

Analisis Kualitas Air Umbul Brintik, Kabupaten Klaten, Berdasarkan Parameter Fisika, Kimia dan Biologi dalam Mendukung Pengembangan Pariwisata Berkelanjutan

Rheno Ruswandari^{1*} dan Mochamad Arief Budiharjo²

¹Magister Ilmu Lingkungan, Program Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro, 50241 Semarang, Indonesia

²Departement Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

*e-mail korespondensi: rhenurowandari@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Diterima : 24 Oktober 2025
Disetujui : 29 November 2025
Terbit Online : 30 November 2025

Kata Kunci:

Kualitas air,
Pariwisata berkelanjutan,
Higiene dan sanitasi,
Baku mutu.

ABSTRAK

Kualitas air merupakan faktor utama dalam mendukung keberlanjutan destinasi wisata berbasis sumber daya perairan. Kualitas air menentukan kenyamanan, keamanan, dan kesehatan wisatawan sekaligus menjaga fungsi ekologis destinasi. Umbul Brintik yang berada di Kabupaten Klaten, merupakan salah satu mata air alami yang dimanfaatkan untuk kegiatan rekreasi dan terapi air, sehingga perubahan kualitas air dapat berdampak pada daya tarik dan keberlanjutan fungsi wisatanya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air Umbul Brintik berdasarkan parameter fisika, kimia, dan biologi, serta menilai kesesuaiannya dengan baku mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi menurut Permenkes Nomor 2 Tahun 2023. Pengambilan sampel dilakukan pada 21 dan 22 Juni 2025 di titik *outflow* kolam utama pada tiga periode waktu (05.00, 09.00, dan 17.00) menggunakan metode *grab sampling* untuk mempresentasikan variasi aktivitas wisata. Berdasarkan hasil pengujian secara langsung dan laboratorium nilai parameter fisika seperti suhu, TDS, kekeruhan, dan warna serta parameter kimia seperti pH, nitrat, nitrat dan logam berat (Cr6+ , Fe, dan Mn) tidak mengalami perubahan yang signifikan dan menunjukkan bahwa seluruh parameter masih berada jauh di bawah ambang batas baku mutu. Selain itu berdasarkan parameter biologi, tidak ditemukannya *E.coli* dan *Coliform*. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa Umbul Brintik memiliki kualitas air yang sangat baik, stabil, dan bebas kontaminasi, didukung oleh debit air yang konstan serta sirkulasi alami yang efektif. Temuan ini menjadi pembantuan penting karena menunjukkan hubungan langsung antara aktivitas wisata dan ketahanan kualitas air pada mata air alami yang dikelola berbasis masyarakat. Dengan demikian, Umbul Brintik layak dikategorikan sebagai mata air alami yang aman untuk aktivitas rekreasi dan terapi air, serta memiliki potensi tinggi untuk dikembangkan sebagai pariwisata berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki berbagai macam sumber daya alam dan kebudayaan yang menjadi keunggulan dalam sektor pariwisata. Potensi tersebut mendorong berkembangnya pariwisata alam sebagai salah satu segmen penting dalam industri pariwisata Indonesia. Pariwisata alam saat ini menjadi salah satu tren utama dalam industri pariwisata, semenjak periode *new normal* setelah pandemi COVID-19, seiring meningkatnya minat wisatawan untuk mencari pengalaman yang lebih dekat dengan keindahan dan ketenangan alam (Gunawan & Rachim, 2022). Fenomena ini perlu diimbangi dengan penerapan prinsip pariwisata berkelanjutan guna menghindari kerusakan lingkungan dan memastikan keberlanjutan destinasi (Sørensen & Grindsted, 2021). Pariwisata

berkelanjutan menekankan keseimbangan antara aspek lingkungan, sosial dan ekonomi agar manfaatnya dapat dirasakan dalam jangka panjang (UNTWO, 2025). Budeanu et al., (2015) menjelaskan bahwa pariwisata berkelanjutan tidak hanya berorientasi pada keuntungan ekonomi saja, namun juga berperan sebagai sarana transformasi sosial dan lingkungan menuju masyarakat yang lebih sadar terhadap keberlanjutan.

Wisata berbasis sumber daya air, baik berupa danau, sungai, maupun mata air, menawarkan keunikan ekologi sekaligus fungsi sosial-ekonomi (Budeanu et al., 2015). Wisata berbasis air memanfaatkan potensi sumber daya perairan sebagai daya tarik utama (Rahmat et al., 2023; Campón-Cerro et al., 2020). Dalam ranah pariwisata berbasis air, keberlanjutan menjadi aspek krusial sebab sumber daya air tidak sekedar

menjadi media rekreasi, namun juga elemen ekologis yang sensitif sehingga memerlukan pengaturan dan pengelolaan yang baik agar sistem air tidak mengalami depleksi atau degradasi kualitas (Zhu, 2023). Kualitas air yang baik pada destinasi wisata air umumnya ditandai oleh kondisi fisik, kimia dan biologi yang memenuhi standar baku mutu sesuai peruntukannya. Berdasarkan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023, kondisi fisik air harus jernih, tidak berbau dan memiliki suhu yang stabil sesuai dengan kondisi alami lingkungan, sedangkan secara kimia, parameter seperti pH harus netral (6,5-8,5), kadar total padatan terlarut (TDS), nitrit, nitrat serta logam berat berada di bawah ambang batas baku mutu. Secara biologi, tidak terdapat mikroorganisme patogen seperti *E. coli* dan *Coliform*. Kondisi fisik, kimia, dan biologi perairan tidak hanya memengaruhi kenyamanan dan kesehatan wisatawan, tetapi juga menentukan kelestarian ekosistem yang menjadi daya tarik utama destinasi tersebut (Suharyono & Digdowiseiso, 2021; Ramadhan et al., 2023).

Umbul Brintik merupakan salah satu bentuk pariwisata berbasis air yang terletak di Dusun Brintik, Desa Malangjiwan, Kecamatan Kebonarum, Kabupaten Klaten. Umbul Brintik berupa kolam pemandian alami dengan air yang jernih dan sejuk, serta sejak lama dipercaya memiliki khasiat bagi kesehatan sehingga sering dimanfaatkan sebagai tempat terapi air. Dalam perkembangannya, saat ini pengelolaan Umbul Brintik dilakukan oleh BUMDes Sumber Makmur sebagai destinasi wisata lokal berbasis masyarakat, yang turut memberikan manfaat ekonomi bagi warga melalui keterlibatan dalam pengelolaan dan pelayanan wisata. Berdasarkan Laporan Keuangan BUMDes Sumber Makmur tahun 2020-2024, jumlah kunjungan wisatawan meningkat pesat dari 47.558 orang pada tahun 2020 menjadi 276.204 orang pada tahun 2024, dengan rata-rata kunjungan 300 pengunjung per hari dan mencapai 2.500 orang saat akhir pekan. Jika dibandingkan dengan Umbul lain di Kabupaten Klaten, Umbul Brintik memiliki karakteristik yang khas sebagai destinasi “wisata terapi air” yang dikelola oleh Badan Usaha Milik Desa (BUMDes). Karakteristik tersebut menunjukkan potensi yang kuat bagi Umbul Brintik untuk diarahkan menjadi destinasi ekowisata berbasis sumber daya air di kawasan yang dikenal sebagai “Kota 1001 Umbul”.



Gambar 1. Grafik Peningkatan Jumlah Pengunjung Umbul Brintik dari Tahun 2020 - 2024

Keberlanjutan Umbul Brintik sebagai destinasi wisata berbasis air sangat ditentukan oleh kualitas airnya. Namun, hingga saat ini kajian tentang kualitas air di Umbul Brintik masih terbatas, sehingga belum dapat dipastikan apakah kondisi airnya sudah memenuhi standar fisika, kimia, dan biologi sesuai dengan ketentuan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor. 2 Tahun 2023 tentang Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 mengenai Kesehatan Lingkungan. Selain itu, belum terdapat penelitian yang secara eksplisit mengaitkan hasil analisis kualitas air dengan implikasinya terhadap pengembangan pariwisata berkelanjutan.

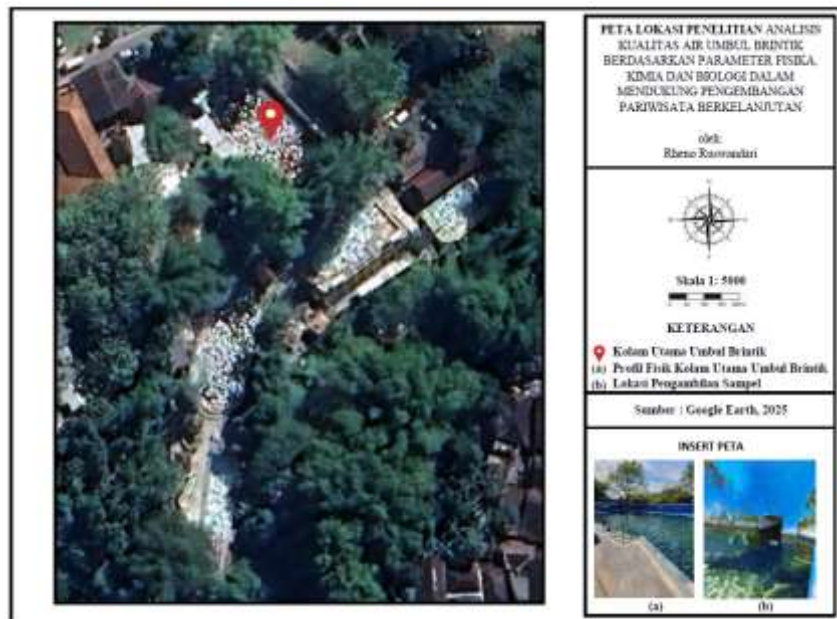
Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air di Umbul Brintik dengan melihat parameter fisika, kimia, dan biologi, serta menilai kesesuaiannya dengan baku mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi sebagaimana tercantum dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023. Standar ini dipilih karena memiliki parameter yang lebih lengkap dan ketat, sehingga dapat memberikan jaminan yang lebih baik terhadap kenyamanan, keamanan, dan kesehatan pengunjung. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah untuk menilai kelayakan Umbul Brintik sebagai destinasi wisata berbasis air, sekaligus untuk mendukung pengembangan Umbul Brintik sebagai pariwisata berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Umbul Brintik, Kabupaten Klaten, pada tanggal 22 hingga 23 Juni 2025. Pemilihan waktu tersebut bertujuan untuk merepresentasikan kondisi kualitas air pada hari kerja dan akhir pekan, karena perbedaan intensitas kunjungan wisatawan pada kedua periode tersebut dapat memengaruhi dinamika kualitas perairan.

Lokasi pengambilan sampel ditentukan secara *purposive sampling* pada titik *outflow*

kolam utama (kolam terapi). Titik ini dipilih karena air yang keluar dari kolam dianggap mewakili kondisi keseluruhan kolam setelah terpapar aktivitas wisatawan, sehingga dinilai paling representatif untuk mendeteksi perubahan kualitas air. Pemilihan titik strategis seperti ini sejalan dengan pendapat Ardila et al., (2024) yang menekankan pentingnya lokasi sampling yang mampu menggambarkan potensi degradasi kualitas air secara akurat.



Gambar 2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Sampel air diambil menggunakan metode *grab sampling* pada area *outflow* dalam tiga periode waktu yang berbeda, yaitu pagi (± 05.00 , pra-aktivitas wisata), siang (± 09.00 , saat aktivitas wisata berlangsung), dan sore (± 17.00 , pasca-aktivitas wisata). Pendekatan temporal ini digunakan untuk menangkap variasi harian (diurnal) kualitas air akibat aktivitas wisatawan. Penelitian Zhang et al., (2012) menunjukkan bahwa parameter fisik dan kimia air dapat mengalami fluktuasi signifikan dalam siklus harian, sehingga pendekatan waktu ini relevan untuk mendeteksi dinamika tersebut.

Proses pengambilan sampel air mengacu pada SNI 06-2414-1991 tentang Tata Cara Pengambilan Contoh Air Permukaan. Sebelum digunakan, botol sampel dicuci terlebih dahulu dengan air dari sumber yang sama. Pengambilan air dilakukan berlawanan arah aliran dan diisi hingga penuh tanpa menyisakan udara di dalam botol. Dua jenis wadah

digunakan, yaitu botol kaca steril untuk parameter biologi dan botol plastik (jirigen) berkapasitas 1 liter untuk pengujian parameter fisika dan kimia.

Pengukuran kualitas air dilakukan dengan kombinasi metode *in situ* dan *eks situ* (laboratorium). Pengukuran *in situ* dilakukan langsung di lapangan untuk memperoleh data aktual yang belum mengalami perubahan akibat penyimpanan, sedangkan analisis *eks situ* dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat (Labkesmas) Yogyakarta guna menjamin ketepatan hasil pengujian.

Analisis Data

Data kualitas air dianalisis secara deskriptif berdasarkan parameter fisika, kimia, dan biologi, kemudian dibandingkan dengan baku mutu yang ditetapkan dalam

Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 menggunakan metode STORET. Baku mutu yang digunakan pada penelitian ini adalah baku mutu air untuk keperluan higene dan sanitasi.

Tabel 1. Parameter Air untuk Kepertuan Higene dan Sanitasi Menurut Permenkes Nomor 2 Tahun 2023

No.	Jenis Parameter	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Satuan
Mikrobiologi			
1	<i>Escheriha coli</i>	0	CFU/100ml
2	<i>Total Coliform</i>	0	CFU/100ml
Fisik			
3	Suhu	Suhu udara ± 3	$^{\circ}\text{C}$
4	<i>Total Disolve Solid (TDS)</i>	<300	mg/L
5	Kekeruhan	<3	NTU
6	Warna	10	TCU
7	Bau	Tidak berbau	-
Kimia			
8	pH	6.5 - 8.5	-

No.	Jenis Parameter	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Satuan
9	Nitrat	20	mg/L
10	Nitrit	3	mg/L
11	Kromium valensi 6 (Cr^{6+})	0.01	mg/L
12	Besi (Fe)	0.2	mg/L
13	Mangan (Mn) terlarut	0.1	mg/L

HASIL DAN PEMBAHASAN

Umbul Brintik merupakan salah satu mata air di Kabupaten Klaten yang digunakan sebagai destinasi wisata berbasis masyarakat. Mengingat pemanfaatannya untuk rekreasi air, termasuk kegiatan terapi air oleh pengunjung, maka kualitas air perlu dianalisis secara menyeluruh. Pada penelitian ini, pengujian air menggunakan parameter untuk keperluan higene dan sanitasi. Parameter-parameter yang diujikan meliputi parameter fisika, kimia dan biologi. Hasil uji pengujian air Umbul Brintik dapat dilihat pada Tabel. 2

Tabel 2. Hasil Pengujian Air Umbul Brintik

No.	Parameter	Minggu, 22 Juni 2025			Senin, 23 Juni 2025		
		5:00	9:00	17:00	5:00	9:00	17:00
A. Fisika							
1	Suhu	24.4°C	25.8 °C	25.5 °C	24 °C	24.9 °C	25 °C
2	TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>)	100	102	100	102	103	102
3	Kekeruhan	0.3	0.4	0.4	0.4	0.8	0.5
4	Warna	<1	<1	<1	<1	<1	<1
B. Kimia							
5	pH	7.26	7.75	8.2	7.87	8.1	8.2
6	Nitrat (Sebagai NO3 terlarut)	4.2	4.17	4.22	4.24	4.24	4.22
7	Nitrit (Sebagai NO2 terlarut)	<0.0314	<0.0314	<0.0314	<0.0314	<0.0314	<0.0314
8	Kromium Valensi 6 (Cr ⁶⁺) terlarut)	<0.0066	<0.0066	<0.0066	<0.0066	<0.0066	<0.0066
9	Besi (Fe) terlarut	<0.0168	<0.0168	<0.0168	<0.0168	<0.0168	<0.0168
10	Mangan (Mn) terlarut	<0.0098	<0.0098	<0.0098	<0.0098	<0.0098	<0.0098
C. Biologi							
11	<i>Coliform</i>	0	0	0	0	0	0
12	<i>E.coli</i>	0	0	0	0	0	0

Tabel 3. Perbandingan Rata-rata Hasil Pengujian Kualitas Air Umbul Brintik dengan Baku Mutu (Permenkes Nomor 2 Tahun 2023)

No.	Parameter	Mata Air Umbul Brintik	Baku Mutu
A. Fisika			
1	Suhu	24.9 °C	±3 °C
2	TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>)	102 mg/L	<300 mg/L
3	Kekeruhan	0.5 NTU	<3 NTU
4	Warna	<1 TCU	10 TCU
B. Kimia			
5	pH	7.9	6.5 - 8.5
6	Nitrat (Sebagai NO ₃)	4.22 mg/L	20 mg/L
7	Nitrit (Sebagai NO ₂)	<0.0314 mg/L	3 mg/L

Tabel 2), suhu air Umbul Brintik berkisar antara 24,0–25,8 °C, dengan pola yang konsisten: rendah pada pagi hari, meningkat pada siang hari, lalu sedikit menurun kembali sore hari. Peningkatan suhu pada siang hari dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang tinggi, dimana energi radiasi yang terserap oleh air diubah menjadi panas dan menyebabkan kenaikan suhu (Shinohara et al., 2021; Smirnov et al., 2022). Selain faktor radiasi, suhu juga dipengaruhi oleh kondisi udara sekitar dan aktivitas pengunjung yang menyebabkan pergerakan air, sehingga mempercepat proses pencampuran dan penyerapan panas, seperti yang dijelaskan oleh Lorenzo-González et al.,

Tabel 2) menunjukkan bahwa nilai TDS (*Total Dissolved Solid*) air di Umbul Brintik selama dua hari pengamatan tergolong stabil, dengan kisaran antara 100 hingga 103 mg/L dan berada jauh dibawah baku mutu kualitas air untuk keperluan higiene dan sanitasi. Perbedaan nilai antar waktu pengamatan sangat kecil, menandakan bahwa kandungan zat terlarut di dalam air tidak banyak berubah, baik karena pengaruh suhu harian maupun aktivitas pengunjung. Sedikit peningkatan nilai TDS pada siang hari kemungkinan disebabkan oleh naiknya suhu dan proses pencampuran air

8	Kromium Valensi 6 (Cr ⁶⁺)	<0.0066 mg/L	0.01 mg/L
9	Besi (Fe)	<0.0168 mg/L	0.2 mg/L
10	Mangan (Mn)	<0.0098 mg/L	0.1 mg/L
C. Biologi			
11	Coliform	0 CFU/100ml	0 CFU/100ml
12	E.coli	0 CFU/100ml	0 CFU/100ml

Kondisi Air Umbul Brintik Parameter Fisika

Berdasarkan pengujian secara langsung dan laboratorium didapatkan bahwa kondisi fisik mata air Umbul Brintik memiliki nilai dibawah baku mutu atau tidak melampaui baku mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi.

Suhu

Berdasarkan hasil pengujian (2023) dimana suhu perairan dapat dipengaruhi oleh faktor alami dan faktor antropogenik. Selain itu, pada sore hari, suhu air Umbul Brintik mengalami penurunan. Hal ini dapat terjadi karena intensitas cahaya matahari mulai menurun dan air melepaskan panas ke atmosfer sehingga menyebabkan penurunan suhu permukaan menjelang malam hari (Tau et al., 2025). Stabilitas suhu di Umbul Brintik berkontribusi pada kenyamanan wisatawan yang memanfaatkan air untuk rekreasi maupun terapi.

TDS (*Total Dissolved Solid*)

Hasil pengujian (

yang mempercepat pelarutan mineral alami (Adjovu et al., 2023). Sementara itu, penurunan kembali pada sore hari terjadi karena suhu air mulai menurun dan kondisi ion di dalam air kembali stabil. Stabilitas nilai TDS ini erat kaitannya dengan kondisi hidrologis Umbul Brintik yang memiliki debit air konstan dan aliran keluar (*outflow*) yang terus mengalir, sehingga air mengalami pergantian secara berkelanjutan. Pergantian massa air tersebut mencegah terjadinya akumulasi zat terlarut dan menjaga keseimbangan proses pelarutan dan pengendapan mineral, sebagaimana dijelaskan dalam studi hidrogeokimia bahwa sistem mata air

dengan aliran kontinu cenderung memiliki nilai TDS yang stabil karena terjadi pencampuran dan sirkulasi alami air tanah (Zhuo et al., 2025; Chalise et al., 2023). Dengan demikian, meskipun terdapat aktivitas pengunjung, TDS di Umbul Brintik tetap berada dalam kisaran rendah dan jauh di bawah ambang batas baku mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi sehingga kualitas air dapat dikategorikan sangat baik dan stabil.

Kekeruhan

Umbul Brintik memiliki nilai kekeruhan berkisar antara 0.3 – 0.8 NTU, yang menunjukkan kondisi perairan sangat jernih dan berada jauh di bawah ambang batas baku mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi. Secara temporal, kekeruhan terendah terjadi pada pagi hari ketika air masih tenang, sedangkan nilai tertinggi terukur pada siang hari, diduga akibat meningkatnya aktivitas pengunjung yang menyebabkan pengadukan partikel dasar kolam. Kegiatan rekreasi air seperti berenang atau pergerakan lainnya di dalam air, dapat menyebabkan resuspensi sedimen halus sehingga meningkatkan kekeruhan (Shinkareva et al., 2024; Butler et al., 2021). Menurunnya nilai kekeruhan pada sore hari menandakan proses pengendapan kembali partikel setelah intensitas aktivitas berkurang. Perbedaan nilai yang kecil antar hari menunjukkan bahwa aliran air yang terus bergerak di Umbul Brintik mampu menjaga kejernihan air secara alami. Hal ini membuat kualitas visual perairan tetap jernih dan nyaman, sehingga cocok untuk kegiatan rekreasi maupun terapi air.

Warna

Nilai warna air di Umbul Brintik menunjukkan hasil <1 TCU pada seluruh waktu pengukuran, baik pada hari kerja maupun akhir pekan. Hasil ini menandakan bahwa kondisi perairan Umbul Brintik berada dalam keadaan sangat jernih tanpa adanya pengaruh signifikan dari bahan organik terlarut, logam, maupun aktivitas pengunjung. Warna air yang sangat rendah menunjukkan bahwa proses pelarutan bahan organik di perairan masih dalam batas alami dan tidak dipengaruhi oleh aktivitas antropogenik (Efendi, 2003). Berdasarkan baku mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi (Permenkes Nomor 2 Tahun 2023) dengan ambang batas maksimum 50 TCU, nilai ini menunjukkan bahwa kualitas visual air Umbul Brintik sangat baik dan sesuai untuk aktivitas rekreasi serta terapi air.

Parameter Kimia

Parameter kimia seperti pH diuji secara langsung menggunakan pH meter, sedangkan parameter lainnya seperti Nitrat, Nitrit, Cr^{6+} , Fe dan Mn diuji di laboratorium. Berdasarkan hasil pengujian parameter kimia, air Umbul Brintik menunjukkan kondisi yang baik dan stabil, dengan seluruh nilai pengukuran berada di bawah ambang batas baku mutu untuk keperluan higiene dan sanitasi.

pH

Nilai pH air Umbul Brintik berkisar antara 7.26 - 8.20, menunjukkan kondisi netral hingga sedikit basa yang masih sesuai dengan baku mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi yakni 6.5–8.5 (Permenkes Nomor 2 Tahun 2023). Fluktuasi pH dari pagi ke sore hari mencerminkan pola perubahannilai pH (pola diurnal) secara umum dalam perairan alami, di mana respirasi organisme pada malam hingga pagi hari menghasilkan CO_2 sehingga pH cenderung lebih rendah dan proses fotosintesis pada siang hari menyerap CO_2 , menyebabkan peningkatan pH (Lowe et al., 2019). Selain pengaruh alami, aktivitas antropogenik seperti penggunaan tabir surya, atau kosmetik oleh pengunjung mempengaruhi kualitas perairan, melalui efek toksisitas dan potensi perubahan komposisi kimia air (Schafft et al., 2021; Yuan et al., 2022), yang turut menaikkan pH air sementara. Namun, karena Umbul Brintik memiliki debit dan sirkulasi air yang cukup baik, efek antropogenik tersebut cepat terdispersi dan tidak memicu perubahan pH yang signifikan secara keseluruhan. Dengan demikian, pola fluktuasi pH di Umbul Brintik menunjukkan bahwa sistem mata air masih mampu mengendalikan gangguan kimia akibat aktivitas manusia.

Nitrat dan Nitrit

Nitrat (NO_3^-) dan Nitrit (NO_2^-) menjadi parameter yang berperan penting sebagai indikator kandungan unsur hara sekaligus penanda potensi pencemaran organik di suatu perairan. Kadar nitrat (NO_3^-) di Umbul Brintik tercatat antara 4,17–4,24 mg/L, sedangkan nitrit (NO_2^-) berada di bawah batas deteksi, yaitu kurang dari 0,0314 mg/L pada semua waktu pengamatan. Hasil ini menunjukkan bahwa kandungan unsur hara di Umbul Brintik masih tergolong rendah dan stabil, tanpa adanya perubahan yang signifikan antar waktu maupun hari, serta masih berada dalam kisaran alami untuk perairan tawar. Rendahnya konsentrasi nitrat ini

menunjukkan minimnya masukan senyawa nitrogen dari aktivitas antropogenik di sekitar lokasi, seperti limbah domestik atau pertanian (Efendi, 2003; Rahman, 2024). Sementara itu, kadar nitrit yang berada di bawah batas deteksi menunjukkan bahwa proses nitrifikasi berlangsung sempurna, di mana amonia teroksidasi sepenuhnya menjadi nitrat tanpa menimbulkan akumulasi senyawa antara yang bersifat toksik (Boyd, 2020). Selain itu berdasarkan baku mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi pada Permenkes Nomor 2 Tahun 2023, kadar nitrat dan nitrit ini jauh di bawah ambang batas, sehingga kualitas kimia air Umbul Brintik dikategorikan sangat baik dan aman untuk keperluan higiene dan rekreasi.

Logam Berat (Cr^{6+} , Fe, Mn)

Hasil pengujian logam berat menunjukkan bahwa kadar Kromium Valensi Enam (Cr^{6+}) di Umbul Brintik berada di bawah 0,0066 mg/L, sedangkan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) masing-masing di bawah 0,0168 mg/L dan 0,0098 mg/L pada seluruh waktu pengamatan. Logam berat (Cr^{6+} , Fe dan Mn) menjadi parameter kimia penting dalam penilaian kualitas air, karena keberadaannya dalam konsentrasi tinggi dapat menimbulkan dampak toksik bagi organisme perairan maupun kesehatan manusia (Singh et al., 2023). Rendahnya kadar logam berat di Umbul Brintik ini sejalan dengan penelitian Karadeniz et al., (2024) dimana mata air alami umumnya memiliki kadar Fe, Mn, dan Cr di bawah ambang batas kesehatan karena proses pelarutan mineral berlangsung alami dan tidak dipengaruhi oleh limbah industri. Selain itu perairan dengan debit tinggi dan sirkulasi baik memiliki kemampuan self-purification yang efektif dalam menekan akumulasi logam berat di kolam air (Noormohammadi et al., 2025). Dengan demikian, kondisi Umbul Brintik mencerminkan sistem hidrologi yang bersih dan terlindung, serta memenuhi kriteria air aman untuk keperluan higiene maupun rekreasi.

Parameter Biologi

Parameter biologi seperti *Escherichia coli* dan *Coliform* digunakan menunjukkan tingkat kebersihan air serta potensi adanya kontaminasi dari bahan-bahan yang berasal dari kotoran manusia atau hewan (Efendi, 2003).

Bakteri *E. coli* dan *Coliform*

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar *Coliform* dan *Escherichia coli* (*E. coli*) pada semua waktu pengambilan sampel di Umbul Brintik adalah 0 atau tidak terdeteksi dalam 100 mL air. Temuan ini menunjukkan bahwa tidak ada tanda-tanda kontaminasi fekal, baik dari manusia maupun hewan. Selain itu, sistem aliran air di Umbul Brintik yang terus bergerak juga membantu menjaga sirkulasi tetap baik, sehingga mencegah berkembangnya mikroorganisme patogen di dalam air. Pada sistem mata air alami faktor-faktor seperti laju aliran air, ukuran pori akuifer, suhu, dan ketersediaan nutrien menentukan sejauh mana mikroba dapat bermigrasi dan bertahan (Frank et al., 2022; Bagordo et al., 2024), dalam hal ini tingginya debit air Umbul Brintik dan alirannya yang konstan, menyebabkan peluang mikroorganisme bertahan hidup lebih rendah karena kondisi fisik air tidak mendukung perkembangan bakteri patogen. Berdasarkan baku mutu, batas maksimum untuk parameter biologi pada air yang digunakan untuk keperluan higiene dan sanitasi adalah *E. coli* = 0 per 100 mL. Karena hasil pengujian di Umbul Brintik memenuhi ketentuan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa air di kolam utama Umbul Brintik aman digunakan untuk kegiatan rekreasi maupun terapi air. Kondisi ini juga menunjukkan bahwa ekosistem di sekitar mata air masih bersih dan terjaga dengan baik.

Secara keseluruhan, hasil analisis fisika, kimia, dan biologi menunjukkan bahwa kualitas air di Umbul Brintik tergolong sangat baik dan stabil. Semua parameter yang diuji — seperti suhu, TDS, kekeruhan, pH, nitrat, nitrit, logam berat, serta indikator mikrobiologi (*E. coli* dan *Coliform*) — berada jauh di bawah batas baku mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi yang ditetapkan dalam Permenkes Nomor 2 Tahun 2023. Hal ini menggambarkan bahwa sistem hidrologi di Umbul Brintik memiliki aliran air yang konstan, sirkulasi yang baik, serta perlindungan alami dari potensi pencemaran kimia dan biologis. Dengan kondisi tersebut, Umbul Brintik dapat dikategorikan sebagai sumber air alami yang aman untuk kegiatan wisata air dan terapi, sekaligus memiliki potensi besar untuk terus dikembangkan dengan konsep pariwisata berkelanjutan dan ramah lingkungan di Kabupaten Klaten.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air di Umbul Brintik berada dalam kondisi sangat baik dan memenuhi seluruh baku mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi sebagaimana

tercantum dalam Permenkes Nomor 2 Tahun 2023. Seluruh parameter fisika (suhu, TDS, kekeruhan, dan warna), kimia (pH, nitrat, nitrit, dan logam berat Cr^{6+} , Fe, Mn), serta biologi (E. coli dan Coliform) berada jauh di bawah ambang batas yang ditetapkan, menunjukkan bahwa sistem hidrologi Umbul Brintik masih alami, bersirkulasi baik, dan terlindungi dari pengaruh antropogenik. Kondisi ini menegaskan bahwa air Umbul Brintik aman digunakan untuk kegiatan rekreasi maupun terapi air, serta berpotensi besar dikembangkan sebagai destinasi wisata berbasis air yang berkelanjutan. Untuk menjaga dan meningkatkan kualitas tersebut, diperlukan pengelolaan berkelanjutan melalui pemantauan rutin kualitas air, pembatasan aktivitas yang berisiko menimbulkan pencemaran, serta edukasi bagi pengunjung agar turut menjaga kebersihan dan kelestarian lingkungan mata air sebagai bagian dari penerapan prinsip pariwisata berkelanjutan di Kabupaten Klaten.

DAFTAR PUSTAKA

- Adjovu, G. E., Stephen, H., James, D., & Ahmad, S. (2023). Measurement of Total Dissolved Solids and Total Suspended Solids in Water Systems: A Review of the Issues, Conventional, and Remote Sensing Techniques. *Remote Sensing*, 15(14), 3534. <https://doi.org/10.3390/rs15143534>
- Ardila, A., Rodriguez, M. J., & Pelletier, G. (2024). Optimizing sampling location for water quality degradation monitoring in distribution systems: Assessing global representativeness and potential health risk. *Journal of Environmental Management*, 365, 121505. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121505>
- Bagordo, F., Brigida, S., Grassi, T., Caputo, M. C., Apollonio, F., De Carlo, L., Savino, A. F., Triggiano, F., Turturro, A. C., De Donno, A., Montagna, M. T., & De Giglio, O. (2024). Factors Influencing Microbial Contamination of Groundwater: A Systematic Review of Field-Scale Studies. *Microorganisms*, 12(5), 913. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12050913>
- Boyd, C. E. (2020). *Water Quality*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-23335-8>
- Budeanu, A., Miller, G., Moscardo, G., & Ooi, C.-S. (2015). Sustainable Tourism, Progress, Challenges and Opportunities: Introduction to this Special Volume. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.027>
- Butler, B., Pearson, R. G., & Birtles, R. A. (2021). Water-quality and ecosystem impacts of recreation in streams: Monitoring and management. *Environmental Challenges*, 5, 100328. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100328>
- Campón-Cerro, A. M., Di-Clemente, E., Hernández-Mogollón, J. M., & Folgado-Fernández, J. A. (2020). Healthy Water-Based Tourism Experiences: Their Contribution to Quality of Life, Satisfaction and Loyalty. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6), 1961. <https://doi.org/10.3390/ijerph17061961>
- Chalise, B., Paudyal, P., Kunwar, B. B., Bishwakarma, K., Thapa, B., Pant, R. R., & Neupane, B. B. (2023). Water quality and hydrochemical assessments of thermal springs, Gandaki Province, Nepal. *Heliyon*, 9(6), e17353. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17353>
- Efendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan*. Kanisius.
- Frank, S., Fahrmeier, N., Goeppert, N., & Goldscheider, N. (2022). High-resolution multi-parameter monitoring of microbial water quality and particles at two alpine karst springs as a basis for an early-warning system. *Hydrogeology Journal*, 30(8), 2285–2298. <https://doi.org/10.1007/s10040-022-02556-8>
- Gunawan, H., & Rachim, S. (2022). Preferensi Pemilihan Daerah Tujuan Wisata oleh Wisatawan Masa Pandemi Covid-19 di Jawa Barat. *Jurnal Kepariwisata: Destinasi, Hospitalitas Dan Perjalanan*, 6(2), 273–284. <https://doi.org/10.34013/jk.v6i2.710>
- Karadeniz, S., Ustaoglu, F., Aydın, H., & Yüksel, B. (2024). Toxicological risk assessment using spring water quality indices in plateaus of Giresun Province/Türkiye: a holistic hydrogeochemical data analysis. *Environmental Geochemistry and Health*, 46(8), 285. <https://doi.org/10.1007/s10653-024-02054-8>

- Lorenzo-González, M. A., Quílez, D., & Isidoro, D. (2023). Factors controlling the changes in surface water temperature in the Ebro River Basin. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 47(March), 101379. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101379>
- Lowe, A. T., Bos, J., & Ruesink, J. (2019). Ecosystem metabolism drives pH variability and modulates long-term ocean acidification in the Northeast Pacific coastal ocean. *Scientific Reports*, 9(1), 963. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37764-4>
- Noormohammadi, A., Mokhtari, A., Vosoughi, M., Dargahi, A., & Fazlzadeh, M. (2025). Investigating the concentration of heavy metals and their health risk assessment in the water resources of northwestern Iran. *Applied Water Science*, 15(8), 187. <https://doi.org/10.1007/s13201-025-02550-x>
- Rahman, A. (2024). Analisa Kualitas Air Danau Laut Tawar Berdasarkan Parameter Fisikokimia. *JOURNAL SYNTAX IDEA*, 6(12).
- Rahmat, A. F., El Archi, Y., Putra, M. A., Benbba, B., Mominov, S., Liudmila, P., Issakov, Y., Kabil, M., & Dávid, L. D. (2023). Pivotal Issues of Water-Based Tourism in Worldwide Literature. *Water*, 15(16), 2886. <https://doi.org/10.3390/w15162886>
- Ramadhan, G., Sukhragchaa, A., & Sarkar, T. (2023). Evaluation of Visitor Responses to Lake Sipin Tourism Services. *Journal Evaluation in Education (JEE)*, 4(4), 175–182. <https://doi.org/10.37251/jee.v4i4.949>
- Schafft, M., Wegner, B., Meyer, N., Wolter, C., & Arlinghaus, R. (2021). Ecological impacts of water-based recreational activities on freshwater ecosystems: a global meta-analysis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 288(1959), 20211623. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1623>
- Shinkareva, G., O'Reilly, C. M., & Perry, W. L. (2024). Seasonal and diurnal variations in turbidity in midwestern freshwater streams. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 56(April), 102044. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.102044>
- Shinohara, R., Tanaka, Y., Kanno, A., & Matsushige, K. (2021). Relative impacts of increases of solar radiation and air temperature on the temperature of surface water in a shallow, eutrophic lake. *Hydrology Research*, 52(4), 916–926. <https://doi.org/10.2166/nh.2021.148>
- Singh, V., Singh, N., Rai, S. N., Kumar, A., Singh, A. K., Singh, M. P., Sahoo, A., Shekhar, S., Vamanu, E., & Mishra, V. (2023). Heavy Metal Contamination in the Aquatic Ecosystem: Toxicity and Its Remediation Using Eco-Friendly Approaches. *Toxics*, 11(2), 147. <https://doi.org/10.3390/toxics11020147>
- Smirnov, S., Smirnovsky, A., Zdorovenova, G., Zdorovenov, R., Palshin, N., Novikova, I., Terzhevik, A., & Bogdanov, S. (2022). Water Temperature Evolution Driven by Solar Radiation in an Ice-Covered Lake: A Numerical Study and Observational Data. *Water*, 14(24), 4078. <https://doi.org/10.3390/w14244078>
- Sørensen, F., & Grindsted, T. S. (2021). Sustainability approaches and nature tourism development. *Annals of Tourism Research*, 91, 103307. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2021.103307>
- Suharyono, S., & Digdowiseiso, K. (2020). THE EFFECTS OF ENVIRONMENTAL QUALITY ON INDONESIA'S INBOUND TOURISM. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(1), 9–14. <https://doi.org/10.32479/ijeep.10526>
- Tau, G., Enzel, Y., McGowan, H., Lyakhovsky, V., & Lensky, N. G. (2025). Lake-water-temperature regulation under diurnal and annual cycles of environmental forcing, Agamon Hula, Israel. *Journal of Hydrology*, 658(August 2024), 133142. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.133142>
- UNTWO. (2025). *Sustainable development*. UN Tourism. <https://www.unwto.org/sustainable-development>
- Yuan, S., Huang, J., Jiang, X., Huang, Y., Zhu, X., & Cai, Z. (2022). Environmental Fate and Toxicity of Sunscreen-Derived Inorganic Ultraviolet Filters in Aquatic Environments: A Review. *Nanomaterials*, 12(4), 699. <https://doi.org/10.3390/nano12040699>
- Zhang, Q.-Q., Wang, X.-K., Hao, L.-L., Lu, F., Ouyang, Z.-Y., Hou, P.-Q., & Zhang, Y. (2012). Diurnal variation and evaluation of water quality in different seasons of Panxi River in Chongqing. *Huan Jing Ke Xue= Huanjing Kexue*, 33(7), 2251–2258.

- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23002598>
- Zhu, K. (2023). Impact of water-tourism-ecosystem nexus on the sustainable development of eco-city. *Water Supply*, 23(5), 2233–2247.
<https://doi.org/10.2166/ws.2023.123>
- Zhuo, L., Zhou, X., Zou, C., Wu, Y., Tao, G., Cheng, R., Wang, Y., & Ma, J. (2025). Hydrochemical Characteristics and Association of Hot Springs on Small-Scale Faults in Southern Yunnan-Tibet Geothermal Zone. *Water*, 17(10), 1481.
<https://doi.org/10.3390/w17101481>