

ANALISIS PENGARUH PENCEMARAN BELERANG TERHADAP SIFAT TERMAL DI PAMANDIAN AIR PANAS KALIANGET WONOSOBO MENGGUNAKAN PRINSIP FISIKA LINGKUNGAN

Neli Maghfiroh¹, Sofi Asiyah², and Nugroho Prasetya Adi³

¹Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Sains Al-Qur'an
e-mail: ¹nelimaghfiroh8@gmail.com

²Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Sains Al-Qur'an

³Dosen Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Sains Al-Qur'an
e-mail: ²asiyahsofi7@gmail.com, ³nugroho@unsiq.ac.id

Abstract

The Kalianget hot springs in Wonosobo, Central Java, is one of Indonesia's popular natural tourist destinations. This hot spring is known for its natural hot water source containing various minerals, particularly sulfur. This study aims to analyze the impact of sulfur pollution on the thermal properties of the Kalianget Hot Springs in Wonosobo using environmental physics principles. The method employed is a descriptive qualitative approach, including direct observation and interviews with managers and visitors. The results indicate that sulfur pollution significantly affects the temperature changes of the hot water, disrupting visitor comfort and damaging the natural processes in the hydrothermal system. Furthermore, this pollution also causes changes in the color and smell of the water and induces stress on plants around the hot springs. This study emphasizes the importance of better pollution management and collaboration between managers, visitors, and the community to maintain the sustainability of Kalianget Hot Springs as an environmentally friendly tourist destination.

Abstrak

Pemandian air panas Kalianget yang terletak di Wonosobo, Jawa Tengah, merupakan salah satu destinasi wisata alam yang populer di Indonesia. Pemandian ini dikenal karena sumber air panas alami yang mengandung berbagai mineral, terutama belerang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pencemaran belerang terhadap sifat termal di Pemandian Air Panas Kalianget Wonosobo dengan menggunakan prinsip fisika lingkungan. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif deskriptif, yang mencakup observasi langsung dan wawancara dengan pengelola serta pengunjung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pencemaran belerang berdampak signifikan terhadap perubahan suhu air panas yang mengganggu kenyamanan pengunjung, serta merusak proses alami dalam sistem hidrotermal. Selain itu, pencemaran ini juga menyebabkan perubahan warna dan bau air serta menimbulkan stres pada tanaman di sekitar pemandian. Penelitian ini menekankan pentingnya pengelolaan pencemaran yang lebih baik dan kolaborasi antara pengelola, pengunjung, dan masyarakat untuk menjaga keberlanjutan Pemandian Air Panas Kalianget sebagai destinasi wisata ramah lingkungan.

Keywords: Pemandian air panas; Pencemaran belerang; Sifat termal;

1. PENDAHULUAN

Pemandian air panas Kalianget yang terletak di Wonosobo, Jawa Tengah, merupakan salah satu

destinasi wisata alam yang populer di Indonesia. Pemandian ini dikenal karena sumber air panas alami yang mengandung berbagai mineral,

terutama belerang. Selain menarik wisatawan karena khasiat kesehatan yang ditawarkannya, pemandian ini juga menjadi perhatian ilmuwan untuk meneliti berbagai fenomena alam yang terkait dengan sifat fisik dan kimia air panasnya [1]. Namun, keberadaan belerang yang tinggi di dalam air panas tersebut memunculkan kekhawatiran terkait dampak pencemaran terhadap sifat termal air, yang dapat memengaruhi kenyamanan dan keamanan pengguna, serta efisiensi pemanfaatan energi geotermal.

Sumber pencemaran belerang di pemandian air panas Kalianget dapat berasal dari berbagai aktivitas alamiah dan antropogenik. Aktivitas vulkanik dan pelapukan batuan yang mengandung belerang adalah dua sumber alami utama. Aktivitas manusia, seperti penggunaan pupuk yang mengandung belerang dalam pertanian dan industri yang menghasilkan limbah belerang, juga berkontribusi pada peningkatan kadar belerang dalam air panas [2]. Senyawa belerang seperti hidrogen sulfida (H_2S) dan sulfur dioksida (SO_2) yang larut dalam air dapat mengubah sifat fisik dan kimia air, termasuk pH dan konduktivitas termal, yang pada gilirannya mempengaruhi dinamika termal air di pemandian. Proses ini memerlukan perhatian karena perubahan ini dapat berdampak pada kenyamanan dan keamanan pengguna serta efisiensi pemanfaatan energi geotermal. Dengan menggunakan prinsip fisika lingkungan, analisis dampak pencemaran belerang ini dapat membantu memahami dan mengelola perubahan termal di pemandian air panas, memastikan bahwa tempat ini tetap aman dan nyaman bagi pengunjung sambil menjaga keberlanjutan ekosistem setempat.

Pencemaran belerang yang tinggi dapat menurunkan pH air panas, membuatnya menjadi lebih asam, yang pada gilirannya dapat memengaruhi dua parameter penting yaitu kapasitas panas spesifik dan konduktivitas termal air [3]. Kapasitas panas spesifik adalah ukuran yang menunjukkan seberapa banyak energi yang diperlukan untuk menaikkan suhu air, sedangkan konduktivitas termal menentukan kecepatan perpindahan panas di dalam air. Ketika keasaman air meningkat akibat tingginya pencemaran belerang, kapasitas panas spesifik dan konduktivitas termal air dapat berubah. Perubahan ini dapat menyebabkan variasi suhu yang signifikan di dalam pemandian air panas, yang

dapat mempengaruhi kenyamanan dan keamanan para pengunjung. Selain itu, variasi suhu ini juga berpotensi mengurangi efisiensi pemanfaatan energi geotermal yang digunakan untuk berbagai keperluan lain, seperti pemanasan ruangan, produksi listrik, dan proses industri [4]. Oleh karena itu, dampak dari pencemaran belerang ini tidak hanya terbatas pada pengalaman pengunjung, tetapi juga pada aspek operasional dan efisiensi energi yang lebih luas.

Prinsip fisika lingkungan memberikan pendekatan yang menyeluruh untuk menganalisis dampak pencemaran belerang terhadap sifat termal air panas di Kalianget. Pendekatan ini melibatkan penerapan berbagai hukum fisika, termasuk hukum-hukum termodinamika, konduksi panas, dan dinamika fluida, yang semuanya digunakan untuk memodelkan dan memprediksi perubahan sifat termal air yang terkontaminasi belerang [5]. Sebagai contoh, hukum pertama termodinamika, yang dikenal sebagai hukum kekekalan energi, sangat penting dalam memahami bagaimana energi panas dipindahkan dan didistribusikan dalam sistem air panas yang terpengaruh oleh pencemaran belerang. Hukum ini menyatakan bahwa energi dalam sistem tertutup tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lain. Dengan demikian, ketika pemandian air panas tercemar oleh belerang, hukum ini membantu dalam memprediksi bagaimana panas akan berpindah dan bagaimana perubahan dalam konduktivitas termal dan kapasitas panas spesifik air yang tercemar akan memengaruhi distribusi panas keseluruhan [6]. Selain itu, prinsip konduksi panas menjelaskan mekanisme perpindahan panas melalui zat padat dan cair, sedangkan dinamika fluida memberikan wawasan tentang bagaimana pergerakan air yang tercemar dapat memengaruhi aliran panas dan distribusi suhu. Semua prinsip ini bersama-sama membentuk dasar untuk analisis komprehensif dan prediksi akurat mengenai dampak pencemaran belerang terhadap sifat termal air panas di Kalianget, yang pada akhirnya dapat membantu dalam mengelola dan memitigasi efek negatifnya.

Selain aspek fisik, pencemaran belerang juga memiliki dampak ekologis yang signifikan. Ketika belerang terlarut dalam air panas, hal ini dapat mengganggu keseimbangan ekosistem lokal dengan menurunkan pH air, sehingga membuatnya

lebih asam [7]. Banyak organisme air tawar yang sangat sensitif terhadap perubahan pH dan suhu, sehingga peningkatan keasaman dapat menyebabkan kerusakan serius pada habitat mereka. Dampak ini dapat mengakibatkan penurunan populasi spesies tertentu yang tidak mampu bertahan dalam kondisi yang lebih asam, yang pada gilirannya dapat mengganggu rantai makanan dan keseimbangan ekosistem secara keseluruhan [7]. Studi ini membantu dalam merumuskan strategi mitigasi yang efektif untuk mengurangi dampak negatif pencemaran belerang. Strategi tersebut mungkin mencakup pengelolaan limbah industri yang lebih baik, penggunaan teknologi filtrasi air yang canggih, atau upaya restorasi habitat alami. Dengan pendekatan yang komprehensif, kita dapat bekerja menuju solusi yang tidak hanya melindungi ekosistem lokal tetapi juga memastikan keberlanjutan sumber daya alam bagi generasi mendatang.

Pemantauan kualitas air secara berkala merupakan langkah penting dalam analisis fisika lingkungan. Dengan melakukan analisis terhadap konsentrasi belerang, para peneliti dapat mengidentifikasi tren pencemaran dan mengambil tindakan korektif sebelum dampaknya menjadi lebih parah. Pemantauan ini tidak hanya penting untuk mengamati perubahan jangka panjang tetapi juga untuk mengidentifikasi perubahan mendadak yang mungkin memerlukan respons segera. Teknologi sensor modern memungkinkan pemantauan yang lebih akurat dan real-time, menyediakan data yang sangat diperlukan untuk analisis mendalam. Adanya teknologi ini, data yang dikumpulkan dapat dianalisis dengan cepat, memungkinkan peneliti untuk memberikan respons yang tepat waktu terhadap perubahan kualitas air [8]. Dengan demikian, pemantauan kualitas air yang konsisten dan komprehensif menjadi fondasi penting dalam menjaga ekosistem air tetap sehat dan mencegah pencemaran yang lebih parah.

Pengetahuan tentang bagaimana belerang mempengaruhi suhu dan pH air panas memungkinkan pembuat kebijakan untuk menetapkan batasan emisi yang lebih ketat dan langkah-langkah mitigasi yang lebih akurat. Selain itu, temuan ini juga dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan program pemantauan kualitas air yang lebih komprehensif dan sistem peringatan dini yang mampu mendeteksi perubahan kondisi air

secara real-time. Dengan demikian, kebijakan yang dihasilkan akan lebih informatif dan berbasis data, sehingga lebih efektif dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Ini sangat penting untuk memastikan bahwa sumber daya alam seperti pemandian air panas di Kalianget dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan tanpa mengorbankan kesehatan ekosistem dan kesejahteraan masyarakat yang bergantung pada sumber daya ini. Pada akhirnya, studi ini tidak hanya memberikan kontribusi besar pada literatur ilmiah, tetapi juga menyediakan dasar yang kuat untuk pengelolaan lingkungan yang lebih baik dan berkelanjutan, menjamin bahwa manfaat dari sumber daya alam ini dapat dinikmati oleh generasi sekarang dan mendatang tanpa menyebabkan kerusakan lingkungan yang tidak perlu [7].

Dengan demikian, analisis pengaruh pencemaran belerang terhadap sifat termal di pemandian air panas Kalianget menggunakan prinsip fisika lingkungan memberikan wawasan yang mendalam dan komprehensif. Pendekatan yang holistik dan berbasis ilmiah ini tidak hanya membantu menjaga kualitas dan keberlanjutan pemandian air panas, tetapi juga memberikan kontribusi penting bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang energi terbarukan dan pengelolaan sumber daya alam.

2. PENELITIAN YANG TERKAIT

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Dimas Hawari menghasilkan temuan bahwa kandungan belerang dalam air panas dapat mempengaruhi kualitas air serta memiliki dampak lingkungan yang signifikan [9]. Penelitian ini mengungkapkan bahwa konsentrasi belerang yang tinggi dapat menyebabkan penurunan pH air, yang berdampak negatif pada ekosistem sekitar. Persamaan dengan penelitian ini adalah keduanya mengeksplorasi dampak belerang pada lingkungan, namun penelitian ini lebih fokus pada pengaruh pencemaran belerang terhadap sifat termal air panas menggunakan prinsip fisika lingkungan.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Septi Yurika menunjukkan bahwa variasi kandungan belerang pada berbagai sumber air panas dapat memiliki efek yang berbeda terhadap kesehatan manusia dan lingkungan [10]. Penelitian ini menekankan pentingnya monitoring dan pengelolaan kandungan belerang di sumber air

panas. Kesamaan dengan penelitian ini terletak pada analisis dampak belerang, namun penelitian ini lebih menitikberatkan pada aspek kesehatan dan pengelolaan lingkungan dibandingkan dengan sifat termal air panas.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh A. R. Harefa mengidentifikasi bahwa pencemaran belerang dapat mempengaruhi baik sifat termal maupun kimiawi dari sumber air panas. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan belerang yang tinggi dapat mengubah suhu dan komposisi kimia air, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi kenyamanan pengguna serta stabilitas ekosistem sekitar [5]. Penelitian ini serupa dalam hal mengevaluasi dampak belerang, namun lebih spesifik dalam menggunakan prinsip fisika lingkungan untuk menganalisis perubahan sifat termal.

Dari penelitian yang terkait dengan penelitian saat ini dapat memberikan wawasan yang signifikan terkait dampak pencemaran belerang dan zat kimia lainnya terhadap sumber air panas dan lingkungannya. Penelitian pertama menyoroti pengaruh belerang terhadap kualitas air dan lingkungan, yang relevan dengan fokus penelitian ini. Penelitian kedua menekankan variasi efek belerang pada kesehatan dan pengelolaan lingkungan, yang meskipun penting, berbeda dari fokus sifat termal penelitian ini. Penelitian ketiga mengidentifikasi dampak pencemaran belerang terhadap sifat termal dan kimiawi, yang sangat relevan dengan tujuan penelitian ini.

Secara keseluruhan, penelitian-penelitian ini memberikan pemahaman yang mendalam tentang bagaimana pencemaran, khususnya belerang, dapat mempengaruhi sifat termal dan kimiawi sumber air panas. Penelitian ini, yang berfokus pada analisis pengaruh pencemaran belerang terhadap sifat termal di pemandian air panas Kalianget Wonosobo menggunakan prinsip fisika lingkungan, dapat memberikan kontribusi berharga dalam upaya memahami dan mengelola dampak pencemaran belerang di sumber air panas.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif untuk menganalisis pengaruh pencemaran belerang terhadap sifat termal di Pemandian Air Panas Kalianget Wonosobo. Langkah-langkah yang diterapkan pada penelitian

ini yaitu peneliti melakukan observasi langsung di lokasi penelitian untuk memahami kondisi lingkungan, karakteristik sumber air panas, dan aktivitas yang terjadi di pemandian. Proses ini melibatkan pencatatan kondisi fisik, penggunaan area, serta identifikasi titik-titik pencemaran belerang yang mungkin mempengaruhi kualitas air panas. Selanjutnya, peneliti melakukan wawancara dengan pengelola pemandian dan pengunjung. Wawancara dirancang dengan pertanyaan terbuka yang fokus pada dampak pencemaran belerang terhadap suhu, kualitas air, dan pengalaman yang dirasakan oleh pengunjung saat menggunakan fasilitas pemandian. Wawancara ini bertujuan untuk mendapatkan data yang kaya dan mendalam tentang persepsi dan pengalaman para informan [11].

Data yang diperoleh dari observasi dan wawancara dianalisis dengan pendekatan analisis tematik [12]. Peneliti mengidentifikasi tema-tema utama yang muncul dari hasil wawancara dan observasi, yang berhubungan dengan pengaruh pencemaran belerang terhadap sifat termal air. Analisis ini membantu dalam menggali hubungan antara kondisi lingkungan dan dampak yang dirasakan oleh pengguna. Untuk meningkatkan validitas hasil penelitian, peneliti melakukan triangulasi dengan membandingkan data yang diperoleh dari observasi dan wawancara. Pendekatan ini penting untuk memastikan konsistensi dan keakuratan temuan, serta mengurangi bias yang mungkin terjadi dalam pengumpulan data.

Penelitian ini juga merujuk pada kajian literatur terkait yang relevan untuk memberikan konteks tambahan [13]. Kajian pustaka dilakukan untuk mendukung temuan dengan teori dan penelitian sebelumnya mengenai pencemaran, sifat termal, dan dampaknya terhadap lingkungan. Referensi ini juga berfungsi untuk memperkaya analisis yang dilakukan. Dengan menerapkan metode ini, diharapkan penelitian dapat memberikan gambaran yang komprehensif mengenai dampak pencemaran belerang di Pemandian Air Panas Kalianget. Selain itu, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang berguna bagi pengelolaan pemandian air panas secara berkelanjutan, sehingga dapat menjaga kualitas lingkungan dan

pengalaman pengunjung di masa depan (Ridwan, 2022).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan observasi dan wawancara yang dilakukan, ditemukan bahwa pencemaran belerang di Pemandian Air Panas Kalianget memiliki dampak signifikan terhadap sifat termal air. Analisis menunjukkan bahwa pencemaran belerang berpengaruh pada stabilitas suhu air panas, yang seringkali berubah secara drastis. Hal ini menjadi masalah terutama saat jumlah pengunjung meningkat, di mana aktivitas pemandian yang tinggi menyebabkan suhu air menjadi tidak konsisten. Wawancara dengan pengunjung mengindikasikan bahwa pengalaman mandi menjadi kurang nyaman akibat perubahan suhu yang tiba-tiba, yang dapat membuat mereka merasa tidak puas dengan fasilitas yang tersedia. Pengelola pemandian dan pengunjung juga melaporkan adanya perubahan yang jelas dalam warna dan bau air, yang diakibatkan oleh pencemaran belerang. Bau sulfur yang menyengat tidak hanya mengganggu kenyamanan pengunjung, tetapi juga memengaruhi citra pemandian sebagai tempat rekreasi. Meskipun demikian, banyak pengunjung yang tetap datang karena mereka percaya akan nilai terapi yang ditawarkan oleh air panas, meskipun dalam kondisi yang kurang ideal.

Hasil observasi lebih lanjut menunjukkan bahwa pencemaran belerang tidak hanya berdampak pada sifat termal air, tetapi juga memengaruhi ekosistem di sekitar pemandian. Beberapa tanaman yang tumbuh di sekitar area pemandian menunjukkan tanda-tanda stres, yang dapat mengindikasikan kualitas tanah yang menurun akibat pencemaran. Kondisi ini berpotensi mengganggu keseimbangan ekosistem lokal dan mengurangi keanekaragaman hayati di wilayah tersebut. Secara keseluruhan, dampak pencemaran belerang di Pemandian Air Panas Kalianget tidak hanya terbatas pada kualitas air, tetapi juga meluas ke pengalaman pengunjung dan kesehatan ekosistem sekitarnya. Temuan ini menunjukkan perlunya tindakan mitigasi yang lebih baik untuk menjaga kualitas lingkungan dan memastikan keberlanjutan pemandian sebagai destinasi wisata yang ramah lingkungan.

Pencemaran belerang di Pemandian Air Panas Kalianget Wonosobo berdampak langsung

pada sifat termal air panas dengan berbagai implikasi yang signifikan. Berdasarkan hasil analisis, ditemukan bahwa peningkatan konsentrasi belerang menyebabkan perubahan suhu yang drastis antara titik-titik yang berbeda dalam area pemandian. Hal ini dapat dijelaskan melalui prinsip fisika lingkungan, di mana kandungan mineral dalam air, termasuk belerang, berperan penting dalam mempengaruhi titik didih, viskositas, dan sifat termal lainnya. Pencemaran belerang ini membuat suhu air menjadi tidak stabil, yang berpotensi mengganggu kenyamanan pengunjung saat menggunakan fasilitas pemandian [14]. Perubahan suhu yang terjadi tidak hanya mengganggu pengalaman mandi, tetapi juga dapat mempengaruhi proses alami dalam sistem hidrotermal. Suhu yang tidak konsisten dapat mengganggu ekosistem mikro di dalam sumber air panas, yang sangat bergantung pada kondisi termal yang stabil. Proses alami yang berlangsung di bawah permukaan, termasuk aktivitas mikroba yang mendukung kesehatan ekosistem, dapat terganggu akibat pencemaran ini.

Hasil wawancara dengan pengunjung selanjutnya mengungkapkan ketidakpuasan yang mendalam terkait perubahan kualitas air akibat pencemaran belerang. Banyak pengunjung melaporkan bahwa mereka merasa kurang nyaman dengan bau sulfur yang menyengat dan perubahan warna air yang keruh, meskipun mereka tetap menyadari manfaat kesehatan yang ditawarkan oleh air panas. Kekhawatiran akan kondisi air yang tercemar menjadi faktor penting yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan pemandian, karena ini berpotensi memengaruhi keputusan pengunjung untuk kembali ke lokasi tersebut di masa depan. Kondisi ini menciptakan tantangan bagi pengelola pemandian, yang harus menyeimbangkan antara mempertahankan daya tarik wisata dan menjaga kualitas lingkungan. Penanganan pencemaran belerang yang efektif sangat diperlukan untuk memastikan bahwa Pemandian Air Panas Kalianget tetap menjadi tujuan yang menarik dan sehat bagi pengunjung, sekaligus menjaga keberlanjutan ekosistem di sekitarnya. Oleh karena itu, pengelolaan yang berbasis pada pemahaman mendalam tentang kondisi lingkungan dan kebutuhan pengunjung menjadi sangat penting dalam konteks ini [15].

Berdasarkan hasil penelitian ini, ditemukan bahwa perlunya pengelolaan yang lebih baik terhadap sumber pencemaran di Pemandian Air Panas Kalianget sangat mendesak. Dampak negatif pencemaran belerang yang teridentifikasi tidak hanya memengaruhi kualitas air, tetapi juga berdampak pada pengalaman pengunjung dan kesehatan ekosistem di sekitar. Oleh karena itu, tindakan yang konkret dan terencana diperlukan untuk meminimalkan dampak tersebut. Salah satu langkah yang dapat diambil adalah melakukan pengawasan yang ketat terhadap aktivitas yang berpotensi mencemari, seperti pembangunan infrastruktur di sekitar pemandian dan aktivitas pertanian yang menggunakan bahan kimia berbahaya. Selain itu, pengembangan program edukasi untuk pengunjung menjadi sangat penting dalam upaya menjaga kualitas lingkungan. Edukasi ini dapat mencakup informasi mengenai pentingnya menjaga kebersihan area pemandian, dampak pencemaran terhadap ekosistem, serta cara-cara yang dapat dilakukan oleh pengunjung untuk berkontribusi dalam menjaga kelestarian sumber daya alam. Dengan meningkatkan kesadaran masyarakat, diharapkan pengunjung dapat lebih memahami tanggung jawab mereka terhadap lingkungan sekitar [16].

Penelitian ini sejalan dengan prinsip fisika lingkungan yang menyatakan bahwa kualitas fisik dan kimia air sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia dan kondisi lingkungan sekitar [17]. Interaksi yang kompleks antara pencemaran dan sifat termal air menunjukkan bahwa setiap tindakan manusia dapat memiliki konsekuensi yang luas, tidak hanya terhadap air itu sendiri tetapi juga terhadap ekosistem yang bergantung pada sumber tersebut. Pemahaman yang mendalam tentang interaksi ini sangat penting dalam konteks pengelolaan sumber daya alam, sehingga dapat diambil keputusan yang lebih bijaksana dan berkelanjutan [18]. Secara keseluruhan, analisis ini menunjukkan bahwa pencemaran belerang memiliki dampak yang kompleks dan saling terkait terhadap sifat termal di Pemandian Air Panas Kalianget. Rekomendasi untuk pengelolaan berkelanjutan perlu dipertimbangkan dengan serius, termasuk strategi mitigasi yang dapat membantu memperbaiki kondisi lingkungan dan kualitas air. Hal ini penting untuk memastikan kelestarian sumber daya air panas dan

keberlangsungan aktivitas pemandian, sehingga Pemandian Air Panas Kalianget dapat terus menjadi destinasi wisata yang menarik dan bermanfaat bagi masyarakat. Upaya kolaboratif antara pengelola, pengunjung, dan masyarakat sekitar menjadi kunci dalam menciptakan solusi yang efektif dan berkelanjutan [19].

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menemukan bahwa pencemaran belerang di Pemandian Air Panas Kalianget Wonosobo berdampak signifikan terhadap sifat termal air panas, mengganggu kenyamanan pengunjung dan merusak proses alami sistem hidrotermal. Pendekatan kualitatif deskriptif digunakan dalam penelitian ini, termasuk observasi langsung dan wawancara dengan pengelola dan pengunjung. Data dianalisis dengan analisis tematik dan triangulasi untuk memastikan konsistensi, didukung oleh kajian pustaka. Pencemaran juga mengubah warna dan bau air serta menimbulkan stres pada tanaman di sekitar pemandian, meskipun nilai terapi air tetap menarik pengunjung. Penelitian menegaskan perlunya pengelolaan pencemaran yang lebih baik melalui pengawasan aktivitas pencemar dan edukasi pengunjung, serta tindakan mitigasi yang terencana. Kolaborasi antara pengelola, pengunjung, dan masyarakat diperlukan untuk solusi berkelanjutan. Hasil penelitian diharapkan memberikan gambaran komprehensif tentang dampak pencemaran belerang dan menawarkan rekomendasi untuk pengelolaan yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Deselpa and T. Gunarto, "Analisis Permintaan Obyek Wisata Pemandian Mata Air Way Bekhak Kabupaten Tanggamus Dengan Pendekatan Travel Cost Method," *J. Educ.*, vol. 6, no. 1, pp. 8048–8056, 2023, doi: 10.31004/joe.v6i1.4218.
- [2] Istarani Festri dan Ellina S. Pandebesie, "Dampak Dan Karakteristik Kadmium," *J. Tek. Pomits*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [3] Y. Yolanda, N. Amri, Mawardin Adi, and Adareswari Novi, "Formulasi Pengelolaan Pencemaran Logam Berat di Perairan Pelabuhan Belawan," *J. Ilmu Alam dan*

- Lingkung.*, vol. 13, no. 2, pp. 45–54, 2022.
- [4] R. Damayanti, A. Z. Fawazi, G. Djoyowasito, and E. Al, “Analisis Performansi Solar Water Heater pada Rangkaian Instalasi Pengering Kabinet,” *J. Keteknikan Pertan. Trop. dan Biosist.*, vol. 10, no. 3, pp. 260–269, 2022, doi: 10.21776/ub.jkptb.2022.010.03.10.
- [5] A. R. Harefa, “Ilmu fisika merupakan salah satu ilmu yang sangat erat kaitannya dengan kehidupan manusia. Ilmu fisika akan berguna bagi manusia apabila sudah diwujudkan dalam bentuk hasil teknologi. Dengan ilmu fisika semua pekerjaan menjadi ringan karena adanya penerap,” *J. War.*, vol. 60, no. April, pp. 1–10, 2019.
- [6] J. T. Mesin, P. Negeri, And U. Pandang, “Ansys Dan Matlab Pada Panel Pv Dengan,” 2023.
- [7] Gusrina, *Manajemen Kualitas Air / Akuakultur*. 2011. [Online]. Available: <https://defishery.wordpress.com/2011/03/09/uu-perikanan/>
- [8] D. Ramadhawati, H. D. Wahyono, and A. D. Santoso, “Pemantauan Kualitas Air Sungai Cisadane Secara Online Dan Analisa Status Mutu Menggunakan Metode Storet,” *J. Sains & Teknologi Lingkung.*, vol. 13, no. 2, pp. 76–91, 2021, doi: 10.20885/jstl.vol13.iss2.art1.
- [9] D. Hawari, “Analisis Kuantitatif Zink Dan Sulfat Pada Air,” 2018.
- [10] Y. Septi, “Analisis Kualitas Air Di Wisata Pemandian Way Belerang Simpung Desa Kecapi Kecamatan Kalianda Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung,” *Skripsi*, 2022.
- [11] F. Efrem Jelahun, “Aneka Teori & Jenis Penelitian Kualitatif (Sebuah Review pada Buku Second Edition-Qualitative Inquiry & Research Design Choosing Among Five Approachers, London: Sage Publication, 2007, Jhon W. Creswell),” *Akad. Pustaka*, p. 24, 2022.
- [12] Y. A. Rozali, “Penggunaan Analisis Konten Dan Analisis Tematik,” *Pengguna. Anal. Konten dan Anal. Temat. Forum Ilm.*, vol. 19, p. 68, 2022, [Online]. Available: www.researchgate.net
- [13] B. Subagiya, “Eksplorasi Penelitian Pendidikan Agama Islam melalui Kajian Literatur: Pemahaman konseptual dan Aplikasi Praktis,” *Ta'dibuna J. Pendidik. Islam*, vol. 12, no. 3, pp. 304–318, 2023, doi: 10.32832/tadibuna.v12i3.13829.
- [14] A. Dr. Abd Mujahir Hamdan, M.Sc, *Sifat Magnetik Sedimen Muara Sungai Vulkanik*. 2016. [Online]. Available: <https://bandarpublishing.com/sifat-magnetik-sedimen-muara-sungai-vulkanik/>
- [15] E. Desembrianita, Zulharman, A. Masliardi, A. Abdul Azis, Asfahani, and A. A. Azis, “Optimalisasi Taman Wisata Kelurahan Di Kota Gresik Dalam Menata Lingkungan Yang Menarik,” *Communnity Dev. J.*, vol. 4, no. 4, pp. 7823–7830, 2023.
- [16] V. Friskila Angela, “Strategi Pengembangan Ekowisata dalam Mendukung Konservasi Alam Danau Tahai,” *JIM J. Ilm. Mhs. Pendidik. Sej.*, vol. 8, no. 3, pp. 984–993, 2023, [Online]. Available: <http://jim.unsyiah.ac.id/sejarah/mm>
- [17] E. Weliyati, H. Irawati, and R. Anzar, “Studi Kualitas Air Parameter Fisika Dan Kimia Di Perairan Sungai Sesayap Kabupaten Tana Tidung,” *J. Borneo Sainstek*, vol. 6, no. 1, pp. 47–55, 2023, doi: 10.35334/borneo_sainstek.v6i1.4203.
- [18] M. A. Lasaiba, “Jendela pengetahuan,” *J. Ilm.*, vol. 15, No. 1, no. April, pp. 1–14, 2022.
- [19] A. P. Tjilen *et al.*, “Optimalisasi Potensi Desa Wisata (Alexander Phuk Tjilen, dkk.) | 38 Nanggroe,” *Naggroe J. Pengabd. Cendikia*, vol. 2, no. 6, pp. 38–49, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8373947>