

Evaluasi Kualitas Mata Air di Sekitar Area Manifestasi Panas Bumi sebagai Sumber Air Baku Dusun Darum, Desa Candi, Kecamatan Bandungan, Jawa Tengah

Dicky Herlambang¹⁾, Agus Bambang Irawan^{2a)}, Ika Wahyuning Widiarti³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
JL. Padjajaran, Condongcatur, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283

^{a)}Corresponding author: bambang.irawan@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Daerah penelitian merupakan daerah dengan manifestasi panas bumi berupa mata air panas, fumarol dan batuan teralterasi. Penduduk di sekitar daerah penelitian dalam upaya memenuhi kebutuhan air baku mengambil dari sumber mata air yang berada di sekitar area panas bumi. Secara fisik, telah terjadi indikasi adanya penurunan kualitas air yaitu, air berbau, berasa seperti besi, dan berwarna. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik mata air dan mengetahui status mutu mata air yang berada di sekitar area manifestasi panas di Dusun Darum, Desa Candi, Kecamatan Bandungan, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Penelitian ini dilakukan dengan metode survei lapangan. Data penelitian yang diperoleh berasal dari pengambilan sampel menggunakan metode *Purposive Sampling* dengan mengambil sampel mata air sebanyak 4 sampel, serta mengidentifikasi status mutu air dengan menggunakan metode indeks pencemaran. Hasil pengambilan sampel mata air didapati bahwa parameter pH, Besi dan Mangan melebihi standar baku mutu. Nilai status mutu air yang didapat masuk kedalam kategori tercemar ringan yaitu pada titik M1 dan tercemar sedang yaitu pada titik M2 dan M3 dengan nilai indeks pencemaran berkisar antara 4,351 sampai 5,531.

Kata Kunci: Indeks Pencemaran, Kualitas Air; Manifestasi; Mata Air; Panas Bumi

ABSTRACT

The study region has geothermal manifestations such as hot springs, fumaroles, and changed rocks. Residents in the research area use springs found near the geothermal area to supply their raw water needs. There have been physical signs of a decline in water quality, such as the water smelling, tasting like iron, and being colored. The purpose of this research is to identify spring features and establish the quality status of springs near the region of geothermal manifestation on Darum Hamlet, Candi Village, Bandungan District, Semarang Regency, Central Java. The field survey approach was used for this study. The research data came from purposive sampling, which involved obtaining four samples of springs, also determining the state of water quality using the pollution index technique. The spring water sampling results revealed that the pH, Iron and Manganese values exceed the quality criteria. The acquired water quality state is classified as mildly contaminated at sites M1 and moderately polluted at locations M2 and M3, with a pollution index value ranging from 4.351 to 5.531.

Keywords: *Pollution Index; Water Quality; Manifestation; Spring; Geothermal*

PENDAHULUAN

Gunung Ungaran merupakan gunung api yang memiliki potensi panas bumi yang cukup besar untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Panas bumi di Gunung Ungaran ditandai dengan adanya manifestasi panas bumi yang tersebar di beberapa daerah salah satunya berada di kompleks Candi Gedong Songo, Dusun Darum, Desa Candi, Kecamatan Bandungan, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Manifestasi panas bumi di Candi Gedong Songo berupa fumarol, mata air panas dan alterasi batuan (Hisn, dkk., 2020). Adanya aktivitas panas bumi tersebut berakibat pada perubahan

sifat fisik dan kimia air berupa kontaminasi zat-zat yang berbahaya bagi lingkungan maupun bagi manusia apabila dikonsumsi.

Aktivitas panas bumi erat kaitannya dengan fluida yang dikeluarkan sehingga karakteristik dari setiap fluida pada sistem panas bumi memiliki perbedaan. Perbedaan tersebut dapat dilihat melalui uji zat kimia dari fluida baik air ataupun uap yang keluar (Nicholson, 1993). Aktivitas magmatik yang terjadi membuat adanya pelarutan batuan dan pencampuran pada fluida yang dikeluarkan sehingga memperbesar potensi adanya kontaminasi zat-zat berbahaya. Menurut Yudiantoro dkk., (2020) gunung api aktif yang memiliki danau kawah asam akan berpotensi sebagai sumber polusi alami. Seperti yang terjadi di Sungai Banyupahit dan Banyuputih, Banyuwangi, Jawa Timur, karena adanya manifestasi panas bumi berupa danau vulkanik asam atau sering disebut kawah sehingga mengakibatkan kontaminasi logam berat pada air sungai (Lohr, dkk., 2005).

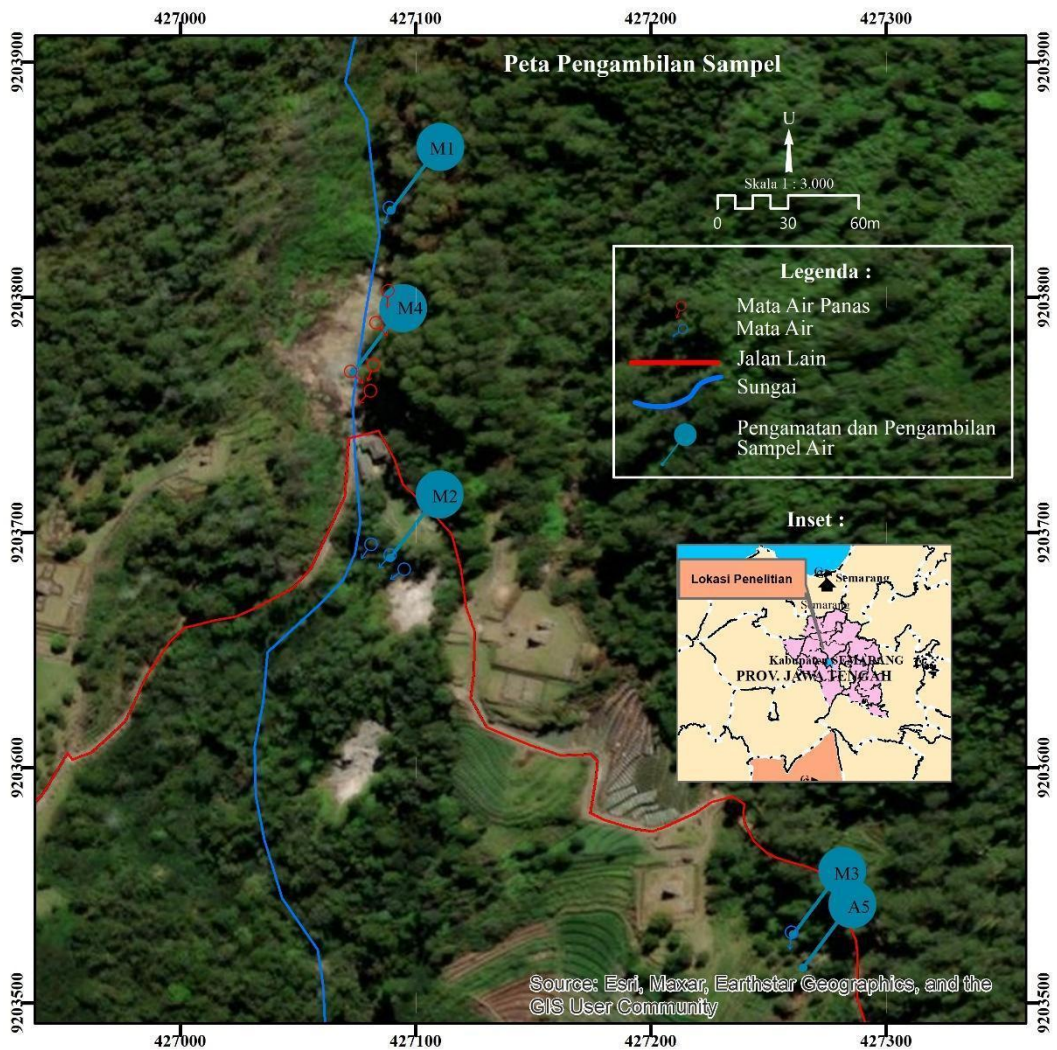
Terdapat beberapa mata air di area panas bumi yang dimanfaatkan warga untuk memenuhi kebutuhan air baku serta untuk irigasi. Air disalurkan melalui pipa dan ditampung di bak penampungan yang kemudian disalurkan ke masing-masing rumah warga di Dusun Darum. Namun, adanya indikasi penurunan kualitas pada mata air berdasarkan pengamatan secara fisik yang menunjukkan adanya endapan besi yang ditemukan pada mata air dan bak penampungan maka berpotensi untuk menimbulkan dampak yang berbahaya bagi kesehatan apabila dikonsumsi secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama.

Riset ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan status mutu mata air yang berada di sekitar area manifestasi panas bumi lereng selatan Gunung Ungaran, Dusun Darum, Desa Candi, Kecamatan Bandungan, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Penulis berharap riset ini dapat dijadikan sumber informasi untuk masyarakat mengenai kualitas mata air pada lokasi penelitian dan dapat dijadikan sumber informasi bagi pemerintah daerah setempat dalam pengelolaan sumber air baku bagi masyarakat.

METODE

Data penelitian yang digunakan merupakan data yang diperoleh langsung dari hasil survei dan pengamatan di lapangan (data primer). Data karakteristik mata air diperoleh dari hasil uji laboratorium sampel mata air di sekitar area manifestasi panas bumi. Parameter yang diujikan berupa pH, TDS, Fe, Mn, DO dan DHL.

Teknik sampling yang akan dilakukan dalam penelitian ini mengacu pada SNI 6989.57:2008 tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan. Seperti yang telah dikemukakan Sugiyono (2017), bahwa *Purposive Sampling* merupakan metode pengambilan sampel dengan pertimbangan tertentu sehingga sampel mata air yang diambil berdasarkan mata air yang berada di sekitar manifestasi panas bumi. Sampel mata air yang diambil terdapat pada mata air di 4 titik yaitu: utara manifestasi (M1), selatan manifestasi (M2), timur manifestasi (M3) dan satu mata air panas (M4).



Gambar 1. Peta Pengambilan Sampel

Metode indeks pencemaran (IP) digunakan dalam mengevaluasi nilai status mutu air yang mengacu pada KEPMENLH No. 115 Tahun 2003 Lampiran II Tentang “Penentuan Status Mutu Air”. Selain itu, Indeks Pencemaran juga dapat dijadikan sebagai dasar dalam melakukan pengelolaan sehingga dapat memperbaiki kualitas turun/buruk akibat dari air yang kehadiran senyawa pencemar (Widiarti & Muryani, 2018). Rumus yang digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran sungai sebagai berikut :

$$PI_j = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)^2 M + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)^2 R}{2}}$$

Dimana:

PI_j = Indeks Pencemaran bagi peruntukan

C_i = Konsentrasi parameter kualitas air ij

L_{ij} = Konsentrasi parameter kualitas air I yang tercantum dalam baku mutu peruntukan

M = Konsentrasi parameter yang memiliki nilai maksimal

R = Tingkat pencemaran rata-rata dari seluruh parameter

Nilai kualitas air dapat ditentukan dari hasil nilai maksimum dengan nilai rata-rata rasio konsentrasi tiap-tiap parameter terhadap nilai ambang batasnya. Hasil tersebut dikelompokkan ke dalam kelas, yaitu:

Tabel 1. Kelas Indeks Pencemaran

No	Nilai Pij	Keterangan
1	$0 \leq PI_i \leq 1$	sesuai baku mutu (kondisi baik)
2	$1 < PI_i \leq 5$	cemar ringan
3	$5 < PI_i \leq 10$	cemar sedang
4	$PI_i \geq 10$	cemar berat

Sumber: Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 Lampiran II

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Mata Air Panas

Manifestasi yang ditemukan di Area Panas Bumi Gunung Ungaran berupa fumarol, batuan teralterasi, kolam lumpur dan mata air panas. Karakteristik fluida panas bumi Gunung Ungaran yang berada di daerah penelitian dapat diinterpretasikan berdasarkan data geokimia dari mata air panas. Tipe mata air panas yang berada di daerah penelitian merupakan tipe *Steam Heated Water* yang dicirikan adanya kandungan SO_4 yang tinggi (Nukman, 2009). Menurut Rezky dkk., (2012) sistem panas bumi Gunung Ungaran di Dusun Darum merupakan sistem panas bumi yang berada pada zona *upflow* yang dicirikan dengan adanya fumarol dan memiliki reservoir yang didominasi oleh air (*water dominated*). Karakteristik mata air panas berdasarkan hasil uji laboratorium dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Kualitas Mata Air Panas

Parameter	Satuan	Baku Mutu Kelas I	Nilai Hasil Uji Laboratorium
			M4
pH	-	6-9	2,7*
TDS	ppm	1000	876
Fe	mg/L	0,3	17,34*
Mn	mg/L	0,1	1,4*
DO	mg/L	>6	6,8
DHL	$\mu\text{mhos/cm}$	-	1439

Sumber : Hasil Uji BBTCLPP DIY, 2022

Keterangan : * : melebihi baku mutu kelas I (PP No. 22 Tahun 2021)

Berdasarkan hasil uji kualitas air yang dilakukan pada mata air panas menunjukkan nilai pH yang rendah yaitu 2,7 dengan suhu air di permukaan yaitu berkisar 60°C hingga 70°C . Menurut Nicholson (1993), kondisi air yang asam dipengaruhi oleh temperatur yang tinggi pada reservoir sehingga meningkatkan ion hidrogen terlarut dalam air. Proses pelarutan yang terjadi pada batuan yang berada di dekat permukaan menyebabkan kandungan zat terlarut dalam air cukup tinggi seperti besi dan mangan.

Kandungan besi dan mangan di lokasi penelitian menunjukkan konsentrasi yang tinggi yaitu 17,34 mg/L dan 1,4 mg/L. Umumnya kandungan besi dijumpai pada air dengan pH asam dan mineral penyusun batuan di sistem panas bumi berupa pirit dan illit (Nicholson, 1993). Keterdapatannya logam Mn dikarenakan adanya mineral dalam air yang terlarut akibat aktivitas panas bumi. Mineral piroksen dan amfibol merupakan mineral yang mengandung unsur Mn, selain itu unsur Mn pada batuan biasanya ditemukan pada mineral ubahan pada batuan yang berasosiasi dengan unsur Fe, Al, Bi dan logam lainnya (Kuleshov, 2017). Mineral-mineral tersebut dapat ditemui di lokasi penelitian yaitu pada batuan teralterasi dan breksi dengan fragmen andesit (Indarto, 2006).

Nilai TDS pada mata air panas sebesar 876 ppm sedangkan nilai DHL yaitu 1439 $\mu\text{mhos/cm}$. Nilai tersebut menunjukkan nilai yang tinggi. Tinggi rendahnya nilai TDS dan DHL dikarenakan adanya ion-ion terlarut di dalam air, semakin banyak ion-ion terlarut di dalam air maka nilai TDS dan DHL juga akan meningkat (Siswoyo dan Nicola, 2015). Keterdapatannya logam Mn dan Fe pada mata air panas yang diuji mengakibatkan tingginya nilai TDS dan DHL. Tingginya nilai TDS dan DHL di panas bumi

umumnya juga diakibatkan karena banyaknya senyawa-senyawa terlarut berupa SO_4 , Cl , HCO_3 , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , $\text{Fe}^{2+,3+}$ dan Li^+ (Nicholson, 1993).

Karakteristik Mata Air di Titik M1, M2 dan M3

Hasil uji kualitas mata air pada titik sampel M1, M2, dan M3 menunjukkan adanya perbedaan dan karakteristik pada masing-masing mata air, hal ini disebabkan karena aktivitas panas bumi yang mengakibatkan kualitas air tidak ideal untuk langsung dimanfaatkan untuk kebutuhan domestik. Aktivitas panas bumi di daerah penelitian menyebabkan adanya proses pelarutan mineral pada batuan sehingga meningkatkan ion-ion terlarut di dalam air. Nukman, (2009) menyebutkan bahwa proses kontak antara fluida panas bumi dan batuan terjadi di area manifestasi panas bumi Gunung Ungaran. Selain itu, air meteorik yang masuk melalui sesar dan kekar di area panas bumi Gunung Ungaran juga berinteraksi dengan fluida panas bumi dan gas-gas vulkanik sehingga terjadi juga pengenceran pada fluida panas bumi yang keluar melalui mata air (Rezky dkk., 2012). Berikut merupakan hasil uji kualitas mata air yang diambil pada M1, M2 dan M3 yang dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Kualitas Mata Air pada Titik Sampling M1, M2 dan M3

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Nilai Hasil Uji Laboratorium		
			M1	M2	M3
pH	-	6-9	4,3*	5,2*	5,8*
TDS	ppm	1000	175	222	198
Fe	mg/L	0,3	0,81*	0,31*	0,29
Mn	mg/L	0,1	0,93*	2,1*	1,57*
DO	mg/L	>6	7,2	7	7,9
DHL	$\mu\text{mhos/cm}$	-	256	401	354

Sumber : Hasil Uji PPNN ITB 2022

Keterangan : * : melebihi baku mutu kelas I (PP No. 22 Tahun 2021)

Tingkat keasaman pada ketiga mata air memiliki nilai pH yang relatif rendah yaitu 4,3 – 5,8. Kondisi ini dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu temperatur dan interaksi fluida dengan batuan penyusun. Panas bumi di Gunung Ungaran berdasarkan peta geologi regional lembar Magelang dan Semarang tersusun dari batuan yang bersifat asam (andesit) sehingga gas utama yang terkandung dalam air panas bumi dan uap yang terkait dengan vulkanisme andesit adalah karbon dioksida dan hidrogen sulfida, kemudian kondensasi gas hidrogen sulfida dan karbon dioksida di dekat permukaan menghasilkan pembentukan asam sulfat (Rezky dkk., 2012). Hal ini menimbulkan berbagai komposisi dan kondisi mata air bervariasi dari sangat asam hingga mendekati netral.

Berdasarkan hasil uji kualitas mata air nilai DO menunjukkan bahwa kadar oksigen pada air memenuhi baku mutu. Nilai DO pada mata air dikontrol oleh interaksi air dengan oksigen. Interaksi antara oksigen dan air juga mengakibatkan adanya proses oksidasi pada besi dan mangan sehingga nilai besi dan mangan di titik sampling M1, M2 dan M3 lebih rendah dari mata air panas yaitu antara 0,29 mg/L – 0,81 mg/L untuk Fe dan 1,57 mg/L – 2,1 mg/L untuk Mn. Apabila diamati secara langsung di lokasi sampling, nilai Fe dan Mn yang mengalami penurunan dibanding dengan nilai Fe dan Mn di mata air panas dapat diindikasikan melalui adanya endapan berwarna kuning kecoklatan. Keterdapatannya logam Fe dan Mn pada mata air di lokasi sampling M1, M2 dan M3 dikarenakan batuan penyusun berupa breksi andesit dan batuan teralterasi yang berinteraksi dengan fluida di area panas bumi (Indarto, 2006).

Nilai TDS pada mata air di lokasi M1, M2 dan M3 yaitu sebesar 175 ppm, 222 ppm dan 198 ppm sedangkan nilai DHL sebesar 256 $\mu\text{mhos/cm}$, 401 $\mu\text{mhos/cm}$ dan 354 $\mu\text{mhos/cm}$. Nilai TDS dan DHL tersebut menunjukkan nilai yang lebih rendah pada mata air panas. Hal ini disebabkan karena semakin kecil ion-ion terlarut pada mata air yang ditunjukkan pada nilai Fe dan Mn yang lebih rendah dari nilai Fe dan Mn di mata air panas.

Identifikasi Status Mutu Mata Air di Lokasi Penelitian

Evaluasi Kualitas Mata air dilakukan dengan menganalisis status mutu air dengan indeks pencemaran. Sampel air yang digunakan adalah sampel mata air M1, M2 dan M3 yang digunakan untuk pemenuhan kebutuhan domestik masyarakat. Sampel mata air yang dipilih dapat menggambarkan bagaimana kualitas air yang dikonsumsi dan dimanfaatkan masyarakat untuk pemenuhan kebutuhan domestik. Hasil uji laboratorium dari air sampel kemudian dilakukan analisis status mutu air dengan hasil yang dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Status Mutu Mata Air

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Nilai Hasil Uji Laboratorium		
			M1	M2	M3
pH	-	6-9	4,3*	5,2*	5,8*
TDS	Ppm	1000	175	222	198
Fe	mg/L	0,3	0,81*	0,31*	0,29
Mn	mg/L	0,1	0,93*	2,1*	1,57*
DO	mg/L	>6	7,2	7	7,9
DHL	μ hos/cm	-	256	401	354
Indeks Pencemaran			4,351	5,531	5,068
Keterangan			Tercemar Ringan	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang

Sumber : Hasil Uji PPNN ITB 2022

Keterangan : * : melebihi baku mutu kelas I (PP No. 22 Tahun 2021)

Tabel 4. menunjukkan bahwa air yang terdapat di lokasi penelitian telah terjadi perubahan kualitas karena aktivitas panas bumi. Mata air di lokasi M1 menunjukkan status air yang tercemar ringan sedangkan pada M2 dan M3 menunjukkan status tercemar sedang dengan nilai 5,531 dan 5,069. Nilai indeks pencemaran pada M1 lebih kecil dari M2 dan M3 dikarenakan selisih nilai pada parameter Mn dengan baku mutu jauh lebih kecil apabila dibandingkan dengan M2 dan M3 meskipun jumlah parameter yang melebihi baku mutu lebih banyak dari M3.

Nilai M2 dan M3 yang tinggi dengan status mata air yang tercemar sedang diakibatkan karena terdapat parameter yang melebihi baku mutu yaitu pH, Fe dan Mn. Semakin besar selisih nilai masing-masing parameter dengan baku mutu maka nilai indeks pencemaran akan semakin besar. Berdasarkan hasil uji kualitas mata air pada M2 dan M3 selisih nilai parameter dengan baku mutu yang besar terjadi pada parameter Mn sehingga akan menambah nilai dari indeks pencemaran.

KESIMPULAN

Berdasarkan data kualitas mata air panas karakteristik mata air panas dipengaruhi oleh aktivitas panas bumi sehingga terdapat beberapa parameter yang melebihi baku mutu yaitu pH, Fe dan Mn dengan nilai 2,7; 17,34 mg/L dan 1,4 mg/L. Karakteristik air pada mata air di lokasi sampling M1 terdapat parameter yang melebihi baku mutu yaitu pH, Fe dan Mn dengan nilai yang lebih kecil dari mata air panas. Sedangkan pada M2 dan M3 parameter yang melebihi baku mutu yaitu pH, Fe dan Mn dengan nilai yang tinggi dari mata air panas. Perbedaan konsentrasi masing-masing parameter di setiap lokasi sampling diakibatkan karena proses interaksi antara batuan penyusun dan fluida yang melewati serta proses aktivitas panas bumi di lokasi penelitian. Status mutu mata air di lokasi penelitian termasuk ke dalam kategori tercemar ringan yaitu pada lokasi M1 dengan nilai 4,351. Lokasi M2 dan M3 menunjukkan bahwa status mutu air masuk dalam kategori tercemar sedang dengan nilai 5,068 dan

5,531.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis tujukan kepada Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta yang telah memfasilitasi penulis dalam menuntaskan penelitian ini dan semua pihak yang telah membantu dalam proses penelitian hingga penelitian ini selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2008). *Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah*. Badan Standardisasi Nasional SNI 6989.57:2008.
- Hisan, N. K., Jasaputra, L. D., Bernaldo, P. A., Karlina, N. A. Y. P., & Arhananta, A. (2020). Hydrostructure of Groundwater Manifestation of Gedongsongo Geothermal Ungaran, Semarang, Central Java, Indonesia. *Journal of Earth and Marine Technology (JEMT)*, 1(1), 31–39. <https://doi.org/10.31284/j.jemt.2020.v1i1.1150>
- Indarto, S. (2006). Studi Batuan Vulkanik Dan Batuan Ubahan Pada Lapangan Panasbumi Gedongsongo Kompleks Gunungapi Ungaran Jawa Tengah. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 16(1), 30. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2006.v16.175>
- Kuleshov, V. (2017). Manganese Rocks and Ores. In *Isotope Geochemistry*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803165-0.00001-x>
- Löhr, A. J., Bogaard, T. A., Heikens, A., Hendriks, M. R., Sumarti, S., Van Bergen, M. J., Van Gestel, C. A. M., Van Straalen, N. M., Vroon, P. Z., & Widianarko, B. (2005). Natural pollution caused by the extremely acidic crater lake Kawah Ijen, East Java, Indonesia. *Environmental Science and Pollution Research*, 12(2), 89–95. <https://doi.org/10.1065/espr2004.09.118>
- Nicholson, K. (1993). Geothermal Fluids. In *Geothermal Fluids*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-77844-5>
- Nukman, M. (2009). *Overview of Gedongsongo Manifestations of the Ungaran Geothermal Prospect , Central Java , Indonesia : a preliminary account*. 2–5.
- Rezky, Y., Zarkasyi, A., & Risdianto, D. (2012). Sistem Panas Bumi Dan Model Daerah Panas Bumi Gunung Ungaran, Jawa Tengah Konseptual. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 7(3), 109–117. <https://doi.org/10.47599/bsdg.v7i3.110>
- Siswoyo, M. M., & Nicola, F. (2015). TDS (Total Dissolved Solid) DAN TSS (Total Suspended Solid) Dengan Kadar Fe 2+. *Seminar Nasional Kimia*, 159–164.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung : Alfabeta, CV.
- Widiarti, I. W., & Muryani, E. (2018). Kajian Kualitas Air Lindi Terhadap Kualitas Air Tanah di Sekitar TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) Sampah Jetis, Desa Pakem, Kecamatan Gebang, Purworejo, Jawa Tengah. *Jurnal Tanah Dan Air (Soil and Water Journal)*, 15(1), 1–9.
- Yudiantoro, D. F., Irawan, B. A., Haty, I. P., Sayudi, D. S., Suproborini, A., Sekarwati, B., Ismaya, P., & Abdurrahman, M. (2020). Distribution of acidic condition of river water from the Ijen active volcano crater in Banyupait River Asembagus Situbondo, East Java, Indonesia. *AIP Conference Proceedings*, 2245(July). <https://doi.org/10.1063/5.001245>