5</sup> Universitas Jember, Indonesia, email: [231910901029@mail.unej.ac.id](mailto:231910901029@mail.unej.ac.id)

<sup>6</sup> Universitas Jember, Indonesia, email: [231910901033@mail.unej.ac.id](mailto:231910901033@mail.unej.ac.id)

\*Koresponden penulis : [231910901003@mail.unej.ac.id](mailto:231910901003@mail.unej.ac.id)

## Info Artikel

*Diajukan:* 06 Februari 2026

*Diterima:* 29 Mei 2026

*Diterbitkan:* 29 Mei 2026

### Keywords:

Geographic Information System, groundwater level, drought, WebGIS, mitigation.

## Abstract

*This study aims to map groundwater levels in Sumberpinang Village, Jember Regency as a basis for drought mitigation using Geographic Information System (GIS) technology. This study applies groundwater depth measurements from community wells which are subsequently analyzed spatially using GIS software. This analysis produces groundwater contour maps, groundwater flow directions, and zones potentially vulnerable to drought. The results show groundwater depth variations ranging from 0.53 m to 4.65 m with groundwater elevation distribution between 146.87 m and 183.82 m above sea level. These variations indicate heterogeneous aquifer characteristics that influence groundwater availability across different locations. The TIRTANALA team conducts community service activities by providing education regarding groundwater conditions and drought mitigation to residents of Sumberpinang Village targeting 200 households. The implementation team also distributes 8 thematic maps in printed form and 50 TIRTANALA pocket books as educational media for the community. The development of the TIRTANALA WebGIS*

**Kata Kunci:**

Sistem Informasi Geografis, muka air tanah, kekeringan, WebGIS, mitigasi.



**Lisensi:** *cc-by-sa*  
Copyright © 2026  
penulis

---

*platform also provides an interactive spatial information system displaying groundwater contours, groundwater flow directions, river networks, administrative boundaries, monitoring wells, and drought vulnerability zones. These activities improve community understanding of groundwater conditions and encourage the utilization of spatial data as a basis for water conservation planning and drought mitigation at the village level.*

---

**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan memetakan kondisi muka air tanah di Desa Sumberpinang, Kabupaten Jember sebagai dasar mitigasi kekeringan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Penelitian ini menggunakan metode pengukuran kedalaman muka air tanah pada sumur warga yang kemudian dianalisis secara spasial menggunakan perangkat lunak SIG. Analisis ini menghasilkan peta kontur muka air tanah, arah aliran air tanah, serta zona wilayah yang berpotensi mengalami kekeringan. Hasil penelitian ini menunjukkan variasi kedalaman muka air tanah antara 0,53 m hingga 4,65 m dengan distribusi elevasi muka air tanah berkisar antara 146,87 mdpl hingga 183,82 mdpl. Variasi kondisi tersebut menunjukkan karakteristik akuifer yang bersifat heterogen sehingga memengaruhi ketersediaan air tanah pada setiap lokasi. Tim TIRTANALA melaksanakan kegiatan pengabdian kepada masyarakat melalui edukasi mengenai kondisi air tanah dan mitigasi kekeringan kepada masyarakat Desa Sumberpinang dengan target sasaran sebanyak 200 kepala keluarga. Tim pelaksana kegiatan juga membagikan 8 peta tematik dalam bentuk peta fisik serta 50 buku saku TIRTANALA sebagai media edukasi masyarakat. Pengembangan platform WebGIS TIRTANALA juga menyediakan media informasi spasial yang menampilkan kontur muka air tanah, arah aliran air tanah, jaringan sungai, batas wilayah, titik sumur pantau, serta area kerentanan kekeringan. Kegiatan ini meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap kondisi air tanah serta mendorong pemanfaatan data spasial sebagai dasar perencanaan konservasi air dan mitigasi kekeringan di tingkat desa.

---

***Cara mensitasi artikel:***

---

---

Santoso, M. I., Gunawan, A. Z. Z., Prastowo, R. Y., Manurung, J. M., Utomo, F. L., & Edelweis, E. (2026). Pemetaan Muka Air Tanah Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai Dasar Mitigasi Kekeringan di Desa Sumberpinang, Kabupaten Jember . *Beujroh : Jurnal Pemberdayaan Dan Pengabdian Pada Masyarakat*, 4(2), 316–337. <https://doi.org/10.61579/beujroh.v4i2.877>

---

## PENDAHULUAN

Ketersediaan air bersih menjadi kebutuhan dasar masyarakat yang sangat dipengaruhi oleh kondisi hidrologi dan lingkungan setempat. Permasalahan kekeringan terjadi secara rutin pada setiap musim kemarau di Kabupaten Jember, khususnya di Desa Sumberpinang, terutama pada periode Juli hingga September. Masyarakat Desa Sumberpinang dalam beberapa tahun terakhir semakin merasakan dampak kekeringan yang ditandai dengan menurunnya debit sumur, mengeringnya mata air, serta terbatasnya sumber air permukaan yang layak digunakan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa permasalahan kekeringan di Desa Sumberpinang tidak hanya bersifat sementara, tetapi berkembang menjadi persoalan yang memerlukan penanganan berbasis data serta berorientasi jangka panjang (Andriyani et al., 2021).

Kondisi hidrogeologi wilayah Desa Sumberpinang memengaruhi tingkat kerentanan wilayah terhadap kekeringan. Faktor iklim, karakteristik geologi, kondisi topografi, serta keberadaan air tanah menentukan ketersediaan air di wilayah tersebut. Musim kemarau yang berkepanjangan meningkatkan proses evaporasi dan menurunkan kemampuan tanah dalam meresapkan air. Kondisi tersebut menyebabkan cadangan air tanah mengalami penurunan. Aktivitas domestik dan kegiatan pertanian masyarakat juga berpotensi memengaruhi kualitas air tanah dan memperburuk kondisi krisis air bersih di wilayah tersebut (Malini et al., 2021).

Pemahaman spasial mengenai kondisi muka air tanah dan pola alirannya menjadi aspek penting dalam upaya mitigasi kekeringan. Teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan proses pemetaan distribusi muka air tanah secara lebih menyeluruh. Proses pemetaan tersebut membantu peneliti mengidentifikasi arah aliran air tanah serta zona wilayah yang memiliki tingkat kerawanan kekeringan. Informasi hasil pemetaan tersebut dapat digunakan sebagai data dasar

atau *baseline* dalam perencanaan konservasi air, penentuan lokasi sumur, serta pengelolaan sumber daya air berbasis wilayah (Andriyani et al., 2021).

Pemanfaatan teknologi SIG dalam pengelolaan air tanah di tingkat desa masih tergolong terbatas. Keterlibatan masyarakat dalam pemanfaatan data spasial juga masih relatif rendah. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini mengintegrasikan teknologi SIG dengan pendekatan pemberdayaan masyarakat untuk mengatasi kondisi tersebut. Kegiatan pengabdian ini meliputi pengukuran muka air tanah pada sumur warga, pengolahan data spasial menggunakan SIG, serta penyajian hasil dalam bentuk peta tematik dan *WebGIS*. Kegiatan tersebut diharapkan membantu masyarakat dan pemerintah desa memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai kondisi air tanah di wilayahnya (Andriyani et al., 2021; Galuh et al., 2025).

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan melakukan pemetaan muka air tanah berbasis Sistem Informasi Geografis sebagai dasar mitigasi kekeringan di Desa Sumberpinang, Kabupaten Jember. Informasi spasial yang dihasilkan dari kegiatan ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai dasar perencanaan konservasi air, mendukung pengambilan kebijakan di tingkat desa, serta meningkatkan ketahanan masyarakat terhadap risiko kekeringan secara berkelanjutan (Galuh et al., 2025).

## **METODE PELAKSANAAN**

Penelitian ini merupakan pengabdian kepada masyarakat dengan pendekatan deskriptif-spasial yang mengintegrasikan pengukuran muka air tanah, analisis Sistem Informasi Geografis (SIG), serta pemberdayaan masyarakat desa. Penelitian dilaksanakan di Desa Sumberpinang, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur, pada wilayah permukiman yang bergantung pada sumur gali dan sumur bor sebagai sumber air utama. Pelaksanaan kegiatan dilakukan pada musim kemarau agar kondisi muka air tanah yang diperoleh mencerminkan situasi kritis kekeringan, sehingga hasil pemetaan dapat dimanfaatkan sebagai dasar mitigasi kekeringan berbasis wilayah. Metode pelaksanaan yang diterapkan pada penelitian adalah sebagai berikut :

## **Teknik Pengumpulan Data**

### 1. Data Primer

Data primer diperoleh melalui:

- Pengukuran muka air tanah pada sumur warga menggunakan meteran ukur dengan menghitung jarak dari bibir sumur ke permukaan air.
- Pengambilan koordinat lokasi sumur menggunakan GPS handheld atau aplikasi berbasis GNSS.
- Observasi lapangan untuk mengidentifikasi kondisi lingkungan, jenis sumur, dan pola pemanfaatan air oleh masyarakat.

### 2. Data Sekunder

Data sekunder meliputi:

- Peta administrasi Desa Sumberpinang.
- Data curah hujan dan iklim wilayah Kabupaten Jember.
- Data geologi dan hidrogeologi regional.
- Literatur dan hasil penelitian terkait pemetaan muka air tanah dan mitigasi kekeringan.

## **Pengolahan dan Analisis Data SIG**

Data hasil pengukuran selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG). Tahapan pengolahan diawali dengan input data koordinat dan nilai elevasi muka air tanah ke dalam basis data spasial. Selanjutnya dilakukan analisis interpolasi, seperti metode *Inverse Distance Weighting* (IDW), untuk memperoleh gambaran sebaran muka air tanah secara spasial. Hasil analisis tersebut digunakan untuk menyusun peta muka air tanah serta mengidentifikasi zona kerawanan kekeringan. Peta yang dihasilkan disajikan dalam bentuk peta tematik yang informatif dan mudah dipahami oleh masyarakat maupun pemerintah desa.

## **Pengembangan Website Geographic Information System (WebGIS)**

Hasil pemetaan muka air tanah selanjutnya dikembangkan dalam bentuk *WebGIS* sebagai media penyajian dan diseminasi informasi spasial. *WebGIS* ini memuat informasi lokasi sumur, kedalaman muka air tanah, serta zona rawan kekeringan yang dapat diakses secara daring. Pengembangan *WebGIS* bertujuan untuk mempermudah masyarakat

dan pemerintah desa dalam memahami kondisi air tanah, serta mendukung pengambilan keputusan dan perencanaan mitigasi kekeringan secara berkelanjutan.

### **Kegiatan Pemberdayaan Masyarakat**

Kegiatan pemberdayaan masyarakat dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu sosialisasi hasil pemetaan muka air tanah dan WebGIS kepada masyarakat serta perangkat desa guna meningkatkan pemahaman terhadap kondisi air tanah di wilayahnya. Selanjutnya dilakukan diskusi partisipatif untuk menggali persepsi masyarakat terkait permasalahan air tanah dan potensi upaya mitigasi kekeringan yang dapat diterapkan secara lokal. Selain itu, diberikan edukasi mengenai pemanfaatan peta dan WebGIS sebagai dasar perencanaan konservasi air, seperti pembangunan sumur resapan, penerapan penghematan air, dan pengelolaan sumur yang berkelanjutan.

### **Output Kegiatan**

*Output* dari kegiatan ini meliputi:

- Peta muka air tanah Desa Sumberpinang berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG).
- Peta arah aliran air tanah Desa Sumberpinang.
- Peta zona kerentanan kekeringan Desa Sumberpinang.
- Platform *WebGIS* TIRTANALA sebagai media informasi spasial kondisi muka air tanah Desa Sumberpinang.
- 8 peta tematik dalam bentuk peta fisik yang dibagikan kepada masyarakat Desa Sumberpinang sebagai media informasi kondisi air tanah.
- Buku saku TIRTANALA sebagai media edukasi masyarakat terkait kondisi muka air tanah dan mitigasi kekeringan.
- Peningkatan pemahaman masyarakat dan pemerintah desa terkait kondisi muka air tanah dan potensi kekeringan melalui kegiatan edukasi dengan target sasaran 200 kepala keluarga.  
Artikel ilmiah pada jurnal pengabdian kepada masyarakat.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **A. Hasil**

#### **Hasil Pengukuran Muka Air Tanah**

Muka air tanah atau *groundwater level* merupakan posisi permukaan air pada zona jenuh di dalam tanah atau batuan yang dapat diakses melalui sumur atau pengeboran. Kedalaman muka air tanah menunjukkan jarak vertikal antara permukaan tanah dan permukaan air di dalam sumur. Elevasi muka air tanah menggambarkan ketinggian posisi air tanah terhadap permukaan laut yang dinyatakan dalam meter di atas permukaan laut (mdpl) atau *meter above sea level* (masl). Perhitungan elevasi muka air tanah menggunakan selisih antara elevasi permukaan tanah dan kedalaman air sumur. Informasi elevasi muka air tanah membantu peneliti memahami distribusi air tanah serta arah aliran air tanah pada suatu wilayah.

**Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Kedalaman Muka Air Tanah Sumur**

Lokasi	Elevasi	Koordinat		Kedalaman Air Sumur	Muka Air Tanah
		X	Y		
Sumur 1	155,955604	803221	9096269	1,2	154,755604
Sumur 2	160,295519	803240	9096404	0,75	159,545519
Sumur 3	162,545776	803365	9096450	2,1	160,445776
Sumur 4	162,131445	803362	9096638	1,17	160,961445
Sumur 5	179,031147	804899	9097475	1,18	177,851147
Sumur A	186,156243	806173	9098348	2,7	183,456243
Sumur B	181,181841	806084	9097541	3,16	178,021841
Sumur C	181,389541	805574	9097360	3	178,389541
Sumur D	172,710946	804805	9097022	0,53	172,180946
Sumur E	170,5148	805249	9096385	1,95	168,5648
Sumur F	166,383134	804455	9096433	3,59	162,793134
Sumur G	171	804424	9097332	0,67	170,33
Sumur H	158,442494	804516	9098214	1,03	157,412494
Sumur I	157,778735	803742	9097402	4,65	153,128735
Sumur J	186,221821	805358	9097839	2,4	183,821821
Sumur K	159,662193	803277	9097095	2,53	157,132193
Sumur L	153,956731	803146	9096721	0,96	152,996731
Sumur M	158,51335	803573	9096499	0,81	157,70335
Sumur N	147,472714	803994	9095446	0,6	146,872714
Sumur O	164,457306	803955	9096863	0,69	163,767306
Sumur Uji Warga	156,127242	803216	9096273		

Data pada Tabel 1 memuat hasil pengukuran elevasi permukaan tanah, koordinat lokasi sumur, dan kedalaman air sumur pada titik-titik

pengamatan di Desa Sumberpinang. Pembacaan tabel menggunakan hubungan antara elevasi permukaan tanah dan kedalaman air sumur. Nilai kedalaman air sumur yang kecil menunjukkan posisi muka air tanah yang relatif dangkal. Nilai kedalaman air sumur yang besar menunjukkan posisi muka air tanah yang lebih dalam. Perhitungan muka air tanah menghasilkan nilai elevasi *groundwater level* pada setiap titik pengamatan.

Hasil pengukuran pada 21 titik sumur di Desa Sumberpinang menunjukkan variasi elevasi permukaan tanah antara sekitar 147 mdpl hingga 186 mdpl. Kedalaman air sumur di lokasi penelitian berkisar antara 0,53 m hingga 4,65 m. Variasi nilai tersebut menunjukkan perbedaan kondisi ketersediaan air tanah pada setiap lokasi pengamatan. Perbedaan kedalaman dan elevasi muka air tanah mencerminkan karakteristik sistem akuifer yang tidak seragam pada wilayah penelitian. Kajian hidrogeologi menjelaskan kondisi tersebut sebagai distribusi air tanah yang bersifat heterogen, yaitu kondisi akuifer yang memiliki variasi sifat fisik dan hidraulik pada setiap lokasi.

Sumur D menunjukkan kedalaman air tanah paling dangkal dengan nilai 0,53 m. Sumur N menunjukkan kedalaman air tanah sebesar 0,6 m. Sumur G menunjukkan kedalaman air tanah sebesar 0,67 m. Sumur O menunjukkan kedalaman air tanah sebesar 0,69 m. Kedalaman muka air tanah yang dangkal menunjukkan posisi air tanah yang lebih dekat dengan permukaan tanah. Kondisi tersebut memudahkan masyarakat memanfaatkan air tanah melalui sumur gali. Kondisi tersebut menunjukkan potensi ketersediaan air tanah yang relatif baik untuk kebutuhan domestik masyarakat.

Sumur I menunjukkan kedalaman air tanah paling dalam dengan nilai 4,65 m. Sumur F menunjukkan kedalaman air tanah sebesar 3,59 m. Sumur B menunjukkan kedalaman air tanah sebesar 3,16 m. Sumur C menunjukkan kedalaman air tanah sebesar 3 m. Lokasi sumur tersebut umumnya berada pada wilayah dengan elevasi permukaan tanah yang lebih tinggi. Kedalaman muka air tanah yang besar menunjukkan posisi air tanah yang lebih dalam dari permukaan tanah. Kondisi tersebut membatasi akses masyarakat terhadap sumber air tanah. Kondisi tersebut meningkatkan kerentanan terhadap potensi kekeringan pada wilayah yang bergantung pada sumur gali sebagai sumber air utama.

Sebagian masyarakat memanfaatkan sumur bor untuk memperoleh air tanah dari lapisan akuifer yang lebih dalam. Sumur bor memungkinkan pengambilan air tanah pada kedalaman yang lebih besar dibandingkan sumur gali. Pemanfaatan sumur bor secara intensif meningkatkan laju pengambilan air tanah dari akuifer. Aktivitas pengambilan air tanah yang berlebihan menyebabkan penurunan muka air tanah atau *groundwater level decline* dalam jangka panjang. Penurunan muka air tanah memengaruhi keberlanjutan ketersediaan air tanah. Penurunan muka air tanah juga meningkatkan risiko kekeringan pada wilayah yang memiliki cadangan air tanah terbatas.

Perhitungan muka air tanah menunjukkan nilai berkisar antara 146,87 mdpl hingga 183,82 mdpl. Distribusi muka air tanah mengikuti kecenderungan topografi wilayah. Wilayah dengan elevasi permukaan tanah yang lebih tinggi menunjukkan posisi muka air tanah yang lebih dalam. Kondisi tersebut menunjukkan hubungan antara topografi dan distribusi air tanah. Prinsip gradien hidrolik menjelaskan pergerakan air tanah dari daerah dengan elevasi muka air tanah tinggi menuju wilayah dengan elevasi yang lebih rendah (Freeze & Cherry, 1979).

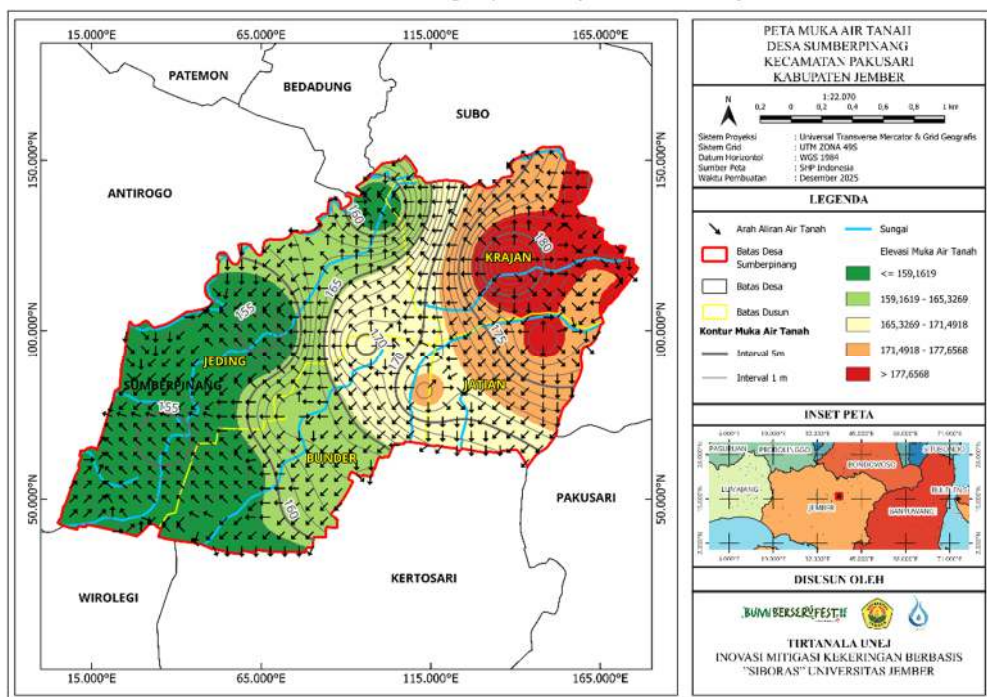
Interpretasi data pengukuran menunjukkan kondisi muka air tanah yang relatif dalam pada sebagian wilayah Desa Sumberpinang. Kondisi tersebut menunjukkan potensi keterbatasan ketersediaan air tanah pada musim kemarau. Informasi distribusi muka air tanah menjadi dasar dalam penyusunan peta muka air tanah berbasis Sistem Informasi Geografis. Peta muka air tanah berfungsi sebagai *baseline data* untuk analisis kerentanan kekeringan dan perencanaan konservasi sumber daya air tanah di tingkat desa

### **Hasil Pemetaan Muka Air Tanah Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG)**

Pemetaan muka air tanah bertujuan menggambarkan distribusi spasial posisi air tanah di Desa Sumberpinang. Peta muka air tanah disusun dari hasil pengukuran kedalaman air sumur yang kemudian dikombinasikan dengan data elevasi permukaan tanah pada setiap titik pengamatan. Selisih antara elevasi permukaan tanah dan kedalaman air sumur menghasilkan nilai elevasi muka air tanah yang dinyatakan dalam meter di atas permukaan laut atau *meter above sea level* (masl). Nilai elevasi

muka air tanah tersebut digunakan untuk menggambarkan kondisi energi hidrolik air tanah pada suatu lokasi.

Perbedaan elevasi muka air tanah dalam kajian hidrogeologi menunjukkan perbedaan energi hidrolik yang mengendalikan pergerakan air tanah di dalam akuifer. Air tanah bergerak dari daerah dengan elevasi hidrolik lebih tinggi menuju daerah dengan elevasi hidrolik lebih rendah mengikuti gradien hidrolik akuifer<sup>1</sup>. Prinsip gradien hidrolik tersebut menjadi dasar dalam interpretasi arah aliran air tanah pada peta kontur muka air tanah yang dihasilkan melalui analisis Sistem Informasi Geografis (*Geographic Information System / SIG*).



Gambar 2. Hasil Pemetaan Muka Air Tanah Berbasis SIG

Hasil pemetaan muka air tanah berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) di Desa Sumberpinang menunjukkan adanya variasi elevasi muka air tanah antar wilayah. Hasil klasifikasi pada peta menunjukkan bahwa elevasi muka air tanah terbagi ke dalam beberapa kelas, mulai dari  $\leq 159,16$  mdpl hingga  $> 177,65$  mdpl. Variasi nilai tersebut menunjukkan bahwa kondisi hidrogeologi wilayah penelitian tidak seragam atau bersifat heterogen. Variasi tersebut berkaitan dengan

perbedaan topografi, kondisi geologi, serta posisi geografis wilayah yang memengaruhi distribusi air tanah dalam sistem akuifer<sup>2</sup>.

Wilayah bagian barat dan barat daya Desa Sumberpinang menunjukkan elevasi muka air tanah yang relatif lebih rendah hingga sedang. Zona tersebut mencakup wilayah Dusun Sumberpinang dengan koordinat sekitar 8°16'55" LS dan 113°29'36" BT serta Dusun Jeding dengan koordinat sekitar 8°16'58" LS dan 113°29'31" BT. Warna hijau hingga hijau muda pada peta menunjukkan kelas elevasi muka air tanah  $\leq 165,33$  mdpl. Nilai tersebut menunjukkan posisi muka air tanah yang relatif lebih dangkal sehingga lebih mudah dijangkau melalui sumur gali masyarakat. Kedangkalan muka air tanah pada wilayah tersebut berkaitan dengan posisi topografi yang lebih rendah serta keberadaan aliran sungai yang berperan sebagai zona pelepasan atau *discharge area* air tanah<sup>3</sup>.

Wilayah bagian timur dan timur laut Desa Sumberpinang menunjukkan elevasi muka air tanah yang relatif lebih tinggi. Zona tersebut meliputi wilayah Dusun Krajan dengan koordinat sekitar 8°16'48" LS dan 113°29'41" BT serta Dusun Jatian dengan koordinat sekitar 8°16'44" LS dan 113°29'47" BT. Warna oranye hingga merah pada peta menunjukkan kelas elevasi muka air tanah lebih dari 171,49 mdpl. Nilai elevasi tersebut menunjukkan bahwa posisi muka air tanah berada pada kedalaman yang lebih besar dari permukaan tanah. Kondisi tersebut meningkatkan kerentanan wilayah terhadap kekeringan karena masyarakat memerlukan sumur dengan kedalaman yang lebih besar untuk memperoleh air tanah.

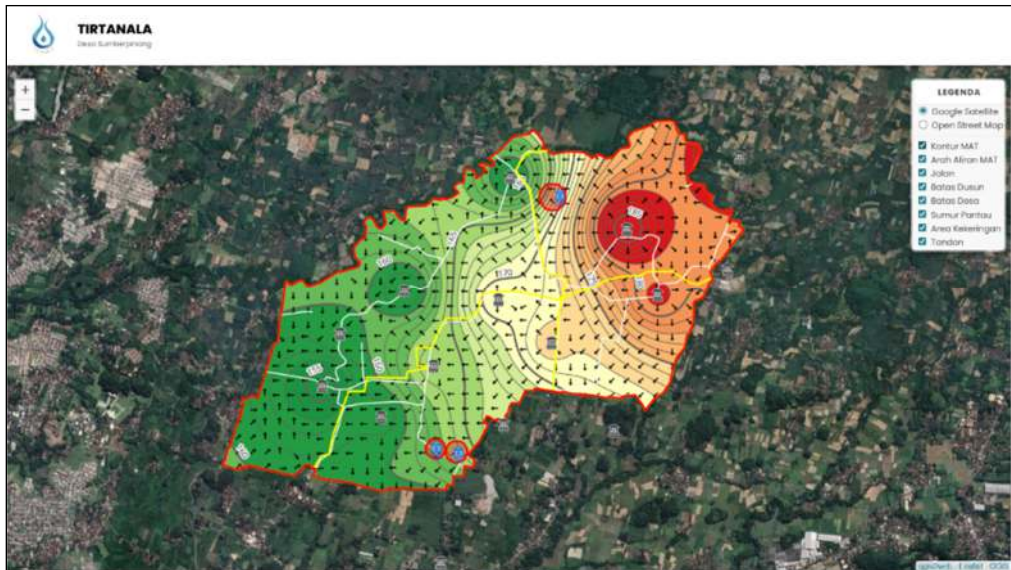
Pola kontur pada peta menunjukkan jarak garis kontur yang relatif rapat pada wilayah timur desa. Kerapatan kontur tersebut menggambarkan gradien hidrolis yang lebih besar. Gradien hidrolis merupakan perbedaan elevasi muka air tanah antar lokasi yang mengendalikan kecepatan aliran air tanah dalam akuifer<sup>1</sup>. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa wilayah timur Desa Sumberpinang berfungsi sebagai daerah imbuhan atau *recharge area*, sedangkan wilayah barat berperan sebagai daerah pelepasan atau *discharge area* air tanah<sup>3</sup>.

Arah aliran air tanah yang ditunjukkan oleh vektor panah pada peta memperlihatkan pergerakan air tanah dari wilayah timur menuju wilayah barat Desa Sumberpinang. Pola tersebut sesuai dengan kondisi

topografi wilayah yang menunjukkan elevasi lebih tinggi pada bagian timur desa dan lebih rendah pada bagian barat. Informasi spasial mengenai distribusi muka air tanah dan arah aliran air tanah tersebut menjadi dasar penting dalam perencanaan mitigasi kekeringan. Data tersebut dapat digunakan untuk menentukan lokasi prioritas konservasi air tanah, pengelolaan sumber daya air, serta pengembangan sistem penyediaan air bersih berbasis wilayah. Pemetaan muka air tanah menggunakan SIG juga menyediakan *baseline data* yang dapat dimanfaatkan dalam perencanaan pengelolaan air tanah secara berkelanjutan di tingkat desa.

### **Pemanfaatan WebGIS sebagai Media Informasi dan Mitigasi Bencana Kekeringan**

Tim TIRTANALA mengembangkan media informasi spasial berbasis *WebGIS* untuk menyajikan hasil pemetaan muka air tanah di Desa Sumberpinang secara interaktif dan mudah diakses oleh masyarakat. Pengembangan sistem ini bertujuan meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap kondisi sumber daya air tanah serta mendukung upaya mitigasi bencana kekeringan berbasis data spasial di tingkat desa. Platform ini memanfaatkan hasil analisis pemetaan muka air tanah berbasis *Sistem Informasi Geografis (SIG)* yang diperoleh dari data pengukuran lapangan. Visualisasi peta digital dalam platform tersebut menyajikan informasi spasial kondisi muka air tanah secara lebih komunikatif dibandingkan peta statis. Gambar 2 menampilkan hasil pengembangan media informasi spasial tersebut dalam bentuk platform *WebGIS* TIRTANALA.



**Gambar 2. Hasil Pemetaan Muka Air Tanah Berbasis SIG**

Gambar 2 menampilkan *WebGIS* TIRTANALA yang dikembangkan sebagai media informasi spasial untuk menyajikan kondisi muka air tanah di Desa Sumberpinang secara interaktif dan mudah diakses oleh masyarakat. Platform ini memadukan data hasil pengukuran lapangan dengan visualisasi peta berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) sehingga informasi dapat dipahami oleh berbagai kalangan. Pengguna dapat melihat sebaran muka air tanah, kontur elevasi, serta arah aliran air tanah melalui peta digital. Penyajian tersebut menjadikan *WebGIS* sebagai sarana komunikasi data ilmiah yang lebih efektif dibandingkan peta statis. Keberadaan *WebGIS* juga mendukung transparansi data lingkungan di tingkat desa.

Fitur utama dalam *WebGIS* ini meliputi layer kontur muka air tanah, arah aliran air tanah, jaringan sungai, batas desa dan dusun, serta titik sumur pantau. Sistem ini juga menampilkan informasi area rawan kekeringan dan lokasi tandon air yang berperan penting dalam upaya mitigasi. Pengguna dapat mengaktifkan atau menonaktifkan layer sesuai kebutuhan analisis. Visualisasi tersebut membantu masyarakat dan pemangku kepentingan dalam mengidentifikasi wilayah dengan muka air tanah dangkal maupun dalam. *WebGIS* ini memberikan gambaran spasial yang komprehensif terkait kondisi sumber daya air tanah.

*WebGIS* TIRTANALA dalam konteks mitigasi bencana kekeringan berfungsi sebagai alat pendukung pengambilan keputusan berbasis data spasial. Informasi zona muka air tanah dan arah aliran air tanah dapat dimanfaatkan untuk menentukan lokasi prioritas pembangunan tandon air atau pengeboran sumur. Masyarakat dapat mengidentifikasi wilayah tempat tinggalnya apakah termasuk daerah rawan kekeringan atau relatif aman. Informasi tersebut mendorong perilaku adaptif, seperti pengelolaan dan penghematan air sejak dini. Upaya tersebut memungkinkan penekanan risiko dampak kekeringan secara lebih terencana.

*WebGIS* TIRTANALA dapat diakses secara daring melalui tautan <https://komunitastirtanala.github.io/Desa-Sumberpinang/#15/-8.1560/113.7633> sehingga memungkinkan pemanfaatan yang luas oleh masyarakat dan pemerintah desa. Aksesibilitas platform ini meningkatkan partisipasi masyarakat dalam memahami kondisi air tanah dan mendukung upaya mitigasi secara partisipatif. Platform ini juga berperan sebagai sarana edukasi kebencanaan berbasis spasial selain sebagai media informasi. *WebGIS* ini berpotensi dikembangkan lebih lanjut melalui penambahan data temporal untuk memantau perubahan muka air tanah. Platform ini menjadi instrumen penting dalam mitigasi kekeringan yang berkelanjutan.

### **Dampak Pemetaan SIG dan WebGIS terhadap Pemberdayaan Masyarakat**

Hasil kegiatan sosialisasi dan diskusi menunjukkan adanya peningkatan pemahaman masyarakat terhadap kondisi muka air tanah di Desa Sumberpinang. Data pengukuran menunjukkan variasi kedalaman muka air tanah antara 0,53 m hingga 4,65 m pada beberapa titik sumur warga. Variasi kedalaman tersebut menunjukkan bahwa tingkat kerentanan kekeringan berbeda pada setiap wilayah desa. Pemahaman tersebut mendorong masyarakat untuk menyadari bahwa permasalahan kekeringan tidak hanya dipengaruhi oleh musim kemarau, tetapi juga oleh perbedaan elevasi, kondisi lingkungan, serta pola pemanfaatan air tanah. Peta berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) membantu masyarakat memahami informasi tersebut secara visual dan kontekstual.

Tim TIRTANALA melaksanakan kegiatan edukasi kepada masyarakat Desa Sumberpinang dengan target sasaran sebanyak 200 kepala keluarga (KK). Tim pelaksana kegiatan membagikan 8 peta tematik dalam bentuk peta fisik kepada pemerintah desa dan masyarakat sebagai media edukasi spasial mengenai kondisi muka air tanah di Desa Sumberpinang. Peta tematik tersebut menampilkan informasi mengenai distribusi elevasi muka air tanah, kontur muka air tanah, serta arah aliran air tanah pada wilayah desa. Tim pelaksana kegiatan juga membagikan 50 buku saku TIRTANALA kepada masyarakat sebagai media edukasi yang mudah dipahami. Buku saku tersebut memuat pengenalan TIRTANALA, penjelasan mengenai proyek pemetaan muka air tanah yang dilakukan di Desa Sumberpinang, serta informasi mengenai kondisi lingkungan desa, penyebab kekeringan, dan langkah-langkah mitigasi yang dapat dilakukan oleh masyarakat.

Peta muka air tanah dan WebGIS TIRTANALA memberikan alat bantu yang efektif bagi masyarakat dan pemerintah desa dalam merencanakan upaya konservasi air secara lebih terarah. Masyarakat dan pemerintah desa menggunakan informasi zona rawan kekeringan serta arah aliran air tanah sebagai dasar dalam perencanaan pembangunan sumur resapan, pengelolaan sumur warga, serta distribusi air bersih pada musim kemarau. Keberadaan WebGIS TIRTANALA meningkatkan partisipasi masyarakat dalam proses mitigasi karena masyarakat dapat mengakses data secara terbuka dan berkelanjutan.

WebGIS TIRTANALA yang ditampilkan pada Gambar 2 menyajikan berbagai layer spasial yang dapat diaktifkan oleh pengguna sesuai kebutuhan analisis. Layer pada platform tersebut meliputi kontur muka air tanah, arah aliran muka air tanah, jaringan jalan, batas dusun, batas desa, titik sumur pantau, area kerentanan kekeringan, serta lokasi tandon air. Kombinasi layer tersebut memungkinkan pengguna memahami hubungan antara kondisi muka air tanah, jaringan infrastruktur desa, serta wilayah yang berpotensi mengalami kekeringan. Visualisasi spasial tersebut membantu masyarakat dan pemerintah desa mengidentifikasi wilayah prioritas untuk pengelolaan dan konservasi sumber daya air.

Kegiatan pemetaan muka air tanah memberikan dampak nyata bagi masyarakat Desa Sumberpinang dalam memahami kondisi sumber

daya air di wilayahnya. Informasi spasial yang dihasilkan dari pemetaan membantu masyarakat mengetahui wilayah yang memiliki muka air tanah dangkal maupun wilayah dengan muka air tanah yang lebih dalam. Pemahaman tersebut mendorong masyarakat untuk lebih bijak dalam memanfaatkan air tanah serta mulai mempertimbangkan upaya konservasi air di lingkungan sekitar. Pemerintah desa memperoleh data dasar yang dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan pengelolaan sumber daya air dan mitigasi kekeringan.

Kegiatan pengabdian ini menghasilkan luaran berupa peta tematik, WebGIS TIRTANALA, serta buku saku edukasi masyarakat. Luaran tersebut meningkatkan kapasitas adaptif masyarakat dalam memahami kondisi air tanah dan merencanakan langkah mitigasi kekeringan secara lebih terarah. Pemanfaatan data spasial dan media edukasi tersebut diharapkan dapat mendukung pengelolaan sumber daya air tanah secara berkelanjutan di Desa Sumberpinang.

## **B. Pembahasan**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi muka air tanah di Desa Sumberpinang memiliki variasi yang cukup signifikan, dengan kedalaman muka air tanah berkisar antara 0,53 m hingga 4,65 m. Variasi tersebut menunjukkan bahwa sistem akuifer di wilayah penelitian bersifat heterogen sehingga distribusi air tanah tidak merata pada setiap lokasi. Kondisi heterogenitas akuifer umumnya dipengaruhi oleh perbedaan litologi, struktur geologi, topografi, serta kemampuan infiltrasi tanah dalam menyimpan dan mengalirkan air tanah (Todd & Mays, 2005). Variasi kedalaman muka air tanah yang ditemukan pada penelitian ini mengindikasikan adanya perbedaan kapasitas penyimpanan air tanah dan tingkat kerentanan kekeringan antarwilayah di Desa Sumberpinang.

Wilayah dengan muka air tanah dangkal seperti pada Sumur D, Sumur N, dan Sumur G menunjukkan potensi ketersediaan air tanah yang relatif lebih baik bagi kebutuhan domestik masyarakat. Kondisi tersebut umumnya ditemukan pada wilayah dengan elevasi lebih rendah dan berdekatan dengan sistem aliran sungai. Dalam kajian hidrogeologi, wilayah semacam ini dikenal sebagai discharge area, yaitu daerah tempat keluarnya aliran air tanah menuju permukaan (Freeze &

Cherry, 1979). Sebaliknya, wilayah dengan muka air tanah yang lebih dalam seperti pada Sumur I, Sumur F, dan Sumur B menunjukkan tingkat aksesibilitas air tanah yang lebih rendah sehingga masyarakat memerlukan sumur dengan kedalaman lebih besar untuk memperoleh air. Kondisi tersebut meningkatkan kerentanan masyarakat terhadap kekeringan, terutama pada musim kemarau ketika recharge air tanah mengalami penurunan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Arifin et al. (2022) yang menyatakan bahwa kedalaman muka air tanah merupakan indikator penting dalam menentukan tingkat kerentanan kekeringan pada wilayah permukiman. Semakin dalam posisi muka air tanah, maka semakin besar risiko keterbatasan akses air bersih bagi masyarakat. Penelitian Malini et al. (2021) juga menjelaskan bahwa perubahan iklim dan musim kemarau berkepanjangan menyebabkan penurunan recharge air tanah akibat berkurangnya infiltrasi dan meningkatnya evapotranspirasi. Kondisi tersebut mempercepat penurunan muka air tanah terutama pada wilayah yang memiliki tingkat eksploitasi air tanah cukup tinggi.

Analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) pada penelitian ini berhasil menggambarkan distribusi muka air tanah serta arah aliran air tanah di Desa Sumberpinang. Pemanfaatan SIG memberikan kemudahan dalam mengintegrasikan data koordinat, elevasi, serta kedalaman muka air tanah menjadi informasi spasial yang lebih komprehensif. Teknologi SIG memungkinkan visualisasi kondisi hidrogeologi secara lebih efektif sehingga mempermudah proses identifikasi wilayah rawan kekeringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah timur Desa Sumberpinang memiliki elevasi muka air tanah yang lebih tinggi dibandingkan wilayah barat, sehingga arah aliran air tanah bergerak dari timur menuju barat mengikuti gradien hidrolis akuifer. Prinsip tersebut sesuai dengan teori hidrogeologi yang menjelaskan bahwa air tanah bergerak dari daerah dengan energi hidrolis tinggi menuju daerah dengan energi hidrolis lebih rendah (Freeze & Cherry, 1979).

Pola kontur muka air tanah yang relatif rapat pada wilayah timur menunjukkan gradien hidrolis yang lebih besar. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa wilayah timur desa berperan sebagai recharge

area atau daerah imbuhan air tanah. Wilayah recharge memiliki fungsi penting dalam menjaga keberlanjutan cadangan air tanah karena menjadi lokasi utama infiltrasi air hujan menuju akuifer (Fetter, 2018). Sebaliknya, wilayah barat desa cenderung berfungsi sebagai discharge area yang menjadi lokasi pelepasan air tanah. Informasi mengenai recharge area dan discharge area sangat penting dalam perencanaan konservasi air karena wilayah imbuhan perlu dipertahankan agar proses infiltrasi tetap berlangsung optimal.

Penggunaan metode interpolasi spasial melalui pendekatan Inverse Distance Weighting (IDW) pada penelitian ini mampu menghasilkan gambaran distribusi muka air tanah secara kontinu. Metode IDW banyak digunakan dalam penelitian hidrogeologi karena mampu memperkirakan distribusi nilai spasial berdasarkan kedekatan antar titik pengamatan. Hasil interpolasi tersebut membantu mengidentifikasi zona dengan muka air tanah dangkal maupun dalam sehingga dapat digunakan sebagai dasar perencanaan mitigasi kekeringan. Penelitian Andriyani et al. (2021) menyatakan bahwa pemetaan muka air tanah berbasis SIG efektif digunakan dalam menentukan prioritas wilayah konservasi air dan perencanaan sumber daya air berbasis spasial.

Pengembangan WebGIS TIRTANALA pada penelitian ini menjadi inovasi penting dalam penyajian informasi sumber daya air tanah kepada masyarakat. Platform WebGIS memungkinkan masyarakat dan pemerintah desa mengakses informasi spasial secara interaktif tanpa memerlukan perangkat lunak khusus. Penyajian informasi dalam bentuk digital interaktif dinilai lebih efektif dibandingkan peta konvensional karena pengguna dapat mengaktifkan berbagai layer sesuai kebutuhan analisis. Keberadaan fitur kontur muka air tanah, arah aliran air tanah, titik sumur pantau, jaringan sungai, serta zona rawan kekeringan membantu masyarakat memahami kondisi lingkungan secara lebih kontekstual. Penelitian Galuh et al. (2025) menjelaskan bahwa pemanfaatan WebGIS meningkatkan efektivitas diseminasi informasi spasial dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data lingkungan.

Keberadaan WebGIS juga memperkuat aspek mitigasi bencana kekeringan berbasis masyarakat. Informasi spasial yang tersedia dapat

dimanfaatkan pemerintah desa untuk menentukan lokasi prioritas pembangunan sumur bor, tandon air, maupun sumur resapan. Selain itu, masyarakat dapat memahami wilayah yang memiliki risiko kekeringan lebih tinggi sehingga mendorong perilaku adaptif dalam penggunaan air. Pemanfaatan teknologi digital dalam mitigasi bencana dinilai mampu meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat karena informasi dapat diakses secara cepat dan terbuka (Kodoatie & Sjarief, 2020).

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan melalui edukasi, sosialisasi, dan distribusi media informasi juga memberikan dampak positif terhadap peningkatan kapasitas masyarakat dalam memahami kondisi air tanah. Pembagian peta tematik dan buku saku TIRTANALA membantu masyarakat memperoleh pemahaman mengenai penyebab kekeringan, kondisi hidrogeologi desa, serta langkah mitigasi yang dapat diterapkan. Pendekatan partisipatif semacam ini penting dalam pengelolaan sumber daya air berbasis masyarakat karena keberhasilan konservasi air tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga pada tingkat kesadaran dan partisipasi masyarakat lokal.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi pengukuran muka air tanah, analisis SIG, dan pengembangan WebGIS mampu menghasilkan sistem informasi spasial yang efektif sebagai dasar mitigasi kekeringan di tingkat desa. Informasi yang dihasilkan tidak hanya berfungsi sebagai baseline data kondisi air tanah, tetapi juga menjadi instrumen pendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan. Pendekatan ini dapat menjadi model pengelolaan mitigasi kekeringan berbasis spasial yang dapat diterapkan pada wilayah lain dengan karakteristik permasalahan serupa.

## **KESIMPULAN**

Penelitian ini menghasilkan pemetaan muka air tanah yang menggambarkan variasi kondisi hidrogeologi di Desa Sumberpinang melalui analisis berbasis *Sistem Informasi Geografis (SIG)*. Hasil pemetaan menunjukkan distribusi elevasi muka air tanah yang bervariasi antar wilayah dengan rentang kedalaman sekitar 0,53 m hingga 4,65 m pada

sumur pengamatan di wilayah desa. Variasi tersebut menunjukkan ketidakteraturan distribusi air tanah yang dipengaruhi oleh perbedaan topografi, posisi geografis, serta kondisi lingkungan setempat.

Analisis spasial menggunakan *SIG* menghasilkan peta kontur muka air tanah dan arah aliran air tanah yang menunjukkan pergerakan dari wilayah timur menuju wilayah barat desa. Informasi tersebut mengidentifikasi wilayah dengan muka air tanah yang lebih dalam sebagai zona yang relatif lebih rentan terhadap risiko kekeringan. Data pemetaan ini memberikan dasar ilmiah dalam memahami pola distribusi air tanah serta potensi kerentanan kekeringan pada tingkat desa.

Tim TIRTANALA melaksanakan kegiatan edukasi masyarakat dengan menyampaikan hasil pemetaan melalui media peta tematik dan platform *WebGIS*. Kegiatan edukasi tersebut menargetkan sekitar 200 kepala keluarga (KK) sebagai penerima informasi mengenai kondisi air tanah dan mitigasi kekeringan di Desa Sumberpinang. Tim kegiatan juga membagikan 8 peta tematik dalam bentuk peta fisik kepada masyarakat sebagai media informasi spasial yang dapat dimanfaatkan secara langsung di tingkat desa. Tim kegiatan selanjutnya membagikan 50 buku saku TIRTANALA yang memuat pengenalan komunitas TIRTANALA, kegiatan yang dilakukan di desa, serta informasi mengenai kondisi lingkungan, penyebab kekeringan, dan upaya penanganannya.

Platform *WebGIS* TIRTANALA menyediakan akses informasi spasial secara interaktif yang menampilkan layer muka air tanah, arah aliran air tanah, batas administrasi, jaringan sungai, titik sumur, lokasi tandon air, serta zona rawan kekeringan. Penyajian data melalui *WebGIS* mempermudah masyarakat dan pemerintah desa dalam memahami kondisi sumber daya air tanah secara visual dan kontekstual. Informasi tersebut mendukung proses pengambilan keputusan dalam perencanaan konservasi air, pembangunan sarana air bersih, serta pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan.

Kegiatan pemetaan dan diseminasi informasi ini meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap kondisi lingkungan dan potensi kekeringan di wilayahnya. Peningkatan pemahaman tersebut mendorong keterlibatan masyarakat dalam upaya konservasi air serta pengelolaan air tanah secara lebih bijak. Hasil kegiatan ini menunjukkan bahwa pemanfaatan *SIG* dan *WebGIS* berperan penting sebagai *baseline*

*data* dalam mendukung mitigasi kekeringan berbasis informasi spasial di tingkat desa.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan menyebut nama Tuhan Yang Maha Esa dan atas rahmat-Nya, penulis mengucapkan puji dan syukur atas tersusunnya jurnal pengabdian kepada masyarakat berjudul "*Pemetaan Muka Air Tanah Berbasis Sistem Informasi Geografis sebagai Dasar Mitigasi Kekeringan di Desa Sumberpinang, Kabupaten Jember.*" Jurnal ini merupakan hasil kegiatan pengabdian yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman masyarakat serta mendukung upaya mitigasi kekeringan melalui pemanfaatan data spasial muka air tanah dan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) yang aplikatif dan berkelanjutan. Penyusunan dan pelaksanaan kegiatan pengabdian ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Telkom Sustainability atas dukungan pendanaan yang memungkinkan kegiatan ini terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ketua Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Jember atas arahan dan dukungan akademik yang diberikan selama kegiatan berlangsung. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Bapak Emanuel Grace Manek, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing, atas bimbingan, arahan, serta pendampingan akademik dan teknis yang diberikan secara konsisten selama pelaksanaan kegiatan hingga penyusunan jurnal ini. Apresiasi turut disampaikan kepada Pemerintah Desa Sumberpinang atas izin, dukungan, serta partisipasi aktif dalam pelaksanaan kegiatan pengukuran lapangan, pemetaan, dan pemanfaatan WebGIS. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada seluruh Tim Tirtanala Universitas Jember yang telah berkontribusi melalui kerja sama, dedikasi, dan komitmen dalam menyukseskan kegiatan pengabdian ini. Semoga jurnal ini dapat memberikan manfaat bagi masyarakat, pemerintah desa, serta menjadi rujukan dalam pengembangan mitigasi kekeringan berbasis Sistem Informasi Geografis di wilayah lain dengan permasalahan serupa.

**DAFTAR RUJUKAN**

- Andriyani, R., Prasetyo, Y., & Nugroho, A. (2021). Analisis potensi air tanah untuk mitigasi kekeringan berbasis sistem informasi geografis. *Jurnal Geografi dan Lingkungan Tropik*, 5(2), 101–110.
- Arifin, Z., Hidayat, R., & Pratama, A. (2022). Analisis kedalaman muka air tanah dan potensi kerentanan kekeringan pada wilayah permukiman. *Jurnal Sumber Daya Air Indonesia*, 18(1), 45–56.
- Fetter, C. W. (2018). *Applied Hydrogeology* (4th ed.). Long Grove: Waveland Press.
- Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). *Groundwater*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Galuh, P., Wibowo, S., & Santoso, D. (2025). Pemanfaatan WebGIS dalam penyajian informasi sumber daya air berbasis spasial. *Jurnal Teknologi Informasi Geospasial*, 7(1), 55–66.
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2020). *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Yogyakarta: Andi.
- Malini, D., Setiawan, H., & Rahmawati, N. (2021). Pengaruh perubahan iklim terhadap ketersediaan air tanah di wilayah tropis. *Jurnal Hidrologi Indonesia*, 12(2), 87–96.
- Todd, D. K., & Mays, L. W. (2005). *Groundwater Hydrology* (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons.