

STUDI PEMANTAUAN KUALITAS AIR PADA SUMBER AIR UNTUK MENILAI POTENSI PENCEMARAN AIR DI DESA UMBULAN KABUPATEN PASURUAN MENGGUNAKAN *INTERNET OF THINGS* (IOT)

Adam Bagas Saputra¹, Anita Rahmawati², Gilang Ramadan Kololikiye³

¹ Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
E-mail : sagabadam@gmail.com

² Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
E-mail : anita.rahmawati@unisma.ac.id

³ Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
E-mail : gilangft@unisma.ac.id

ABSTRACT

Umbulan Spring, located in Pasuruan Regency, East Java, is one of the largest springs in Indonesia, characterized by a very high discharge and serving as a primary raw water source for clean water supply systems. The potential of the spring can be assessed based on both its quantity and water quality. However, its water quality remains vulnerable to pollution resulting from human activities within the catchment area and along the distribution channel. This study aims to monitor the water quality of the Umbulan Spring channel to assess its potential for pollution based on chosen parameters. An Internet of Things (IoT)-based monitoring system was employed to measure temperature, turbidity, pH, dissolved oxygen (DO), and discharge, with reference to the drinking water quality standards stipulated in the Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia No. 2 of 2023. The temperature sensor validation produced a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 3.83%, indicating good measurement accuracy. The results of the water quality assessment showed no evidence of pollution that caused the measured parameters to exceed the established drinking water quality standards during the study period.

Keywords: *water quality, Internet of Things (IoT), water quality monitoring, pollution potential, Umbulan Spring.*

1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu sumber daya geologi yang memiliki peranan penting dalam menunjang kehidupan makhluk hidup. Sebagai pelarut universal, air mampu melarutkan dan mengangkut berbagai unsur maupun senyawa yang terdapat pada media yang dilaluinya. Sifat tersebut menyebabkan kualitas air sangat dipengaruhi oleh kondisi geologi dan lingkungan sekitarnya. Oleh karena itu, apabila air mengandung unsur atau senyawa yang bersifat toksik dan melebihi ambang batas yang diperbolehkan, konsumsi air tersebut berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia [4]. Mata air merupakan salah satu sumber air bersih yang penting karena berasal dari pelepasan air tanah

melalui akuifer ke permukaan. Kualitas air mata air umumnya relatif baik akibat proses filtrasi alami selama pergerakan air di dalam lapisan bawah permukaan, sehingga lebih terlindungi dari pengaruh pencemaran yang berasal dari aktivitas di permukaan [6].

Mata air Umbulan yang terletak di Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, merupakan salah satu mata air terbesar di Indonesia dengan debit yang cukup tinggi yaitu, 4,600 l/detik dan dimanfaatkan sebagai sumber air baku untuk sistem penyediaan air bersih di berbagai kota besar seperti Surabaya, Sidoarjo, Pasuruan, Gresik, dan Pandaan. Selain berfungsi sebagai sumber air bersih, mata air juga dimanfaatkan sebagai sumber air baku untuk produksi air minum dalam kemasan

(AMDK) dan sebagai penyedia pasokan air baku bagi Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) di Provinsi Jawa Timur [5].

Berdasarkan uantitas mata air dapat dievaluasi berdasarkan besarnya debit air yang dihasilkan untuk menilai kemampuan sumber tersebut dalam memenuhi kebutuhan air masyarakat. Sementara itu, kualitas mata air ditentukan melalui analisis berbagai parameter fisik, kimia, dan biologi yang terkandung di dalam air sesuai dengan standar kualitas air yang berlaku [1]. Parameter kualitas air umumnya dikelompokkan menjadi parameter fisik, kimia, dan biologi. Parameter fisik meliputi bau, warna, dan suhu. Parameter kimia mencakup derajat keasaman (pH), kesadahan, nitrat, nitrit, besi, fluorida, sulfat, serta kandungan zat organik. Sementara itu, parameter biologi meliputi keberadaan *Escherichia coli* dan Total Coliform sebagai indikator pencemaran mikrobiologis [3].

Kualitas air harus senantiasa dipantau secara berkala untuk mengetahui sejauh mana kondisi air masih sesuai dengan standar yang ditetapkan. Pemerintah Indonesia telah menetapkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang menjelaskan tentang baku mutu air berdasarkan kelas peruntukannya. Namun, keberadaan dan kualitas mata air tetap rentan terhadap pencemaran akibat aktivitas manusia di sekitar daerah tangkapan air dan sepanjang saluran distribusinya.

Salah satu sumber utama pencemaran air berasal dari aktivitas pertanian, terutama limbah peternakan dan penggunaan pupuk yang mengandung nitrogen serta fosfor dalam konsentrasi tinggi. Masuknya senyawa tersebut ke badan air, khususnya perairan tergenang seperti danau dan waduk, dapat meningkatkan kandungan nutrisi secara berlebihan sehingga memicu proses eutrofikasi. Kondisi ini mendorong pertumbuhan mikroorganisme dan alga secara tidak terkendali (*algal bloom*), termasuk genus *Microcystis*, yang berpotensi menurunkan kualitas air dan mengganggu keseimbangan ekosistem perairan [2].

2. TINJAUAN PUSTAKA

Mata air merupakan fenomena alami berupa keluarnya air tanah dari akuifer menuju permukaan tanah melalui rekahan, pori-pori batuan, atau jalur aliran lainnya. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Pasal 1 ayat (2), sumber air didefinisikan sebagai tempat atau wadah alami dan/atau buatan yang berada pada, di atas, maupun di bawah permukaan tanah yang menjadi tempat keberadaan air. Dalam konteks hidrogeologi, mata air berasal dari air tanah yang tersimpan pada lapisan batuan jenuh air (akuifer) dan mengalir ke permukaan akibat pengaruh kondisi geologi serta perbedaan tekanan hidrolik [8].

Sumber pencemar menyebar (*non-point source pollution*) merupakan jenis pencemaran air yang tidak memiliki lokasi sumber yang spesifik dan sulit ditentukan secara pasti. Pencemaran ini umumnya berasal dari limpasan permukaan akibat aktivitas domestik maupun buangan yang terbawa dari wilayah hulu. Besarnya beban pencemar dari sumber menyebar tidak dapat diukur secara langsung, sehingga diperlukan pendekatan berbasis metode statistik, pemodelan, atau analisis lainnya untuk memperkirakan kontribusi pencemar yang masuk ke badan air [9].

Klasifikasi mutu air dibedakan menjadi empat kelas berdasarkan peruntukan dan persyaratan kualitas air. Kelas satu merupakan air yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber air baku untuk keperluan air minum. Kelas dua mencakup air yang diperuntukkan bagi kegiatan rekreasi air, sarana dan prasarana rekreasi, serta pemanfaatan lain yang memiliki persyaratan mutu air yang setara. Kelas tiga merupakan air yang dapat digunakan untuk kegiatan budidaya ikan air tawar, peternakan, dan/atau irigasi pertanian. Sementara itu, kelas empat adalah air yang diperuntukkan terutama untuk kebutuhan pengairan tanaman serta pemanfaatan lain dengan standar kualitas air yang sejenis [7].

Metode *Internet of Things* (IoT) yang dirancang untuk melakukan pengukuran beberapa parameter kualitas air secara otomatis dan dapat dipantau secara *real-time*. Sistem ini memanfaatkan sensor sebagai

perangkat input untuk mendeteksi kondisi air, mikrokontroler sebagai pusat pengolahan data, serta media komunikasi sebagai sarana pengiriman data menuju platform pemantauan.

Parameter air dibagi menjadi 4 yaitu parameter fisik, parameter kimia, parameter mikrobiologi, dan parameter radioaktif. Penelitian ini menggunakan parameter yang ditentukan berdasarkan *Internet Of Things* (IoT) yakni suhu, turbiditas, ph, DO dan debit.

Tabel 1. Parameter Fisika-Kimia

No	Jenis Parameter	Kadar Maksimum	Satuan
1.	ph	6,5 – 8,5	-
2.	Suhu		°C
3.	DO	20	mg/L
4.	Turbiditas	5	NTU

Parameter fisik adalah parameter air yang dapat diindra, baik dengan indra penglihatan, indra penciuman dan indra perasa. Sedangkan untuk parameter kimia adalah parameter yang harus melakukan uji laboratorium untuk mengetahui kandungan kimia atau zat

berbahaya yang mungkin ada dalam kandungan air.

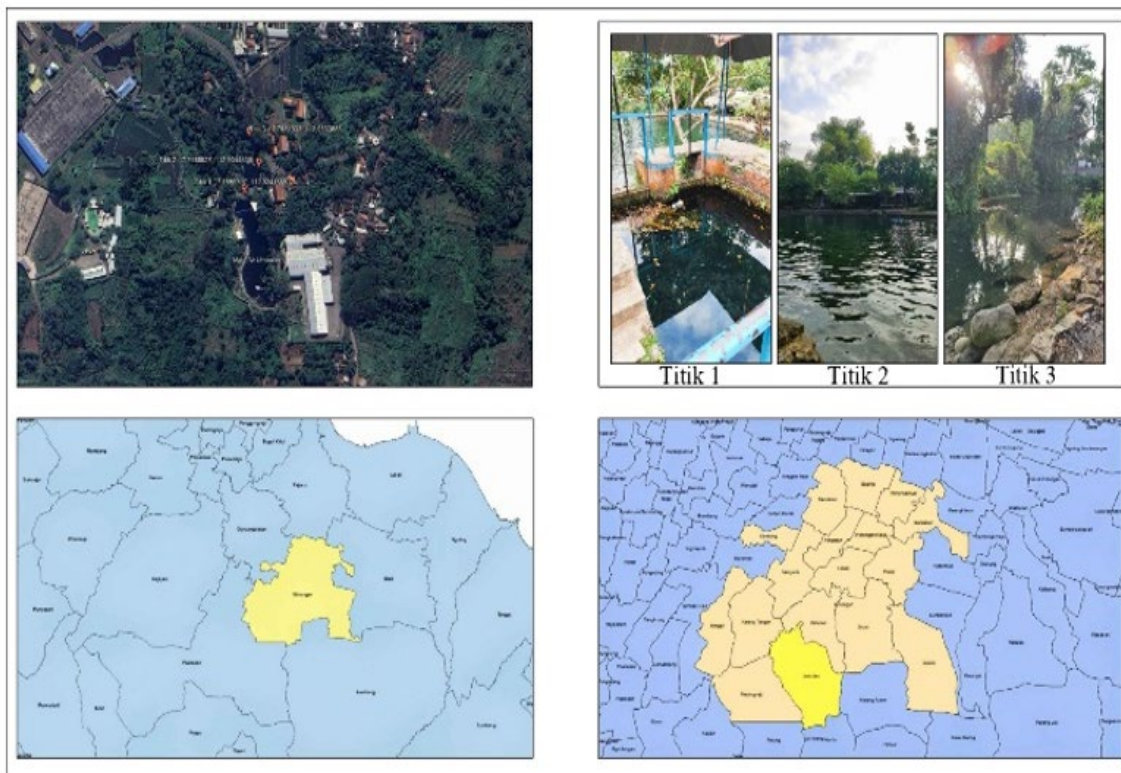
3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di area Sumber Mata Air Umbulan yang terletak di Dusun Mulyorejo lor, Umbulan, Kecamatan Winongan, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Kota Pasuruan memiliki luas 36,58 Km².

3.2 Data , Alat , dan Bahan

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peta dasar lokasi penelitian, koordinat titik pengambilan sampel, serta nilai parameter kualitas air. Peta dasar yang digunakan terdiri atas citra Google Earth dan peta batas administrasi Kabupaten Pasuruan dalam format shapefile (SHP), yang berfungsi sebagai acuan dalam penyajian dan analisis spasial Peta dasar yang digunakan adalah Citra Google Earth Tahun 2025 hasil digitasi dan SHP Pasuruan Tahun 2023. Koordinat titik sample ditentukan berdasarkan titik di Google Maps yang ada di Handphone. Sedangkan nilai parameter air didapatkan dari hasil pengukuran di lapangan secara real - time.



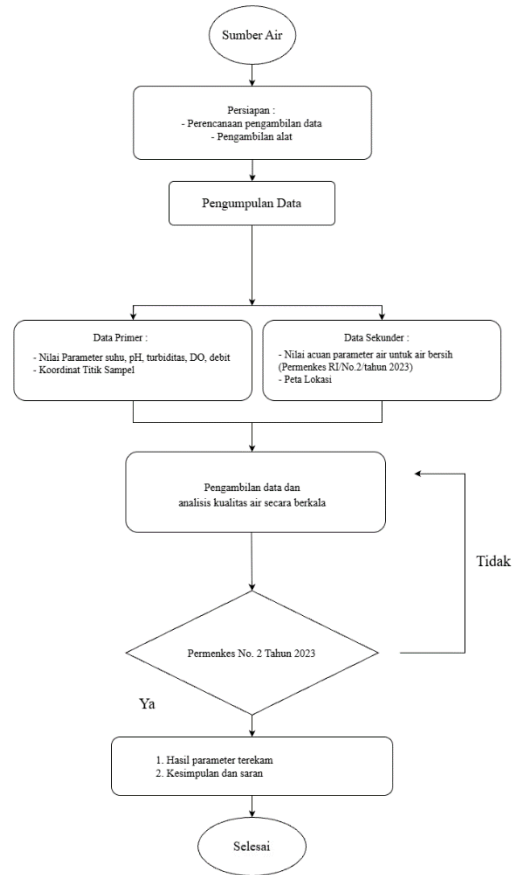
Gambar 1. Lokasi Penelitian

Parameter air yang dipantau adalah parameter yang ditentukan berdasarkan sensor *Internet Of Things* (IoT) yaitu suhu, turbiditas, pH, DO dan debit. Parameter tersebut merupakan parameter yang termasuk dalam kategori parameter wajib sesuai baku mutu menurut Permenkes No. 2 Tahun 2023.

Tabel 2. Daftar Alat & Bahan

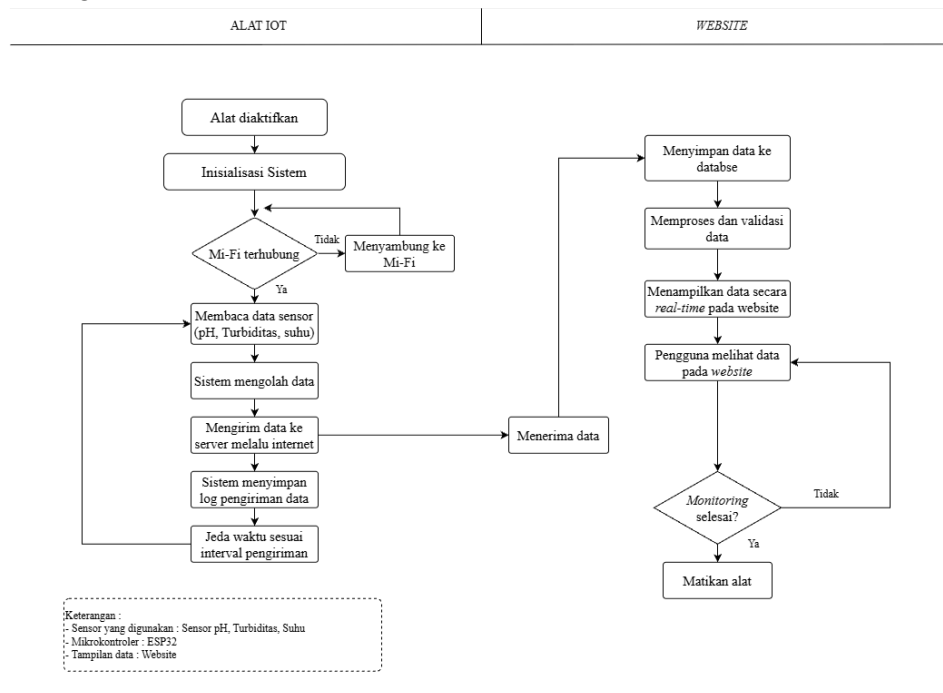
Nama Alat & Bahan	Fungsi
Tripod	Dudukan alat
Kertas lakmus	Mengukur pH
Termometer	Mengukur suhu air saat pengambilan data
Handphone	Menentukan lokasi pengambilan sampel air dan dokumentasi
Alat tulis	Menulis data lapangan
Mikrokontroler	Tanda sampel air
Sensor pH	Mengukur pH air
Sensor turbiditas	Mengukur tingkat kekeruhan air
Sensor suhu	Mengukur suhu air
Meteran	Mengukur lebar saluran, kolam, dan Sungai
Modem	Mengirim data ke web

3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan alir penelitian.

3.4 Bagan Alir IoT



Gambar 2. Bagan Alir IoT

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pemantauan Parameter Kualitas Air Menggunakan IoT

Hasil pengukuran parameter pH, dan turbiditas menggunakan sistem IoT disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Pemantauan Parameter Kualitas Air Menggunakan IoT

Hari	Waktu	Suhu (°C)	pH	Turbiditas (NTU)	DO (mg/L)
1.	08.15-09.15	24.27°C	7.31	2.22	-
	12.27-13.27	23.89°C	7.30	2.19	-
	15.35-16.35	23.33°C	7.30	2.19	-
2.	08.40-09.40	24.25°C	7.31	2.22	-
	13.18-14.18	23.79°C	7.30	2.20	-
	15.00-16.00	23.32°C	7.30	2.19	-
3.	08.35-09.35	24.24°C	7.32	2.22	-
	13.20-14.20	24.25°C	7.31	2.21	-
	16.00-17.00	23.58°C	7.30	2.20	-

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan IoT, nilai pH menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan air. Nilai pH yang berada dalam rentang baku mutu menunjukkan bahwa air memiliki kondisi kimia yang stabil dan sesuai untuk dimanfaatkan sesuai dengan peruntukannya. Sementara itu, nilai turbiditas menunjukkan jumlah partikel tersuspensi yang menyebabkan air menjadi keruh. Semakin tinggi nilai turbiditas, maka semakin besar jumlah partikel yang terdapat di dalam air. Nilai debit menunjukkan ketersediaan aliran air pada sumber air, di mana debit yang relatif stabil menggambarkan kontinuitas sumber air yang baik.

4.2 Hasil Perhitungan Parameter Kualitas Air

Selain pengukuran secara langsung menggunakan IoT, penelitian ini juga melakukan pengujian manual terkait suhu, pH, debit air dan persentase kesalahan sensor secara manual. Untuk perhitungan persentase kesalahan sensor dan debit, menggunakan rumus, lalu lakmus serta termometer untuk pH dan suhu air. Hasil tersebut disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Parameter Kualitas Air

	Debit(m³/s)	Suhu(°C)	pH
Titik 1	1.116,28 m³/s	24°C	7
Titik 2	11.170,88 m³/s	26 °C	7
Titik 3	847,87 m³/s	24.5 °C	7

Tabel 5. Perhitungan Persentase Error

No	Sensor Suhu	Nilai Referensi	Error Absolut	Error (%)
1	24.27	24,83	0,56	2,26
2	23.89	24,83	0,94	3,79
3	23.33	24,83	1,50	6,04
4	24.25	24,83	0,58	2,34
5	23.79	24,83	1,04	4,19
6	23.32	24,83	1,51	6,08
7	24.24	24,83	0,59	2,38
8	24.25	24,83	0,58	2,34
9	23.58	24,83	1,25	5,03

Rumus perhitungan Persentase Error:

$$Error (\%) = \left(\frac{sensor_i - referensi_i}{referensi_i} \right) \times 100\%$$

Jumlah error :

$$2,26 + 3,79 + 6,04 + 2,34 + 4,19 + 6,08 + 2,38 + 2,34 + 5,03 = 34,45$$

$$\text{Sehingga : } \frac{34,45}{9} = 3,83\%$$

Sensor suhu memiliki nilai persentase sebesar 3,83% terhadap nilai referensi 24,83 °C yang diperoleh dari rata-rata hasil pengukuran termometer air raksa pada tiga titik pengamatan. Nilai persentase yang berada di bawah 5% menunjukkan bahwa sensor suhu memiliki tingkat akurasi yang baik dan mampu memberikan hasil pengukuran yang mendekati nilai referensi.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor pH

No	Sensor pH	Baku Mutu	Keterangan
1.	7,31	6,5 – 8,5	Memenuhi
2.	7,30	6,5 – 8,5	Memenuhi
3.	7,30	6,5 – 8,5	Memenuhi
4.	7,31	6,5 – 8,5	Memenuhi
5.	7,30	6,5 – 8,5	Memenuhi
6.	7,30	6,5 – 8,5	Memenuhi
7.	7,32	6,5 – 8,5	Memenuhi
8.	7,31	6,5 – 8,5	Memenuhi
9.	7,30	6,5 – 8,5	Memenuhi

Tabel 7. Hasil Pengujian Sensor Turbiditas

No.	Sensor pH	Baku Mutu	Keterangan
1.	2,22	5 NTU	Memenuhi
2.	2,19	5 NTU	Memenuhi
3.	2,19	5 NTU	Memenuhi
4.	2,22	5 NTU	Memenuhi
5.	2,20	5 NTU	Memenuhi
6.	2,19	5 NTU	Memenuhi
7.	2,22	5 NTU	Memenuhi
8.	2,21	5 NTU	Memenuhi
9.	2,20	5 NTU	Memenuhi

Untuk parameter pH dan turbiditas, penelitian ini tidak melakukan uji akurasi menggunakan MAPE karena tidak tersedia alat pembanding yang sesuai. Oleh karena itu, hasil pengukuran dibandingkan dengan baku mutu kualitas air yang digunakan sebagai acuan untuk menilai apakah hasil pengukuran memenuhi standar yang berlaku. Berdasarkan hasil pengukuran, nilai pH berada di sekitar 7,30–7,32, sedangkan nilai turbiditas berada pada kisaran 2,19–2,22 NTU. Nilai turbiditas masih berada di bawah batas baku mutu 5 NTU, sehingga memenuhi standar kualitas air untuk parameter tersebut.

Perhitungan Debit air

Rumus yang digunakan dalam penelitian ini :

A = Luas Penampang Saluran

V = Kecepatan Aliran Air

Q = Debit

Dimana

A = Lebar $\times$ Kedalaman

V = Jarak $\div$ Waktu

$Q = A \times V$

Titik 1 :

Ketinggian air : 135

$A = 323 \times 135 = 43.605 \text{ m}^2$

$V = 2 \div 78 = 0,26 \text{ m/s}$

$Q = A \times V = 43.605 \times 0,26 = 1.116,28 \text{ m}^3/\text{s}$

Titik 2 :

Ketinggian air : 133

$A = 2727 \times 133 = 362.691 \text{ m}^2$

$V = 2 \div 65 = 0,3 \text{ m/s}$

$Q = A \times V = 362.691 \times 0,3 = 11.170,88 \text{ m}^3/\text{s}$

Titik 3 :

Ketinggian air : 89

$A = 874 \times 89 = 77.786 \text{ m}^2$

$V = 2 \div 184 = 0,010 \text{ m/s}$

$Q = A \times V = 77.786 \times 0,010 = 847,87 \text{ m}^3/\text{s}$

Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh, setiap parameter dapat dibandingkan dengan nilai baku mutu kualitas air yang berlaku.

4.3 Analisi Status Mutu Air

Analisis status mutu air dilakukan dengan membandingkan seluruh hasil pengukuran dan perhitungan terhadap baku mutu kualitas air yang telah ditetapkan. Faktor-faktor yang berpotensi memengaruhi kualitas air pada lokasi penelitian antara lain aktivitas masyarakat di sekitar sumber air, keberadaan area pertanian, sistem pembuangan limbah domestik, serta kondisi sanitasi lingkungan. Apabila ditemukan parameter yang melebihi baku mutu, maka kondisi tersebut menunjukkan adanya indikasi tekanan lingkungan yang perlu mendapatkan perhatian lebih lanjut.

4.4 Pembahasan Pengaruh Penggunaan Sistem IoT Dalam Pemantauan Kualitas Air

Penggunaan sistem IoT dalam penelitian ini memberikan kemudahan dalam proses pemantauan kualitas air secara langsung dan berkelanjutan. Sistem ini mampu memberikan informasi kondisi parameter pH, debit, dan turbiditas secara cepat tanpa harus melakukan pengukuran secara manual secara berulang. Penerapan teknologi IoT dalam pemantauan sumber air memiliki potensi yang besar untuk mendukung pengelolaan sumber daya air yang lebih efektif. Data yang diperoleh secara real-time dapat menjadi dasar dalam pengambilan keputusan terkait upaya perlindungan sumber air dan pencegahan terjadinya pencemaran.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil pengukuran parameter kualitas air yang meliputi suhu, pH, turbiditas, debit, serta hasil perhitungan parameter Dissolved Oxygen (DO), serta kualitas air Mata Air Umbulan masih memenuhi persyaratan kualitas air minum,

dengan hasil pengujian sensor mean MAPE 3,83%. Sehingga belum ditemukan indikasi pencemaran yang menyebabkan menurunnya kualitas air.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan hasil yang telah diperoleh, penelitian selanjutnya dapat menggunakan alat yang lebih akurat seperti pH meter digital, turbidimeter, dan DO meter, sehingga proses validasi hasil pengukuran dapat dilakukan dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi. Serta dapat menambah jumlah titik pengambilan sampel dan memperpanjang periode pengamatan, sehingga mendapatkan hasil perubahan kualitas air.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aurilia, M., Santoso, D., & Sungkowo, A. (2021). Analisis Karakteristik dan Kualitas Mata Air di Desa Redin , Kecamatan Gebang , Air menjadi salah satu kebutuhan pokok bagi masyarakat . Selain digunakan untuk minum , air juga dimanfaatkan untuk keperluan domestik , MCK , irigasi , ternak , dan sebagainya. *Jurnal Ilmiah Lingkungan Kebumihan*, 3(2), 1–12.
- [2] Ayu, M. H. (2015). Pemantauan Kualitas Fisiko-Kimia Air Di Saluran Mata Air Nyolo Desa Ngenep Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang (Vol. 16, Issue 2).
- [3] Faisal, M., & Atmaja, D. M. (2019). Kualitas Air Pada Sumber Mata Air Di Pura Taman Desa Sanggalangit Sebagai Sumber Air Minum Berbasis Metode Storet. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 7(2), 74–84. <https://doi.org/10.23887/jjpg.v7i2.20691>
- [4] Nipu, L. P. (2022). Penentuan Kualitas Air Tanah sebagai Air Minum dengan Metode Indeks Pencemaran. *Magnetic: Research Journal of Physics and It's Application*, 2(1), 106–111.
- [5] Rahmawati, A., & Wiranto. (2025). Interpolasi Kriging Di Kecamatan Winongan. 14(2), 1–8.
- [6] Saputro, E. A., Kusuma, M. R., & Bobsaid, A. A. (2022). Pemetaan Potensi Sumber Mata Air Di Desa Giripurno, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. *Jurnal ENMAP.*, 3(1), 29–33. <https://doi.org/10.23887/em.v3i1.46215>
- [7] Kemenkes. (2023). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 2 Tahun 2023*
- [8] Udin, Hamrul, H., & Mansyur, M. F. (2021). Prototype Sistem Monitoring Kekeruhan Sumber Mata Air Berbasis Internet of Things. *Journal of Applied Computer Science and Technology*, 2(2), 66–72. <https://doi.org/10.52158/jacost.v2i2.219>
- [9] Salsabila, N. F., Raharjo, M., & Joko, T. (2023). Indeks Pencemaran Air Sungai dan Persebaran Penyakit yang Ditularkan Air (Waterborne Diseases): Suatu Kajian Sistematis. *Environmental Occupational Health and Safety Journal*, 4(1), 24. <https://doi.org/10.24853/eohjs.4.1.24-34>