JURNAL TEKNIK INFORMATIKA DAN MULTIMEDIA Vol 6, No.2, Oktober 2026, pp. 41 - 47
p-ISSN : 2808-909X (print)
e-ISSN : 2798-2505 (online)
http://journal.politeknik-pratama.ac.id/index.php/JTIM · page 41
DOI : https://doi.org/10.51903/informatika.v6i2.1886

PERANCANGAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS BERBASIS WEB UNTUK PEMETAAN KUALITAS AIR TANAH DI KELURAHAN JATIWARINGIN

Muhammad Citra Mustakim[1*], Abdur Rohman[2], Karno Diantoro[3], Ahmad Soderi[4], Ilham Aditiya Chandra[5]
[1] Sistem Informasi, STMIK Mercusuar
Kota Bekasi, e-mail: mustakim44777@gmail.com
[2] Sistem Informasi, STMIK Mercusuar
Kota Bekasi, e-mail: oman@mercusuar.ac.id
[3] Sistem Informasi, STMIK Mercusuar
Kota Bekasi, e-mail: karno@mercusuar.ac.id
[4] Sistem Informasi, STMIK Mercusuar
Kota Bekasi, e-mail: ahmad@mercusuar.ac.id
[5] Sistem Informasi, STMIK Mercusuar
Kota Bekasi, e-mail: aditiailham71@gmail.com
[*] coresspondence

ARTICLE INFO

Article history:

Received 10 July 2026
Received in revised form 20 August 2026
Accepted 15 September 2026
Available online 15 October 2026

ABSTRACT

Groundwater is the primary water source for residents of Jatiwaringin Village, yet its quality varies across locations due to differences in well depth, soil condition, and surrounding human activity. No structured, location-based system currently exists to communicate this variation, leaving residents dependent on manual observation and word-of-mouth reporting. This study designs a web-based Geographic Information System (GIS) to map groundwater quality data collected from field surveys, developed using the Waterfall method covering analysis, design, implementation, testing, and deployment, based on field survey data collected from several selected RT (neighborhood units) in Jatiwaringin Village. Water quality parameters, namely color, odor, taste, turbidity, TDS, and electrolysis results, were classified into three feasibility categories: suitable (green), less suitable (yellow), and unsuitable (red), then visualized as point markers and zone polygons on an interactive map. Black Box Testing confirmed all core functions operated as specified across 24 test scenarios, giving residents and local authorities an accessible and structured way to understand groundwater conditions in their area.

Keywords: Geographic Information System; Groundwater Quality; Web Mapping; Waterfall Method; Jatiwaringin.

Received July 10, 2026; Accepted September 8, 2026; Available online October 15, 2026

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

Abstrak

Air tanah menjadi sumber air utama bagi warga Kelurahan Jatiwaringin, namun kualitasnya bervariasi antar lokasi akibat perbedaan kedalaman sumur, kondisi tanah, dan aktivitas manusia di sekitarnya. Belum tersedia sistem yang terstruktur dan berbasis lokasi untuk menyampaikan kondisi ini, sehingga masyarakat masih bergantung pada pengamatan manual dan informasi dari mulut ke mulut. Penelitian ini merancang Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis web untuk memetakan data kualitas air tanah hasil survei lapangan, dikembangkan menggunakan metode Waterfall meliputi tahap analisis, perancangan, implementasi, pengujian, dan penerapan, berdasarkan data survei lapangan yang dikumpulkan dari beberapa RT terpilih di Kelurahan Jatiwaringin. Parameter kualitas air, yaitu warna, bau, rasa, kekeruhan, nilai TDS, dan hasil uji elektrolisa, diklasifikasikan ke dalam tiga kategori kelayakan: layak (hijau), kurang layak (kuning), dan tidak layak (merah), lalu divisualisasikan sebagai marker titik dan polygon zona pada peta interaktif. Pengujian Black Box menunjukkan seluruh fungsi utama berjalan sesuai spesifikasi pada 24 skenario pengujian, memberikan masyarakat dan pihak kelurahan cara yang mudah diakses dan terstruktur untuk memahami kondisi air tanah di wilayah mereka.
Kata Kunci: Sistem Informasi Geografis; Kualitas Air Tanah; Pemetaan Web; Metode Waterfall; Jatiwaringin.

1. PENDAHULUAN

Air tanah merupakan sumber air utama yang dimanfaatkan masyarakat untuk kebutuhan sehari-hari, termasuk mandi, mencuci, memasak, dan konsumsi. Kualitas air tanah pada kawasan permukiman tidak seragam antar lokasi, karena dipengaruhi oleh kedalaman sumur, kondisi tanah, serta aktivitas manusia di sekitarnya. Kondisi ini menuntut ketersediaan informasi yang jelas mengenai layak-tidaknya air tanah digunakan pada suatu titik lokasi tertentu.

Kelurahan Jatiwaringin merupakan salah satu wilayah permukiman yang sebagian besar warganya masih bergantung pada air tanah sebagai sumber air utama. Namun demikian, penyampaian informasi kualitas air tanah di wilayah ini masih dilakukan secara konvensional, yaitu melalui pengamatan lapangan dan penyampaian lisan pada pertemuan warga, tanpa dukungan media visual maupun dokumentasi yang terstruktur berbasis lokasi. Kondisi tersebut menyulitkan masyarakat dalam mengetahui secara pasti titik-titik air yang layak, kurang layak, atau tidak layak digunakan.

Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis web dalam pemetaan kualitas air telah banyak dikaji pada penelitian-penelitian sebelumnya. Susanto dkk. menerapkan pendekatan Multi-Criteria Evaluation berbasis GIS untuk menghasilkan peta zonasi kualitas air tanah, namun belum dikembangkan ke dalam sistem WebGIS interaktif [1]. Li dkk. membangun sistem pemantauan kualitas air berbasis WebGIS dengan arsitektur client-server, tetapi berfokus pada air permukaan, bukan air tanah [2]. Firmansyah dan Nurhadi menerapkan metode interpolasi Inverse Distance Weighting untuk menggambarkan distribusi kualitas air tanah secara spasial, namun hasilnya belum diimplementasikan sebagai sistem interaktif [3]. Prabowo dan Kusuma mengembangkan WebGIS berbasis JavaScript untuk sistem informasi kualitas air, tetapi tidak secara khusus membahas cakupan wilayah setingkat kelurahan [4]. Sementara itu, Ahmed dkk. mengintegrasikan Leaflet dan OpenStreetMap untuk memvisualisasikan kualitas air permukaan dalam bentuk marker dan polygon interaktif [5].

Berdasarkan kajian tersebut, tampak bahwa penelitian mengenai pemetaan kualitas air berbasis WebGIS masih didominasi oleh objek air permukaan atau belum diimplementasikan hingga tingkat sistem interaktif yang spesifik pada skala kelurahan. Kesenjangan inilah yang menjadi dasar penelitian ini, yaitu pengembangan SIG berbasis web yang secara khusus memetakan kualitas air tanah pada tingkat kelurahan, lengkap dengan mekanisme klasifikasi kelayakan yang divisualisasikan secara warna pada peta digital interaktif.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun Sistem Informasi Geografis berbasis web yang mampu memetakan dan memvisualisasikan data kualitas air tanah dalam bentuk titik sampel dan zona kelayakan di Kelurahan Jatiwaringin, sekaligus menerapkan proses klasifikasi kualitas air tanah berdasarkan hasil survei lapangan ke dalam tiga kategori kelayakan yang divisualisasikan menggunakan perbedaan warna pada peta digital.

2. TINJAUAN PUSTAKA

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

2.1. Sistem dan Sistem Informasi

Sistem dipahami sebagai kesatuan komponen yang saling terhubung dan bekerja secara terkoordinasi untuk mencapai tujuan tertentu. Stair dan Reynolds mendefinisikan sistem sebagai kumpulan elemen yang berinteraksi menerima input, memprosesnya, dan menghasilkan output sesuai tujuan yang ditetapkan [6], sementara Dennis, Wixom, dan Tegarden menekankan bahwa sistem yang baik mengintegrasikan aspek teknologi, prosedur, dan struktur data melalui pendekatan berorientasi objek untuk mencapai tujuan organisasi [7]. Ketika sistem mengolah data menjadi bentuk yang memiliki nilai guna bagi penggunanya, keluaran tersebut disebut informasi. McLeod dan Schell menyatakan bahwa informasi adalah data yang telah diproses sehingga meningkatkan pengetahuan penerimanya dan dapat mendukung pengambilan keputusan [8], sedangkan Laudon dan Laudon menambahkan bahwa informasi yang berkualitas harus mampu mengurangi ketidakpastian penggunanya [9]. Gabungan kedua konsep ini membentuk sistem informasi, yaitu sistem terintegrasi yang mengumpulkan, mengolah, menyimpan, dan menyajikan data menjadi informasi yang bernilai bagi pengambilan keputusan.

2.1.1. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis merupakan sistem berbasis komputer yang mengintegrasikan data spasial (berbasis koordinat) dengan data atribut untuk menghasilkan informasi yang mendukung analisis berbasis wilayah. Longley dkk. mendefinisikan SIG sebagai gabungan perangkat keras, perangkat lunak, data, dan metode untuk mengumpulkan, menyimpan, mengelola, menganalisis, serta menampilkan data geografis [10], sementara Esri menekankan peran SIG dalam mengintegrasikan peta dan data untuk memahami pola dan tren kewilayahan [11]. Berdasarkan platform penerapannya, SIG dapat dibedakan menjadi tiga jenis. SIG Desktop dijalankan pada komputer lokal untuk analisis spasial yang kompleks [12]. WebGIS memungkinkan distribusi informasi geografis secara interaktif melalui jaringan internet sehingga dapat diakses publik secara luas [13], sedangkan SIG Mobile mendukung pengumpulan data lapangan berbasis GPS melalui perangkat bergerak [12].

Ketiga jenis SIG tersebut memiliki peran yang saling melengkapi dalam siklus pemetaan berbasis lokasi—mulai dari pengumpulan data di lapangan hingga penyajian informasi kepada pengguna akhir. Pada penelitian ini, pendekatan WebGIS dipilih sebagai basis pengembangan sistem karena kebutuhan utama penelitian adalah menyediakan akses informasi kualitas air tanah secara terbuka kepada masyarakat tanpa memerlukan instalasi perangkat lunak khusus, sementara perangkat mobile berperan sebagai alat bantu dalam proses survei dan pengumpulan data lapangan.

2.1.2. Klasifikasi Kualitas Air Tanah Berbasis Spasial

Penerapan SIG dalam isu kualitas air umumnya melibatkan proses klasifikasi data hasil pengukuran lapangan ke dalam kategori kelayakan tertentu, yang kemudian direpresentasikan secara visual melalui perbedaan warna pada peta digital. Pendekatan ini memudahkan pengguna awam memahami kondisi kualitas air pada suatu wilayah tanpa perlu menginterpretasikan data numerik secara langsung, sebagaimana ditunjukkan pada penelitian-penelitian pemetaan kualitas air sebelumnya [1]-[5]. Prinsip inilah yang diadaptasi dalam penelitian ini, dengan parameter kualitas air tanah dari hasil survei lapangan diklasifikasikan ke dalam tiga kategori kelayakan dan divisualisasikan sebagai marker titik serta polygon zona pada peta interaktif. Penentuan kategori kelayakan air tanah pada penelitian ini mengacu pada standar kualitas air bersih menurut WHO [14] dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan [15], yang menetapkan parameter fisik dan kimia sebagai dasar penilaian layak-tidaknya air digunakan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode pengumpulan data dan metode pengembangan sistem untuk menghasilkan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis web yang mampu memetakan kualitas air tanah di Kelurahan Jatiwaringin.

3.1 Metode Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui empat teknik. Pertama, observasi lapangan dilakukan terhadap sumur bor warga untuk mengamati kondisi fisik air—warna, bau, rasa, dan kekeruhan—sekaligus mendata koordinat lokasi sebagai titik sampel. Survei dilakukan secara purposive terhadap sumur warga yang tersebar di beberapa RT pada sejumlah RW di wilayah Kelurahan Jatiwaringin, dengan mempertimbangkan keterwakilan

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

kondisi geografis, kepadatan permukiman, dan variasi karakteristik sumber air di tiap wilayah yang disurvei. Kedua, wawancara dilakukan dengan warga pada tingkat RT/RW bekerja sama dengan pihak kelurahan untuk menggali kondisi air yang digunakan sehari-hari serta permasalahan yang dihadapi masyarakat. Ketiga, pengukuran kualitas air dilakukan langsung pada sampel air tanah menggunakan TDS meter dan alat uji elektrolisa untuk memperoleh nilai Total Dissolved Solids (TDS) dan hasil uji elektrolisa sebagai dasar klasifikasi. Keempat, studi pustaka dilakukan terhadap buku, jurnal ilmiah, dan penelitian terdahulu terkait SIG, pemetaan kualitas air, serta teknologi WebGIS sebagai landasan teoretis penelitian.

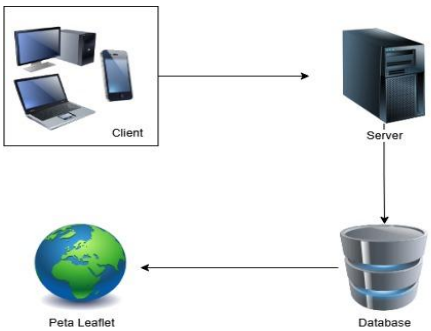
3.2 Metode Pengembangan Sistem

Sistem dikembangkan menggunakan metode Waterfall, yang terdiri atas enam tahapan berurutan.

1. Requirement Analysis: mengidentifikasi kebutuhan data (titik air, parameter kualitas, foto survei, zona kelayakan), kebutuhan fitur (peta interaktif, dashboard, grafik, unduh data), serta kebutuhan sistem (akses berbasis web, hak akses pengguna, penyimpanan basis data).
2. System Design: merancang arsitektur sistem, basis data, diagram UML (use case, activity, sequence, dan class diagram), serta antarmuka pengguna untuk menggambarkan alur kerja sistem secara menyeluruh sebelum implementasi.
3. Implementation: membangun modul admin untuk pengelolaan data titik air dan zona kelayakan, serta modul publik untuk menampilkan peta interaktif, dashboard informasi, halaman tentang, dan halaman kontak.
4. Testing: menguji seluruh fungsi sistem menggunakan metode Black Box Testing untuk memastikan kesesuaian fungsi dengan kebutuhan yang telah ditentukan.
5. Deployment: menerapkan sistem pada server agar dapat diakses melalui jaringan internet oleh admin maupun masyarakat umum.
6. Maintenance: memelihara kestabilan sistem serta memperbarui data dan fitur secara berkala, mengingat sifat data kualitas air tanah yang dinamis.

3.3 Arsitektur dan Perancangan Sistem

Sistem dirancang dengan arsitektur client-server berbasis web, di mana admin mengelola data melalui antarmuka backend yang tersimpan dalam basis data terpusat, sementara pengguna umum mengakses informasi melalui antarmuka publik tanpa proses login. Perancangan alur dan struktur sistem dimodelkan menggunakan pendekatan Unified Modeling Language (UML), meliputi use case diagram untuk menggambarkan interaksi aktor dengan sistem, activity diagram dan sequence diagram untuk menggambarkan alur proses tiap fitur, serta class diagram untuk struktur basis data.



Gambar 1. Arsitektur Sistem WebGIS

Data kualitas air tanah yang dikumpulkan dari lapangan meliputi warna, bau, rasa, kekeruhan, nilai TDS, dan hasil uji elektrolisa disimpan sebagai data non-spasial yang terhubung dengan data spasial berupa koordinat lokasi sumur. Berdasarkan parameter tersebut, sistem mengklasifikasikan setiap titik sampel ke dalam tiga kategori kelayakan: layak (hijau), kurang layak (kuning), dan tidak layak (merah). Hasil klasifikasi divisualisasikan pada peta digital dalam bentuk marker titik sumur dan polygon zona wilayah, sehingga persebaran kualitas air tanah di Kelurahan Jatiwaringin dapat dipahami secara visual dan berbasis lokasi.

Sistem dibangun menggunakan kerangka kerja Django untuk pengelolaan basis data dan logika backend, pustaka Leaflet.js untuk visualisasi peta interaktif, serta MySQL sebagai sistem manajemen basis data.

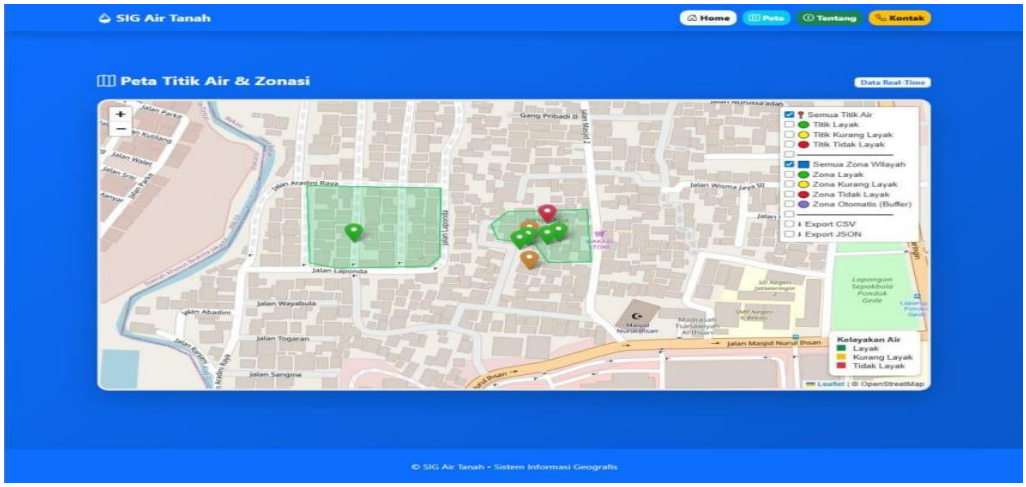
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

4.1 Hasil Implementasi Sistem

Hasil perancangan diimplementasikan menjadi sebuah SIG berbasis web yang terdiri atas dua modul utama, yaitu modul admin dan modul publik. Modul admin menyediakan fungsi pengelolaan data titik air, data zona kelayakan, serta dokumentasi foto survei melalui antarmuka backend yang hanya dapat diakses setelah proses login. Modul publik menyediakan akses langsung tanpa login bagi masyarakat untuk melihat peta interaktif, informasi detail tiap titik sampel, serta mengirim pesan melalui halaman kontak.

Gambar 2 menunjukkan tampilan peta utama sistem, yang memvisualisasikan sebaran titik sampel air tanah beserta zona kelayakan di wilayah Kelurahan Jatiwaringin.

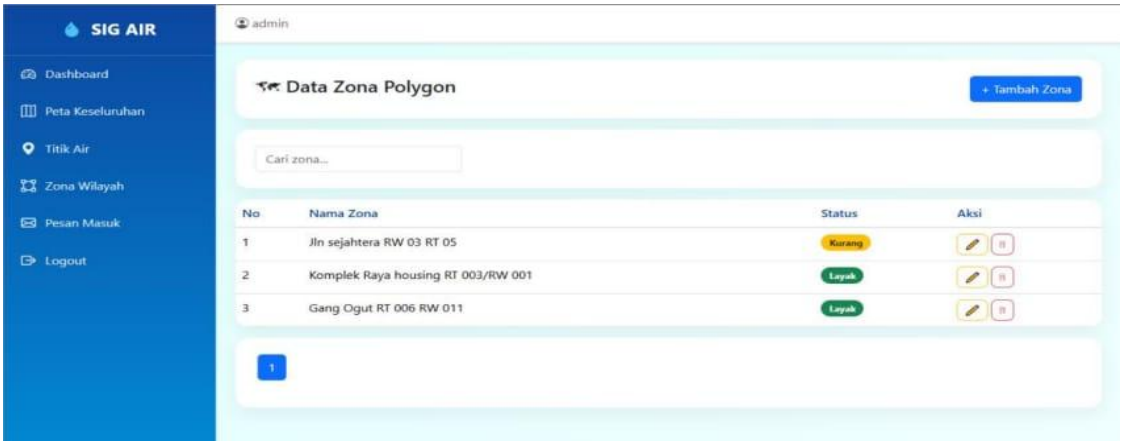


Gambar 2. Peta visualisasi kualitas air tanah

4.2 Klasifikasi dan Visualisasi Kualitas Air Tanah

Data kualitas air tanah yang diperoleh dari survei lapangan warna, bau, rasa, kekeruhan, nilai Total Dissolved Solids (TDS), dan hasil uji elektrolisa diolah sistem menjadi tiga kategori kelayakan: layak, kurang layak, dan tidak layak. Setiap kategori direpresentasikan dengan warna berbeda pada peta, yaitu hijau untuk layak, kuning untuk kurang layak, dan merah untuk tidak layak, baik pada marker titik sumur maupun polygon zona wilayah.

Pendekatan klasifikasi berbasis warna ini memudahkan pengguna awam memahami kondisi air tanah tanpa perlu menafsirkan data numerik secara langsung. Gambar 2 menunjukkan tampilan antarmuka pengelolaan zona kelayakan pada sisi admin, sementara Gambar 3 menunjukkan tampilan peta pada sisi pengguna umum.



Gambar 3. Halaman zona kelayakan (admin)

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

4.3 Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan menggunakan metode Black Box Testing terhadap seluruh fungsi utama sistem, mencakup autentikasi admin, pengelolaan data titik air, pengelolaan zona kelayakan, impor/ekspor data, serta akses pengguna umum. Ringkasan hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Pengujian Black Box

No.	Fungsi yang Diuji	Jumlah Skenario	Hasil
1	Login admin	2	Sesuai harapan
2	Pengelolaan data titik air	6	Sesuai harapan
3	Pengelolaan zona kelayakan	6	Sesuai harapan
4	Impor dan ekspor data (PDF/Excel)	4	Sesuai harapan
5	Akses pengguna umum	2	Sesuai harapan
6	Ekspor data titik air (JSON/CSV)	6	Sesuai harapan

Dari 24 skenario pengujian yang dijalankan pada seluruh fungsi sistem, keseluruhan skenario menunjukkan hasil sesuai harapan, sehingga sistem dinyatakan layak digunakan sebagai media informasi kualitas air tanah berbasis lokasi.

4.4 Pembahasan

Dibandingkan dengan penelitian Susanto dkk. yang menghasilkan peta zonasi kualitas air tanah namun belum berbentuk sistem WebGIS interaktif [1], penelitian ini memperluas pendekatan tersebut hingga tahap implementasi sistem yang dapat diakses publik secara daring. Berbeda dari penelitian Li dkk. dan Ahmed dkk. yang berfokus pada kualitas air permukaan [2], [5], penelitian ini secara khusus menyasar air tanah pada skala kelurahan cakupan yang belum dibahas secara eksplisit pada penelitian Prabowo dan Kusuma [4]. Sementara itu, jika penelitian Firmansyah dan Nurhadi menggunakan interpolasi spasial IDW untuk menggambarkan distribusi kualitas air tanpa sistem interaktif [3], penelitian ini melangkah lebih jauh dengan menyediakan mekanisme klasifikasi kelayakan yang divisualisasikan langsung pada peta digital berbasis web.

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada integrasi antara proses klasifikasi kualitas air tanah berbasis parameter lapangan dengan visualisasi spasial interaktif pada tingkat kelurahan, sehingga masyarakat dapat memperoleh informasi kelayakan air tanah secara cepat dan mudah dipahami tanpa memerlukan keahlian teknis dalam membaca data mentah.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis web untuk memetakan kualitas air tanah di Kelurahan Jatiwaringin. Sistem mampu mengintegrasikan data spasial berupa koordinat titik sumur dengan data non-spasial berupa parameter kualitas air, serta menyajikannya dalam bentuk peta digital interaktif yang memuat titik sampel dan zona kelayakan.

Proses klasifikasi kualitas air tanah berdasarkan parameter warna, bau, rasa, kekeruhan, nilai TDS, dan hasil uji elektrolisa berhasil diterapkan ke dalam tiga kategori kelayakan - layak, kurang layak, dan tidak layak yang divisualisasikan menggunakan perbedaan warna hijau, kuning, dan merah pada peta, sehingga masyarakat dapat memahami kondisi air tanah di lokasi mereka secara cepat dan visual. Hasil pengujian Black Box Testing menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama sistem, baik pada sisi admin maupun pengguna umum, berjalan sesuai rancangan, sehingga sistem dinyatakan layak digunakan sebagai media informasi kualitas air tanah berbasis lokasi. Pembaruan data kualitas air pada sistem ini dapat dilakukan admin sewaktu-waktu melalui fitur pengelolaan data titik air dan zona kelayakan, meskipun pembaruan tersebut masih bersifat manual dan belum terjadwal otomatis.

Pengembangan lebih lanjut disarankan untuk menambahkan parameter kualitas air yang lebih lengkap seperti pH dan kandungan logam berat melalui pengujian laboratorium, memperluas cakupan pemetaan ke wilayah lain di luar Kelurahan Jatiwaringin, menambahkan fitur pemantauan berkala (time series) untuk menganalisis perubahan kualitas air dari waktu ke waktu, serta mengintegrasikan perangkat Internet of Things (IoT) agar hasil pengukuran dapat tersimpan secara otomatis tanpa input manual.

Ucapan Terima Kasih

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing atas bimbingan selama penelitian ini berlangsung, serta kepada pihak Kelurahan Jatiwaringin atas izin dan bantuan yang diberikan selama proses survei dan pengumpulan data lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Susanto, D. Rahman, and L. Putri. "Groundwater Quality Assessment Using GIS and Multi-Criteria Evaluation." Journal of Environmental Geoinformatics, 2022
[2] H. Li, Y. Zhang, and X. Wang. "WebGIS-Based Water Quality Monitoring System for Urban Communities." International Journal of Geo-Information, 2021.
[3] R. Firmansyah and B. Nurhadi. "Spatial Distribution Analysis of Groundwater Quality in Bekasi." Jurnal Teknik Lingkungan Indonesia, 2023.
[4] A. Prabowo and R. Kusuma. "Development of Web-Based GIS for Water Quality Information System." Jurnal Sistem Informasi, 2021.
[5] M. Ahmed, A. Hassan, and S. Ali. "WebGIS for Surface Water Quality Mapping Using Leaflet and OpenStreetMap." Environmental Monitoring Journal, 2022.
[6] R. Stair and G. Reynolds. Principles of Information Systems. 13th ed. Boston, MA: Cengage Learning, 2020.
[7] A. Dennis, B.H. Wixom, and D. Tegarden. Systems Analysis and Design: An Object-Oriented Approach with UML. 6th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2021.
[8] R. McLeod and G. Schell. Management Information Systems. Boston, MA: Pearson, 2021.
[9] K.C. Laudon and J.P. Laudon. Management Information Systems: Managing the Digital Firm. 16th ed. Boston, MA: Pearson, 2020.
[10] P.A. Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire, and D.W. Rhind. Geographic Information Systems and Science. 5th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2021.
[11] ESRI. "What is GIS?" Internet: www.esri.com, 2023.
[12] K.T. Chang. Introduction to Geographic Information Systems. 9th ed. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2022.
[13] M.P. Peterson. GIS Cartography: A Guide to Effective Map Design. 3rd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2020.
[14] World Health Organization, Guidelines for Drinking-water Quality, 4th ed. Geneva: WHO Press, 2022.
[15] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan. Jakarta: Kemenkes RI, 2023.