

## **Pengembangan Wisata Embung Berbasis Mitigasi Bencana pada Embung Setumpeng Desa Gentungan, Mojogedang, Karanganyar**

**Raja Susatio<sup>\*1)</sup>, Hashfi Hawali Abdul Matin<sup>1)</sup>, Siti Rachmawati<sup>1)</sup>, Prabang Setyono<sup>1)</sup>, Muhammad Amin Sunarhadi<sup>1)</sup>, Lia Kusumaningrum<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami No. 36 A, Surakarta, Jawa Tengah, 57126

\*susatio.raja@staff.uns.ac.id

**Abstrak** – Embung Setumpeng di Desa Gentungan, Kecamatan Mojogedang, Kabupaten Karanganyar, adalah salah satu embung yang dulu dikembangkan sebagai destinasi wisata. Namun, Pandemi Covid-19 membuat aktivitas wisata di kawasan ini berhenti total dan kondisi embung menjadi tidak terawat. Pemerintah Desa Gentungan berencana akan mengaktifkan kembali fungsi Embung Setumpeng sebagai objek wisata. Namun, potensi bencana yang mengintai menuntut pengembangan wisata yang berbasis mitigasi bencana. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun peta zona bahaya untuk mendukung pengembangan wisata Embung Setumpeng yang berkelanjutan demi tercapainya *Sustainable Development Goals* (SDG) 11 tentang kota dan permukiman berkelanjutan serta SDG 13 tentang penanganan perubahan iklim. Metode yang digunakan adalah survei langsung di lapangan untuk melakukan identifikasi potensi bahaya di kawasan embung dan wawancara untuk mengumpulkan informasi mengenai sejarah pengembangan embung. Survei lapangan dan analisis bencana menghasilkan 3 zona bahaya berdasarkan potensi bencana kegagalan embung dan tanah longsor. Zona bahaya tinggi berada di hilir embung karena merupakan daerah paparan kegagalan embung. Zona bahaya sedang berada di selatan sembung karena merupakan daerah paparan tanah longsor skala kecil. Zona bahaya rendah di utara relatif aman dari bahaya sehingga cocok dikembangkan lebih jauh tapi memerlukan kajian lebih lanjut untuk pembangunan fondasinya. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pemerintah Desa Gentungan dalam proses pengaktifan kembali wisata Embung Setumpeng yang mengadaptasi ketangguhan bencana dan adaptasi perubahan iklim di tingkat desa.

**Kata Kunci:** Mitigasi, Bencana, Embung, Wisata, Mojogedang.

**Abstract** –Setumpeng Reservoir in Gentungan Village, Mojogedang Subdistrict, Karanganyar Regency was a lively tourism spot. Unfortunately, Covid-19 pandemic made the tourism activity in this area to cease indefinitely. As the tourism activity ceased, the reservoir became neglected. In the near future, Gentungan Village plans to redevelop Setumpeng Reservoir as tourist spot once again. Nevertheless, the possibility of disaster in the area pushes the necessities of planning based on disaster mitigation and reduction. This study aims to create a hazard map to support the sustainable development of Setumpeng Reservoir tourism spot which in line with Sustainable Development Goals (SDG) 11 on sustainable cities and communities and SDG 13 on climate action. The method used in this research are field survey to identify potential hazard in the area directly and interview to gather information about the reservoir development. Hazards identified in the Setumpeng Reservoir area include potential reservoir failure and landslides. High-hazard zone is located downstream of reservoir because this area would be directly affected by reservoir failures. Area with medium-hazard zone can be found in the south of the reservoir that only face small scale landslides. The last area of low hazard zone located in the north of the reservoir as it doesn't face neither reservoir failure nor landslides. Although low-hazard zone is relatively safe, further study is necessary as it's a paddy field. A study regarding foundation and building stability is a must.

**Keywords:** Mitigation, Disaster, Reservoir, tourism, Mojogedang.

### **PENDAHULUAN**

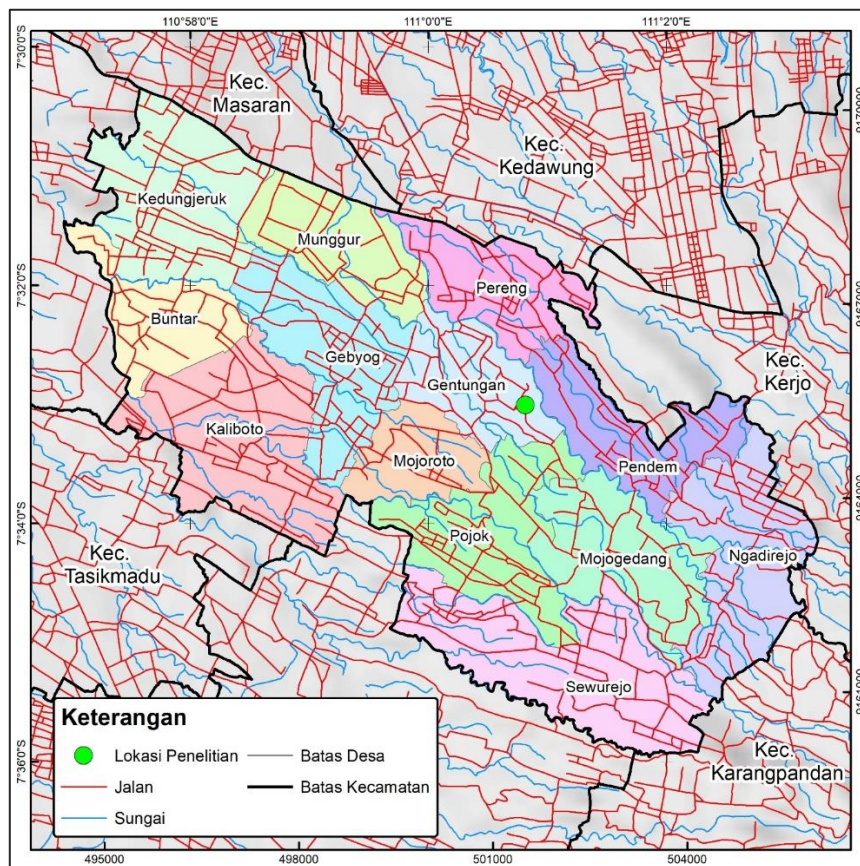
Embung kecil merupakan bangunan berbentuk kolam atau cekungan untuk menampung air limpasan konservasi air yang bertujuan sebagai konservasi air (Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2018). Dengan volume tampungan 500m<sup>3</sup> sampai 3.000 m<sup>3</sup> dan tinggi kedalaman maksimal 3 meter, embung kecil juga memiliki berbagai fungsi lain. Salah satu fungsi lain embung kecil yang bermanfaat bagi desa adalah sebagai wisata. Desa Gentungan di Kecamatan Mojogedang Kabupaten Karanganyar memiliki sebuah embung bernama

Embung Setumpeng. Embung ini diresmikan menjadi wisata pada tanggal 13 Agustus 2020 (Mulati, 2023). Namun demikian, saat ini wisata embung dalam kondisi tidak aktif dan tidak terurus. Pihak desa berencana akan mengaktifkannya kembali, sesuai dengan arahan pemerintah kabupaten agar setiap desa memiliki pemasukan tambahan.

Selain menjadi potensi wisata dan konservasi air, embung juga memiliki bahaya. Peningkatan volume air yang signifikan dalam waktu singkat yang dapat meningkatkan potensi kegagalan embung yang berakibat pada embung jebol (Motagh & Akhani, 2023). Di Indonesia, telah terjadi cukup banyak kejadian kegagalan embung. Mulai dari yang awal terkenal seperti Bencana Embung Situ Gintung yang menewaskan 100 orang (Arfiansyah & Nugroho, 2022). Hingga yang paling baru Bencana Embung di Pekalongan yang menewaskan dua orang (Yasa, 2024). Di lain pihak, perubahan iklim mengakibatkan peningkatan frekuensi cuaca ekstrem (Herlambang, 2025; Shahid et al., 2016) yang meningkatkan volume air dalam waktu singkat. Desa Gentungan adalah salah satu desa yang memiliki riwayat dan potensi bencana cuaca ekstrem (Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Karanganyar, 2021). Oleh karena itu, potensi bencana di Embung Setumpeng perlu diidentifikasi dan dibuat rencana mitigasi untuk mendukung keberlanjutan kawasan wisata beserta sosial dan budaya warga sekitar. Selain berperan dalam penanggulangan bencana dan keberlanjutan ekonomi desa, kajian ini juga selaras dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (SDG). Penelitian ini memiliki kontribusi untuk mewujudkan SDG 11 Kota dan Pemukiman yang Berkelanjutan karena dapat digunakan untuk mengembangkan wisata berbasis tata ruang yang aman dan tangguh terhadap bencana. Selain SDG 11, penelitian ini juga berperan dalam mewujudkan SDG 13 aksi perubahan iklim karena berperan serta dalam menanggulangi risiko cuaca ekstrem dan bencana yang meningkat akibat perubahan iklim.

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Desa Gentungan, Kecamatan Mojogedang, Kabupaten Karanganyar, Provinsi Jawa Tengah. Gerbang Embung Setumpeng berada pada koordinat 110°0'46,6992" lintang selatan dan 7°32'58,0992" bujur timur (Gambar 1) dengan luas 8.500 m<sup>2</sup>. Data dasar didapatkan dari Badan Informasi Geospasial, (2022).



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian (Badan Informasi Geospasial, 2022).



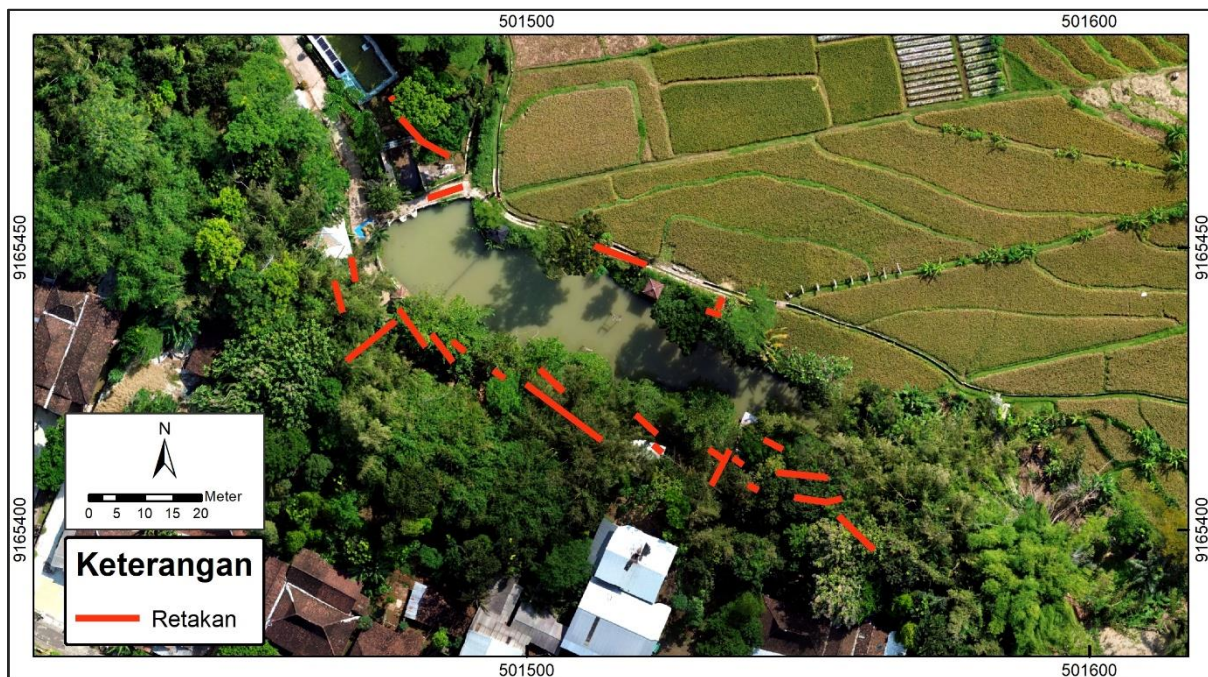
## METODE

Penelitian ini menggunakan metode survei lapangan dan wawancara kepada pengurus Desa Gentungan Kecamatan Mojogedang. Survei lapangan dilakukan untuk menilai kondisi fisik Embung Setumpeng dan lingkungannya, mencakup fasilitas wisata dan bangunan pendukung. Kegiatan survei meliputi observasi langsung, dokumentasi menggunakan kamera, pengukuran dimensi rekahan dengan meteran, pencatatan koordinat data dengan GPS, serta pengukuran arah dan kemiringan lereng dan rekahan dengan menggunakan kompas geologi. Faktor utama yang digunakan pada penilaian kondisi fisik embung adalah investigasi dan pengukuran keretakan atau rekahan yang ditemukan di lapangan. Retakan akan diukur panjangnya dan diplot pada peta. Citra yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang didapatkan dengan menggunakan *unmanned aerial vehicle* (UAV). Selain sebagai peta dasar, citra tersebut juga digunakan untuk analisis jangkauan bencana pada Embung Setumpeng. Data yang diperoleh digunakan sebagai dasar analisis potensi bahaya di kawasan embung. Selain observasi lapangan, wawancara kepada pemerintah desa juga dilakukan untuk mengetahui manajemen dan sejarah pembangunan embung.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Rekahan

Faktor pertama dan yang paling sering ditemui di lokasi adalah keberadaan rekahan atau retakan. Rekahan dan retakan tidak hanya diidentifikasi pada bangunan embung, tapi juga di area sekitar (Gambar 2). Sebagian besar rekahan terdapat di sisi selatan Embung Setumpeng. Rekahan paling pendek memiliki panjang 1,2 meter dan rekahan paling panjang adalah 27 meter. Hampir semua rekahan memiliki arah relatif barat laut tenggara. Dengan tanah penyusun berupa pasir pada lokasi, air hujan relatif mudah menginfiltrasi ke dalam tanah. Air hujan yang menginfiltrasi melalui rekahan yang tersebar akan meningkatkan potensi terjadinya longsor dikarenakan air mengurangi gaya kohesi material (Guzzetti et al., 2008). Bahkan telah ditemukan beberapa longsor yang menghancurkan bangunan pada lokasi penelitian. Gambar 3A menunjukkan longsor yang terjadi pada fondasi tempat ibadah dan Gambar 3B menunjukkan pergerakan tanah yang meruntuhkan tembok bangunan pada lokasi.



Gambar 2. Plot Rekahan/Retakan pada Lokasi Penelitian





**Gambar 3.** (A) Longsor pada Fondasi Tempat Ibadah, (B) Longsor pada Fasilitas Wisata

Penyebab rekahan yang ditemukan di lapangan diperkirakan karena adanya perubahan tata guna lahan dan juga penambahan beban. Menurut wawancara dengan pemerintah desa, sebelum menjadi embung, dulu lokasi hanyalah berupa sungai dan hutan. Hal ini juga didukung oleh citra satelit Google Earth bulan Mei tahun 2018 (Gambar 4) (Google Earth, 2018). Setelah berubah menjadi embung, tata guna lahan yang sebelumnya hutan berubah menjadi area wisata.



**Gambar 4.** (A) Kondisi Tata Guna Lahan Sebagai Hutan Sebelum Dibangun Embung (Google Earth, 2018). Area putih menunjukkan lokasi yang kini menjadi embung. (B) Kondisi Tata Guna Lahan Saat ini (Data Primer)

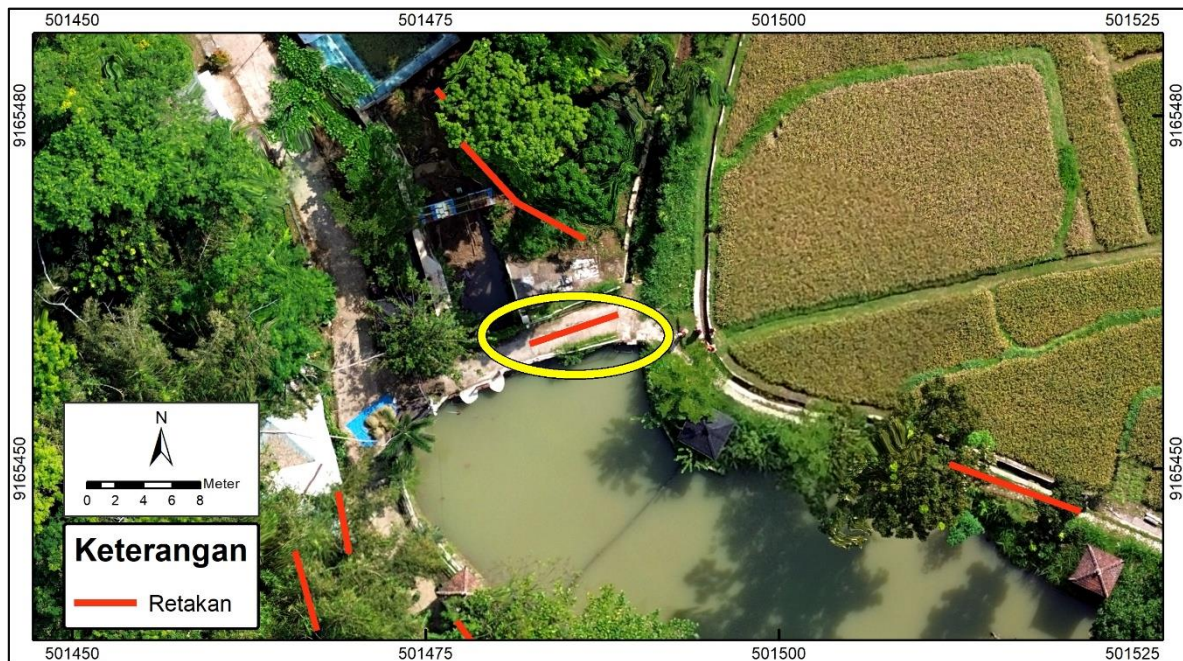
Perubahan tata guna lahan membawa dampak buruk pada kestabilan lereng di lokasi. Ketika lereng atau tebing di sekitar embung tererosi, tanah yang menjadi struktur penahan lereng alami mengalami penurunan kekuatan (Edil, 2010). Karena hal ini, tanah di atas lereng pun bergerak dan menghasilkan rekahan. Kondisi diperparah dengan meningkatnya jumlah bangunan di atas lereng, menyebabkan penambahan beban yang ditopang oleh tanah. Jika tidak ditangani, air hujan dapat menginfiltrasi ke dalam rekahan dan menyebabkan longsor (Li et al., 2022). Longsor sebagai bencana primer dapat membahayakan warga. Selain bahaya primer, longsor juga memiliki bahaya sekunder karena lokasinya yang berada dekat dengan embung. Ketika terjadi longsor, material akan masuk ke embung dan menyebabkan peningkatan ketinggian air secara mendadak. Perubahan ketinggian air yang mendadak tersebut dapat meningkatkan potensi kegagalan embung (Chen et al., 2023; Zhang et al., 2009).

#### **Kondisi Bangunan**

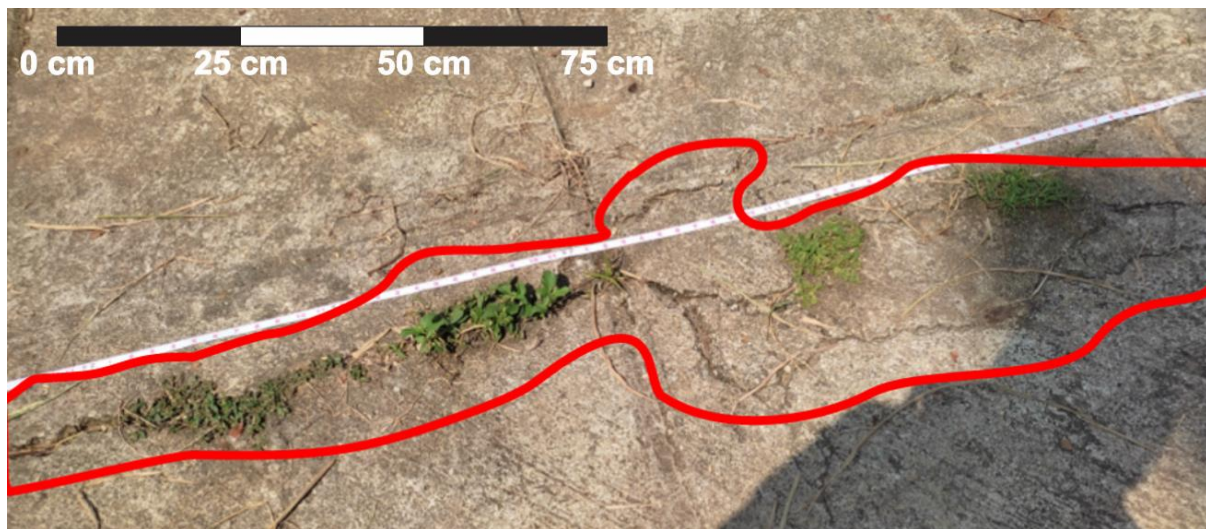
Bangunan yang menjadi objek survei utama adalah bangunan embung dan kolam renang pada kawasan wisata. Pada bangunan embung, ditemukan retakan pada jalan di bagian atas embung sepanjang 9,45 meter (Gambar 5).



Retakan pada jalan memiliki lebar bervariasi mulai dari beberapa mm hingga 3 cm. Tumbuhan paku-pakuan dan rumput telah tumbuh pada retakan dengan lebar lebih dari 1 cm (Gambar 6).



**Gambar 5.** Lokasi Retakan pada Jalan di Atas Embung



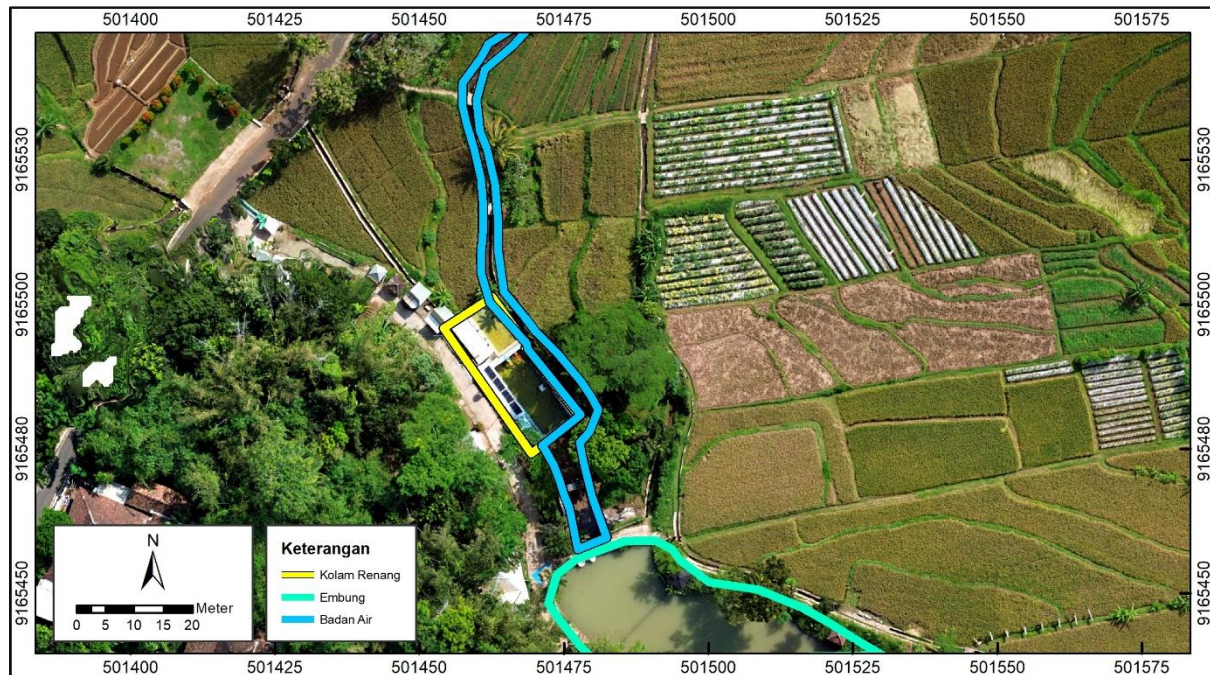
**Gambar 6.** Retakan di Jalan di Atas Embung yang Telah Ditumbuhi Tanaman

Berdasarkan wawancara dengan pemerintah desa, pihak kontraktor tidak memberi dokumentasi teknis pembangunan embung sehingga tidak diketahui spesifikasi atau kapasitas embung yang dibangun. Hal ini membuat analisis pada bangunan embung relatif terbatas. Jika retakan yang terjadi di atas bangunan embung hanyalah pada lapisan jalan, maka potensi bencana kegagalan embung masih relatif minim. Namun jika yang retak adalah tubuh embung itu sendiri, maka potensi bencana kegagalan embung menjadi sangat tinggi. Selain kegagalan struktur, kemungkinan lain yang menimbulkan retakan di atas embung adalah karena embung juga menjadi jalur sepeda motor bagi petani. Terdapat kemungkinan embung tidak dibangun untuk menahan beban sepeda motor yang lewat.

Pada bangunan kolam renang tidak ditemukan adanya retakan. Namun, posisi kolam renang yang berada di badan



sungai (Gambar 7) meningkatkan potensi bencananya. Bangunan yang fondasinya bersentuhan dengan air mengalir secara terus menerus akan menjadi tidak stabil karena erosi (Agyarko, 2012). Pada lokasi terlihat arus sungai telah mengikis tanah di bagian bawah kolam renang (Gambar 8). Pada jalan di sisi barat daya kolam renang juga telah mengalami retakan (Gambar 9). Dari data-data tersebut, dapat diinterpretasikan bahwa kolam renang telah bergerak dari posisi asal.



**Gambar 7.** Lokasi Kolam Renang di Badan Air



**Gambar 8.** Erosi pada Fondasi Kolam Renang.



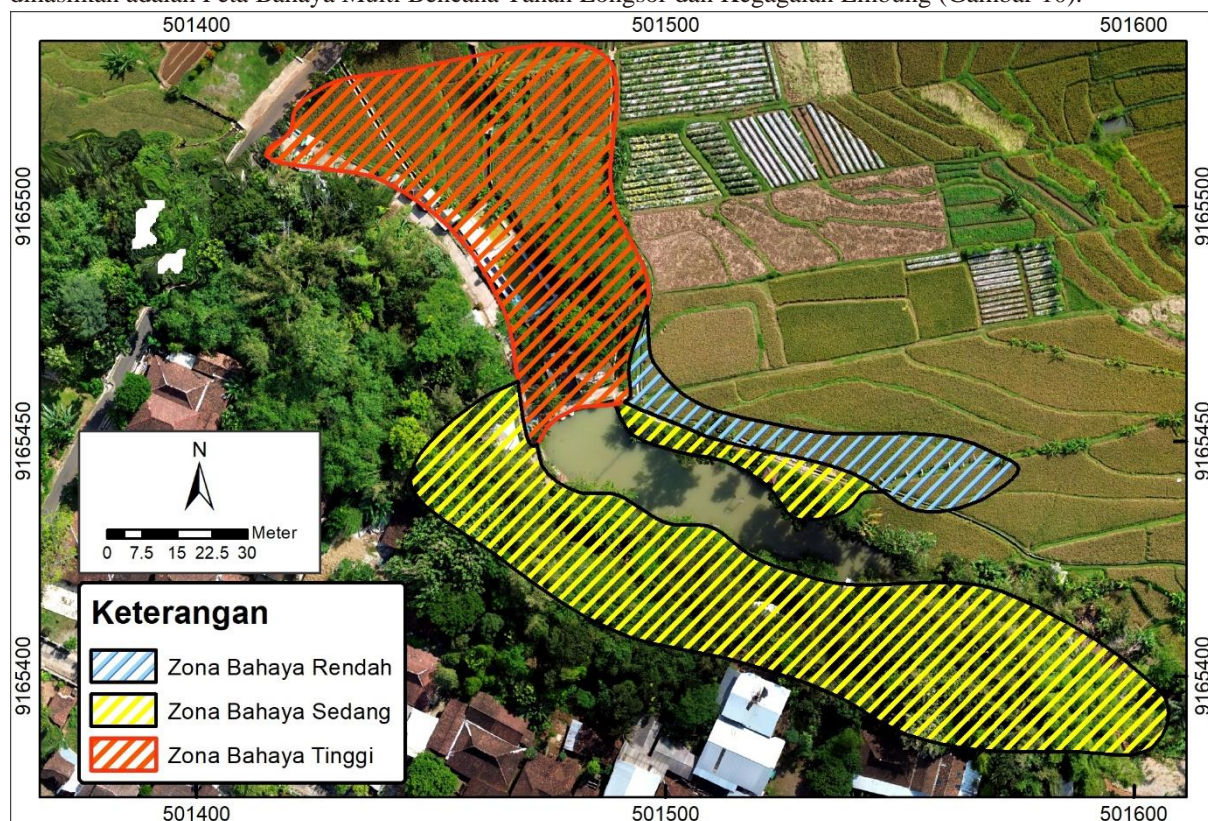


**Gambar 9.** Pengukuran Retakan di Samping Bangunan Kolam Renang

Selain kerusakan pada bangunan kolam renang, bangunan ini juga terpapar bahaya dari sumber lain. Jika terjadi kegagalan embung, maka kolam renang akan menjadi bangunan pertama yang terkena dampaknya. Menurut informasi dari kepala desa, kolam renang pada lokasi dulu sangat ramai dan diharapkan akan ramai kembali saat dibuka. Hal ini menjadikan risiko bencana pada area kolam renang menjadi sangat tinggi.

### Zona Bahaya

Berdasarkan data primer dan potensi bahaya yang dikumpulkan, didapatkan bahaya yang mengancam pada lokasi penelitian adalah tanah longsor dan kegagalan embung. Maka Peta zona bahaya pada Embung Setumpeng yang dihasilkan adalah Peta Bahaya Multi Bencana Tanah Longsor dan Kegagalan Embung (Gambar 10).



**Gambar 10.** Peta Zona Bahaya Lokasi Penelitian

Potensi bahaya yang paling utama dan paling besar adalah kegagalan embung. Secara dampak dan mekanisme, kegagalan embung memiliki karakteristik yang sama dengan banjir bandang. Oleh karena itu, wilayah di hilir embung yang dibatasi oleh topografi di kanan kirinya menjadi zona bahaya tinggi (Gambar 10). Ketika terjadi kegagalan embung, volume air yang tinggi akan bergerak dengan cepat dalam waktu singkat sehingga energi yang dihasilkan sangat besar dan membawa kerusakan yang parah (Ahmadalipour & Moradkhani, 2019; Terti et al., 2015). Hal ini menjadikan tingkat bahaya bencana kegagalan embung pada lokasi penelitian menjadi sangat tinggi. Bukan hanya kolam renang, sawah yang berada di topografi relatif lebih rendah di hilir embung juga memiliki potensi bahaya tinggi. Jika terjadi hujan ekstrem, kenaikan air embung secara drastis, atau telah ada tanda-tanda kegagalan embung seperti retakan yang membesar atau pergerakan tubuh embung (Duan et al., 2024), zona merah harus dihindari. Tidak disarankan untuk membangun fasilitas wisata pada zona merah. Jika tetap akan diberdayakan sebagai fasilitas wisata, maka pengawasan terhadap bahaya dan kondisi embung harus sangat ketat. Zona kuning berada di selatan embung dan tebing embung di sisi utara sungai (Gambar 10). Bahaya yang mengancam pada zona kuning adalah gerakan tanah atau tanah longsor dengan skala kecil. Karena skala yang kecil, maka bahaya yang ditimbulkan relatif lebih rendah dibandingkan bahaya yang diakibatkan oleh kegagalan embung. Area ini cocok dikembangkan untuk area wisata dengan memberlakukan pengawasan terhadap pergerakan tanah dan juga curah hujan. Pastikan retakan tidak dibiarkan terbuka dan pasang bambu atau pipa pada tebing untuk mengalirkan air yang menyerap ke tanah keluar. Dengan air yang menyerap dialirkan keluar, gaya kohesi tanah akan terjaga. Selain itu, lereng tidak akan mendapatkan beban tambahan dari kandungan airnya (Mukhlisin & Aziz, 2016; Urciuoli & Pirone, 2013). Dengan metode ini, bahaya tanah longsor dapat dikurangi. Terakhir adalah zona biru yang berada di sisi utara embung dan berjarak 1 meter dari tebing embung (Gambar 10). Pada zona ini tidak ditemukan adanya retakan dan tidak pula berada pada jalur aliran air jika terjadi kegagalan embung. Zona ini merupakan zona yang paling aman dibandingkan zona yang lainnya. Jika ingin dilakukan pengembangan, zona ini lebih cocok untuk pembangunan. Namun karena zona biru adalah sawah, perlu perkuatan fondasi dan perlakuan tanah yang tepat untuk mencegah kemunculan bencana baru, yaitu kegagalan fondasi. Penelitian potensi bencana pada area wisata Embung Setumpeng yang dilakukan memiliki kontribusi dalam mewujudkan SDG 11 kota dan pemukiman yang berkelanjutan karena mampu menghasilkan wisata yang aman, inklusif, dan tangguh terhadap bencana. Selain itu, penelitian ini juga berkontribusi dalam mewujudkan SDG 13 karena menanggulangi bencana yang mungkin terjadi karena perubahan iklim.

## **PENUTUP**

Berdasarkan survei lapangan yang dilakukan pada Embung Setumpeng, Desa Gentungan, Kecamatan Mojogedang, Kabupaten Karanganyar, zona bahaya dapat dibagi menjadi 3. Zona bahaya tinggi berada di hilir embung mengarah ke sisi barat laut. Tidak disarankan untuk menjadikan tempat ini sebagai wahana wisata. Apabila zona bahaya tinggi dikembangkan, diperlukan sistem pengawasan yang ketat dan pembatasan akses. Zona bahaya sedang berada di sisi selatan embung masih dapat dimanfaatkan untuk wahana wisata dengan beberapa tindakan penanggulangan seperti pemasangan sistem peringatan dini, pembatasan kapasitas pengunjung, atau pembuatan jalur evakuasi. Zona bahaya rendah berada di sisi utara dan timur laut kawasan wisata. Namun jika zona bahaya rendah dikembangkan menjadi wahana wisata juga, perlu ada inspeksi fondasi dan pengelolaan vegetasi lereng.

Rencana Pemerintah Desa Gentungan untuk mengaktifkan kembali Embung Setumpeng sebagai wahana wisata sebaiknya disertai beberapa langkah penanggulangan. Beberapa langkah penanggulangan yang dapat ditempuh desa adalah larangan didirikannya bangunan permanen di zona merah, pengaturan pemanfaatan ruang di area sekitar embung, penyusunan prosedur tanggap darurat, atau pemasangan sistem peringatan dini bahaya. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan analisis data dukung dan daya tampung lahan berdasarkan karakteristik fisik tanah dan batuan. Dengan penelitian zona bahaya yang dilakukan, SDG 11 dan SDG 13 dapat tercapai karena wisata Embung Setumpeng bisa menjadi wisata yang aman dan tangguh bencana serta menanggulangi perubahan iklim.

## **Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sebelas Maret (UNS) atas dukungan pendanaan melalui



skim Pengabdian Kepada Masyarakat Hibah Grup Riset (PKM HGR-UNS) Tahun Anggaran 2025 dengan Nomor Kontrak: 370/UN27.22/PT.01.03/2025 yang bersumber dari dana Non APBN UNS Tahun Anggaran 2025. Dukungan ini sangat berarti dalam pelaksanaan dan penyelesaian kegiatan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agyarko, K. (2012). Soil Erosion around Foundations of Houses in Four Communities in Ghana. *Open Journal of Soil Science*, 02, 28–32. <https://doi.org/10.4236/ojss.2012.21005>
- Ahmadalipour, A., & Moradkhani, H. (2019). A data-driven analysis of flash flood hazard, fatalities, and damages over the CONUS during 1996–2017. *Journal of Hydrology*, 578, 124106. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124106>
- Arfiansyah, T. R., & Nugroho, R. S. (2022). *Sejarah Jebolnya Tanggul Situ Gintung 27 Maret 2009, 100 Orang Tewas*. Kompas. <https://www.kompas.com/tren/read/2022/03/27/093000765/sejarah-jebolnya-tanggul-situ-gintung-27-maret-2009-100-orang-tewas?page=all>
- Badan Informasi Geospasial. (2022). *RBI per Wilayah*. <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/unduh/rbi-wilayah>
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Karanganyar. (2021). *Cuaca Extrim*. <https://bpbdb.karanganyarkab.go.id/?p=2871>
- Chen, C., Wang, Y., Zhang, J., Zhang, H., Li, H., & Chen, Q. (2023). A preliminary study of landslide dam failures induced by the combined influence of piping and overtopping. *Journal of Hydrology*, 625, 129984. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129984>
- Duan, Z., Chen, J., Xie, J., Li, Q., Zhang, H., & Chen, C. (2024). Study on the Evolution Characteristics of Dam Failure Due to Flood Overtopping of Tailings Ponds. In *Water* (Vol. 16, Issue 17). <https://doi.org/10.3390/w16172406>
- Edil, T. B. (2010). Erosion, slope stability, prediction of future recession in actively eroding slopes. *Geotechnical Engineering*, 41(4).
- Google Earth. (2018). *Imagery of location near -7.54991839, 111.01381669*. [https://earth.google.com/web/@-7.54991839,111.01381669,275.73915628a,476.83539387d,35y,0.00000001h,17.64950003t,359.9998959r/data=ChYqEAgBEgoyMDE4LTA1LTE0GABCAggBOgMKATBCAggASgOI\\_\\_\\_\\_\\_ARAA?utm\\_source=earth7&utm\\_campaign=vine&hl=en%0A](https://earth.google.com/web/@-7.54991839,111.01381669,275.73915628a,476.83539387d,35y,0.00000001h,17.64950003t,359.9998959r/data=ChYqEAgBEgoyMDE4LTA1LTE0GABCAggBOgMKATBCAggASgOI_____ARAA?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=en%0A)
- Guzzetti, F., Peruccacci, S., Rossi, M., & Stark, C. P. (2008). The rainfall intensity-duration control of shallow landslides and debris flows: An update. *Landslides*, 5(1), 3–17. <https://doi.org/10.1007/s10346-007-0112-1>
- Herlambang, D. (2025). *BMKG: 2024 Jadi Tahun Terpanas Sepanjang Sejarah, Perubahan Iklim Kian Membahayakan Kesehatan Publik*. Badan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika. <https://www.bmkg.go.id/berita/utama/bmkg-2024-jadi-tahun-terpanas-sepanjang-sejarah-perubahan-iklim-kian-membahayakan-kesehatan-publik>
- Li, T., Li, Y., Zhao, D., Hu, X., & Li, P. (2022). Thoughts on modes of loess slope failure triggered by water infiltration and the principals for stability analysis. *Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 33(2), 25–32. <https://doi.org/10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2022.02-04>
- Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2018). *Surat Edaran Nomor: 07/SE/M/2018 tentang Pedoman Pembangunan Embung Kecil dan Bangunan Penampung Air Lainnya di Desa*. Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Motagh, M., & Akhani, H. (2023). The cascading failure of check dam systems during the 28 July 2022 Emamzadeh Davood flood in Iran. *Natural Hazards*, 116(3), 4051–4057. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05814-4>
- Mukhlisin, M., & Aziz, N. A. B. A. (2016). Study of horizontal drain effect on slope stability. *Journal of the Geological Society of India*, 87(4), 483–490. <https://doi.org/10.1007/s12594-016-0417-6>
- Mulati. (2023). *Cari Wisata Alam Pedesaan, Embung Setumpeng di Karanganyar Jadi Alternatif Wisatawan*. <https://www.rri.co.id/surakarta/vlog/4148/cari-wisata-alam-pedesaan-embung-setumpeng-di-karanganyar-jadi-alternatif-wisatawan>
- Shahid, S., Wang, X. J., Harun, S. Bin, Shamsudin, S. B., Ismail, T., & Minhans, A. (2016). Climate variability and changes in the major cities of Bangladesh: observations, possible impacts and adaptation. *Regional Environmental Change*, 16(2), 459–471. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0757-6>
- Terti, G., Ruin, I., Anquetin, S., & Gourley, J. J. (2015). Dynamic vulnerability factors for impact-based flash flood prediction. *Natural Hazards*, 79(3), 1481–1497. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1910-8>
- Urciuoli, G., & Pirone, M. (2013). *Subsurface Drainage for Slope Stabilization BT - Landslide Science and Practice: Volume 6: Risk Assessment, Management and Mitigation* (C. Margottini, P. Canuti, & K. Sassa (eds.); pp. 577–585). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-31319-6\\_74](https://doi.org/10.1007/978-3-642-31319-6_74)
- Yasa, R. M. (2024). *Jebolnya Tanggul Waduk Pabrik Sebabkan Banjir Bandang di Pekalongan*. Kompas.





<https://www.kompas.id/artikel/jebolnya-tanggul-waduk-pabrik-sebabkan-banjir-bandang-di-pekalongan>  
Zhang, L., Xu, Y., & Jia, J. S. (2009). Analysis of earth dam failures: A database approach. *Georisk*, 3(3), 184–189. <https://doi.org/10.1080/17499510902831759>