

Assessment of Damaged Infrastructure Due To Flash Floods and Landslides in Tanah Datar And Agam Regencies, West Sumatra Province

Asesmen Infrastruktur Yang Rusak Akibat Bencana Banjir Bandang dan Tanah Longsor di Kabupaten Tanah Datar dan Agam, Provinsi Sumatera Barat

**Fauzan^{1,2*}, Bambang Istijono³, Febrin Anas Ismail⁴, Abdul Hakam⁵, Yenny Narny⁶,
Geby Aryo Agista⁷, Aditya Abdi Pratama⁸, Cindy Murdianan Guci⁹**

^{1,4,5,7,8,9} Departemen Teknik Sipil, Universitas Andalas

²Pusat Studi Bencana Universitas Andalas

³Sekolah Pascasarjana, Universitas Andalas

⁶Departemen Sejarah, Fakultas Ilmu Budaya, Universitas Andalas

*e-mail: fauzan@eng.unand.ac.id¹, bistijono@eng.unand.ac.id², febrin@eng.unand.ac.id³,
ahakam@eng.unand.ac.id⁴, yennynarny@hum.unand.ac.id⁵, gebyaryo@gmail.com⁶,
adityaabdi10@gmail.com⁷, cmurdiamang18@gmail.com⁸

Abstract

On Saturday, May 11, 2024, a natural disaster involving cold lahar floods and landslides occurred in Tanah Datar and Agam Regencies, West Sumatra Province. This disaster was triggered by high-intensity rainfall upstream of Mount Marapi, which caused rain-induced lahar flows. Moderate to heavy rainfall eroded and carried volcanic sediment deposits, forming lahar flows. The disaster caused significant damage, including destruction of infrastructure such as roads and bridges, public buildings like mosques and offices, residential houses, and loss of lives. In response to the disaster, Andalas University, through its Disaster Response Center Team from the Research and Community Service Institute (LPPM), conducted a site survey of the affected areas on Monday, May 13, 2024. This community service activity was carried out to assess the damaged infrastructure caused by the flash floods, providing solutions and recommendations for repair and reinforcement, and ensuring the infrastructure's usability post-disaster. This community service (PkM-P) activity was carried out using a comprehensive methodological approach employing field survey techniques. The survey was conducted to gain a clear understanding of the physical condition of the cliffs and their surrounding environment along the Padang-Bukittinggi national road at the coordinates 0°29'36"S 100°20'20"E, which are in a critical state following the Anai River flash flood. The activities included preparation and planning, field surveys, data collection and analysis, as well as reporting and recommendations. The assessment results indicated that the previously implemented methods failed to withstand the high flood pressure. Recommendations for repair and reinforcement include the construction of levees and stream diversions in the Anai River, road drainage systems, planting stronger vegetation, road realignment, and routine monitoring.

Keywords: Flash Floods, Landslides, Infrastructure, Assessment, Recommendations

Abstrak

Sabtu, 11 Mei 2024, telah terjadinya bencana banjir bandang lahar dingin dan tanah longsor di Kabupaten Tanah Datar dan Kabupaten Agam, Provinsi Sumatera Barat. Bencana alam ini terjadi akibat intensitas hujan tinggi di hulu Gunung Marapi dan memicu aliran lahar hujan. Hujan dengan intensitas sedang hingga lebat menyebabkan air hujan menyerap dan menggerus endapan material vulkanik yang kemudian membentuk aliran lahar. Bencana ini menyebabkan kerusakan signifikan, diantaranya kerusakan pada infrastruktur seperti jalan dan jembatan, bangunan publik seperti masjid, kantor, dan rumah masyarakat, serta korban jiwa. Sehubungan dengan telah terjadinya bencana banjir dan tanah longsor di Kabupaten Tanah Datar dan Kabupaten Agam, Universitas Andalas melalui Tim Pusat Tanggap Bencana dan Pusat Studi Bencana, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Andalas telah melakukan survei lokasi bencana banjir ke daerah terdampak pada Senin, 13 Mei 2024. Kegiatan Pengabdian ini dilakukan untuk penilaian (asesmen) infrastruktur yang rusak akibat bencana banjir bandang serta diberikan solusi dan rekomendasi perbaikan dan penguatan sehingga infrastruktur tersebut dinilai layak digunakan kembali pasca bencana. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat penugasan (PkM-P) ini dilakukan menggunakan pendekatan metodologi yang komprehensif dengan menggunakan teknik survei

lapangan. Survei ini dilakukan untuk mendapatkan pemahaman yang jelas tentang kondisi fisik tebing dan lingkungan sekitarnya di jalan nasional Padang-Bukittinggi pada koordinat $0^{\circ}29'36''$ S $100^{\circ}20'20''$ E, yang berada dalam kondisi kritis setelah banjir bandang Sungai Anai. Kegiatan pengabdian ini meliputi persiapan dan perencanaan, survei lapangan, pengumpulan dan analisis data, dan pelaporan dan rekomendasi. Hasil dari kegiatan asesmen menunjukkan bahwa metode yang diberikan sebelumnya dinilai tidak efektif dalam menghadapi tekanan banjir yang besar. Rekomendasi untuk perbaikan dan perkuatan diantaranya pembangunan tanggul dan pengalihan aliran di sungai Anai, drainase jalan, penanaman vegetasi yang lebih kuat, pergeseran badan jalan, dan pemantauan rutin.

Kata kunci: Banjir Bandang, Longsor, Infrastruktur, Asesmen, Rekomendasi

1. PENDAHULUAN

Pada Sabtu, 11 Mei 2024, telah terjadinya bencana banjir bandang lahar dingin dan tanah longsor di Kabupaten Tanah Datar dan Kabupaten Agam, Provinsi Sumatera Barat. Bencana alam ini terjadi akibat intensitas hujan tinggi di hulu Gunung Marapi dan memicu aliran lahar hujan. Hujan dengan intensitas sedang hingga lebat menyebabkan air hujan menyerap dan menggerus endapan material vulkanik yang kemudian membentuk aliran lahar. Ditambah lagi, wilayah lereng gunung yang curam mempercepat aliran lahar dingin karena memungkinkan air hujan yang mengalir untuk menggerus material vulkanik dengan lebih cepat dan kuat. Getaran gempa kecil juga berperan dalam mengganggu stabilitas lereng gunung, yang dapat menyebabkan longsor dan penumpukan material di daerah hulu sungai. Kombinasi dari faktor-faktor tersebut menyebabkan terjadinya banjir lahar dingin yang menyebabkan kerusakan besar dan menimbulkan korban jiwa serta kerugian materi yang besar (Arif, 2019; Prastiyani, A. E., & Solikin, A., 2022). Banjir bandang ini menyebabkan lalu lintas jalan nasional yang menghubungkan Kota Padang dan Bukittinggi mengalami lumpuh total, seperti yang terlihat pada Gambar 1. Material banjir bandang yang terbawa terdiri dari batu-batuan, lumpur, kayu, bahkan material lain yang membahayakan.



Gambar 1. Jalan nasional yang menghubungkan Kota Padang dan Bukittinggi putus akibat banjir bandang

Jalan nasional Padang-Bukittinggi merupakan salah satu jalur transportasi utama yang menghubungkan wilayah Sumatera Barat dengan berbagai daerah di sekitarnya. Jalan ini memainkan peran penting dalam perekonomian lokal dengan memfasilitasi pergerakan barang dan orang antara pusat-pusat ekonomi. Pada koordinat $0^{\circ}29'36''$ S $100^{\circ}20'20''$ E, jalur ini menghadapi fitur yang sangat menantang: tebing curam dengan elevasi jalan +373 m dan elevasi dasar sungai +317 m. Tebing setinggi 56 m ini hanya berjarak 3 m dari tepi jalan aspal, sehingga sangat rentan terhadap erosi dan tanah longsor, terutama setelah banjir di Sungai Anai. Sungai

Anai yang mengalir di sepanjang dasar tebing memiliki dasar sungai yang curam dan mengalami debit yang tinggi, terutama pada saat musim hujan. Banjir pada waktu-waktu tertentu mengakibatkan peningkatan tekanan air pada struktur tebing, sehingga menyebabkan erosi pada dasar sungai dan melemahkan fondasi tebing. Peristiwa tersebut sering memicu terjadinya longsor yang merusak tebing dan menjadi ancaman yang signifikan bagi keselamatan jalan nasional di dekatnya. Kondisi ini diperparah dengan tingginya intensitas curah hujan di wilayah tersebut yang semakin meningkatkan kemungkinan terjadinya longsor (Istijono, B., & Ophiyandri, T., 2019; Ndabezitha, K. E., Mubangizi, B. C., & John, S. F., 2024). Kondisi tebing sebelum longsor di Malibau Anai dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kondisi tebing sebelum longsor (Sumber : google earth, 23 Februari 2024)

Kerentanan tebing di lokasi ini tidak hanya berdampak pada stabilitas fisik infrastruktur jalan, tetapi juga berdampak negatif pada keselamatan pengguna jalan (Andriani, A., et al, 2024; Istijono, B., & Hakam, A., 2016; Wei, M., & Xu, J., 2024). Setiap kejadian longsor dapat mengakibatkan terganggunya jalur transportasi, yang menyebabkan gangguan ekonomi dan sosial yang cukup besar bagi masyarakat yang bergantung pada jalan ini (Cao, S., Ye, H., & Zhan, Y., 2010). Oleh karena itu, asesmen infrastruktur jalan sangat penting untuk memastikan operasi jalan nasional Padang-Bukittinggi yang aman dan berkelanjutan.

Kegiatan Pengabdian (PkM-P) ini dilakukan untuk mengevaluasi (asesmen) infrastruktur yang rusak akibat bencana banjir bandang serta diberikan solusi dan rekomendasi perbaikan dan perkuatan sehingga infrastruktur tersebut dinilai layak digunakan kembali pasca bencana. Kegiatan ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi untuk meningkatkan perlindungan tebing jalan di masa datang (Tumpu, M. et al, 2023).

2. METODE PELAKSANAAN KEGIATAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilakukan menggunakan pendekatan metodologi yang komprehensif dengan menggunakan teknik survei lapangan. Survei ini dilakukan untuk mendapatkan pemahaman yang jelas tentang kondisi fisik tebing dan lingkungan sekitarnya. Tempat dilaksanakan pengabdian yaitu di jalan nasional Padang-Bukittinggi pada koordinat 0°29'36 "S 100°20'20" E, yang berada dalam kondisi kritis setelah banjir bandang Sungai Anai. Kegiatan pengabdian ini meliputi persiapan dan perencanaan, survei lapangan, pengumpulan dan analisis data, dan pelaporan dan rekomendasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Persiapan dan perencanaan

Tahap persiapan dan perencanaan yang dilakukan yaitu pembentukan tim tanggap darurat. Sehubungan dengan telah terjadinya bencana banjir dan tanah longsor di Kabupaten Tanah Datar dan Kabupaten Agam, Universitas Andalas melalui Tim Pusat Tanggap Bencana dan Pusat Studi Bencana, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Andalas telah melakukan survei lokasi bencana banjir ke daerah terdampak pada Senin, 13 Mei 2024. Kegiatan ini dilakukan berdasarkan surat tugas perjalanan dinas dengan No.38/UN16.19/PM.01.02/ 2024, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Persiapan keberangkatan menuju lokasi bencana banjir bandang dan tanah longsor di kabupaten tanah datar dan agam, provinsi sumatera barat

Pelaksanaan survei lapangan

Kegiatan survei lapangan dilaksanakan pasca terjadinya banjir bandang dan tanah longsor (Gambar 4).



Gambar 4. Kegiatan survei lokasi kerusakan

Pengumpulan dan analisis data

Hasil survei lapangan yang dilakukan setelah banjir di Sungai Anai menunjukkan adanya perubahan morfologi yang signifikan pada tebing yang terletak di 0°29'36 "S 100°20'20 "E di sepanjang jalan nasional Padang- Bukittinggi. Banjir menyebabkan erosi yang parah di dasar

tebing, yang menyebabkan hilangnya material tanah dan batuan. Erosi ini mengakibatkan ketidakstabilan lereng yang diperparah oleh kemiringan tebing yang sangat curam (Gambar. 5).



Gambar 5. Kondisi tebing setelah banjir bandang (11 Mei 2024)

Setelah banjir, beberapa retakan baru teramati di bagian tengah hingga atas tebing, yang mengindikasikan adanya peningkatan risiko longsor. Retakan-retakan ini diakibatkan oleh tekanan air yang masuk ke dalam tanah melalui pori-pori tanah selama banjir, sehingga meningkatkan tekanan air pori dan mengurangi kekuatan geser tanah [2]. Selain itu, bagian tebing yang berdekatan dengan aliran sungai mengalami pengurangan ketinggian akibat proses erosi lateral yang semakin memperlemah pondasi tebing. Sementara itu, kelongsoran tebing jalan di lokasi Malibau Anai masih perlu diperbaiki.

Dampak terhadap jalan nasional dan keselamatan pengguna jalan

Perubahan morfologi tebing setelah banjir berdampak langsung pada jalan nasional yang hanya berjarak 1 meter dari tebing (Gambar. 5).



Gambar 6. Kondisi tebing dengan bahu jalan sejauh 1 meter

Berkurangnya stabilitas tebing meningkatkan risiko longsor (Gambar. 6), yang berpotensi merusak jalur transportasi vital ini akibat erosi air sungai. Deformasi kecil telah diamati pada permukaan jalan di beberapa area, yang mengindikasikan adanya potensi pergerakan tanah di bawah lapisan aspal.

Risiko ini menimbulkan kekhawatiran serius bagi keselamatan pengguna jalan. Jalan nasional Padang-Bukittinggi merupakan jalur transportasi utama yang menghubungkan berbagai daerah di Sumatera Barat sehingga setiap gangguan dapat menimbulkan dampak ekonomi dan sosial yang signifikan. Selain itu, kemungkinan terjadinya tanah longsor saat hujan lebat atau banjir susulan meningkatkan kebutuhan akan tindakan pencegahan yang mendesak. Pemasangan pagar pembatas di sepanjang bahu jalan akan menjadi solusi sementara yang efektif untuk mencegah pengendara kendaraan bermotor mendekati tebing dan melindungi kendaraan agar tidak tergelincir ke tepi.

Efektivitas langkah-langkah perlindungan tebing yang telah diterapkan

Evaluasi terhadap langkah-langkah perlindungan tebing yang telah diterapkan menunjukkan hasil yang beragam. Pemasangan dinding penahan tanah di beberapa area telah berhasil mengurangi tingkat erosi di dasar tebing dan meningkatkan stabilitas lokal. Namun, dinding-dinding ini belum sepenuhnya menahan aliran air yang kuat selama banjir besar, yang menyebabkan terbentuknya pusaran air pada saat terjadi benturan air, yang menyebabkan beberapa bagian struktur rusak atau bergeser.

Saluran drainase yang dibangun untuk mengendalikan aliran air permukaan juga menunjukkan hasil positif dalam mengurangi tekanan air pada tebing. Namun, kapasitasnya tidak mencukupi untuk menangani volume air yang besar selama banjir ekstrem, yang mengakibatkan genangan air di beberapa titik dan ketidakstabilan tebing.

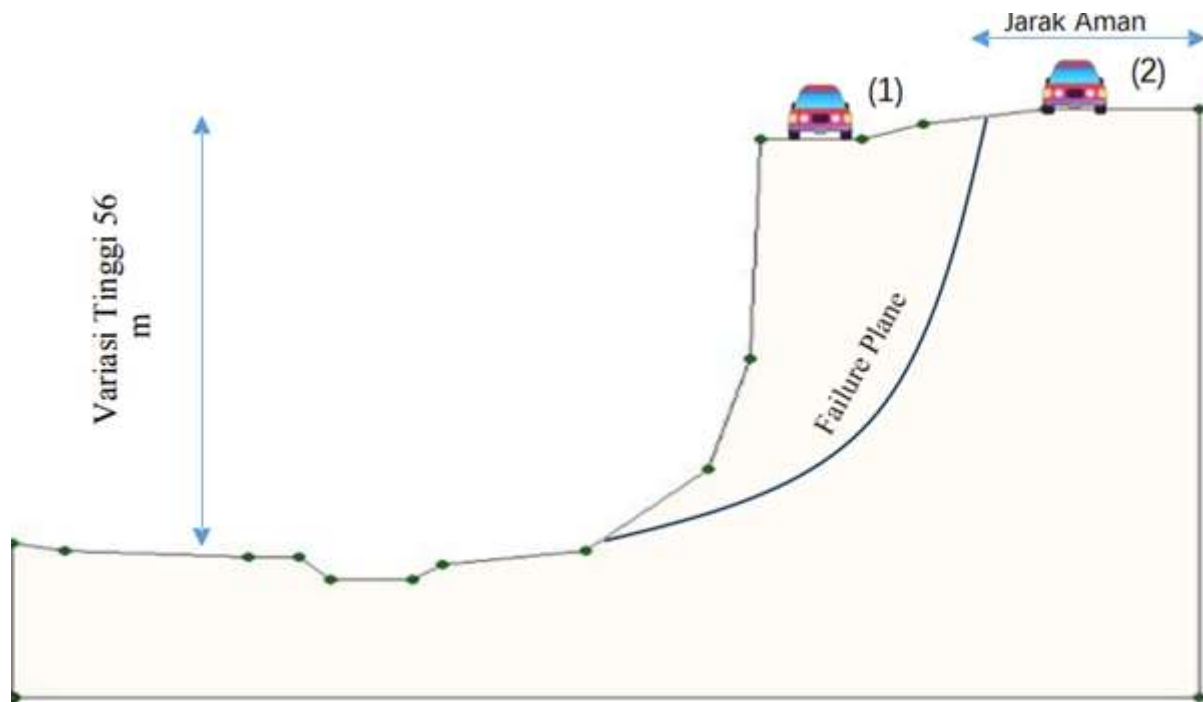
Vegetasi alami di sepanjang tebing telah mencapai tingkat keberhasilan yang cukup tinggi dalam menstabilkan tanah. Meskipun akar vegetasi membantu memperkuat lapisan tanah lapisan atas, namun tidak cukup untuk menahan pergerakan tanah yang lebih dalam, terutama selama kondisi jenuh air. Hal ini menyoroti perlunya vegetasi yang lebih kuat atau kombinasi dari metode rekayasa untuk meningkatkan efektivitas.

Rekomendasi untuk perbaikan dan peningkatan perlindungan tebing

- **Meningkatkan Kapasitas Drainase**
Saluran drainase jalan yang ada perlu ditingkatkan untuk mengatasi volume air yang lebih besar, terutama selama kejadian hujan ekstrem. Saluran tambahan atau sistem pengalihan air darurat mungkin diperlukan untuk mencegah penumpukan air di tebing.
- **Penggunaan Rekayasa Vegetasi yang Lebih Efektif**
Vegetasi dengan sistem perakaran yang lebih dalam dan lebih kuat dapat meningkatkan stabilitas tanah, terutama di lapisan tanah yang lebih dalam. Selain itu, menggabungkan vegetasi dan teknik penguatan tanah lainnya, seperti penggunaan jaring geotekstil, dapat membantu mengurangi risiko tanah longsor.
- **Pergeseran Badan Jalan**
Dalam jangka menengah, jalan yang saat ini memiliki lebar 2 x 3,60 meter, harus ditata ulang untuk menjauhkannya dari daerah rawan longsor (Gambar 7).
- **Pemantauan dan Pemeliharaan Berkala**
Sistem pemantauan otomatis yang mendeteksi pergerakan tanah dan perubahan tekanan air pori harus diimplementasikan untuk memberikan peringatan dini terhadap potensi tanah longsor. Selain itu, pemeliharaan rutin struktur penahan dan saluran drainase harus dilakukan untuk memastikan efektivitasnya.

Dengan menerapkan rekomendasi ini, diharapkan perkuatan di jalan nasional Padang-Bukittinggi dapat ditingkatkan, sehingga risiko longsor dapat diminimalisir dan keamanan serta

keberlanjutan jalur transportasi ini dapat dipertahankan.



Gambar 7. Ilustrasi tebing dengan bahu jalan (1) Eksisting; (2) Jalan dengan jarak aman

4. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian (PkM-P) ini menganalisa kondisi tebing di lokasi $0^{\circ}29'36''$ S $100^{\circ}20'20''$ E di jalan nasional Padang-Bukittinggi, yang terletak di atas Sungai Anai, dan mengevaluasi keefektifan tindakan perlindungan tebing yang diterapkan setelah banjir. Hasil survei lapangan dan pengukuran geoteknik menunjukkan bahwa tebing di lokasi penelitian memiliki kemiringan yang sangat curam, dengan jarak dari jalan hanya sekitar 1 meter. Struktur tanah pada tebing ini didominasi oleh material yang mudah mengalami erosi dan longsor, terutama pada bagian dasar tebing, akibat pengaruh aliran Sungai Anai. Meningkatnya tekanan air pori pada saat banjir dan tingginya kandungan air tanah setelah curah hujan yang tinggi menyebabkan berkurangnya kekuatan geser tanah, sehingga meningkatkan risiko longsor.

Analisis visual Sungai Anai menunjukkan bahwa banjir di wilayah ini memiliki dampak yang signifikan terhadap erosi dasar sungai dan melemahkan fondasi tebing. Banjir mempercepat erosi lateral, mengikis dasar tebing dan selanjutnya mengurangi stabilitas lereng secara keseluruhan. Efek-efek ini diperparah oleh perubahan debit sungai yang tidak terduga, yang meningkatkan tekanan hidrolik pada struktur tebing.

Langkah-langkah perkuatan tebing yang diterapkan memiliki dampak positif dalam mengurangi risiko longsor. Namun, efektivitasnya bervariasi tergantung pada lokasi dan kondisi spesifik tebing. Meskipun langkah-langkah ini berhasil dalam jangka pendek, evaluasi menunjukkan bahwa beberapa daerah masih mengalami penurunan stabilitas, terutama di bagian tebing yang secara langsung terkena dampak langsung dari erosi Sungai Anai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Andalas yang telah memberikan pendanaan dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat Penugasan (PKM-P) melalui RKAT Tahun 2024 dengan No.6/UN16.19/PM.03.03/ PKM-P/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, A., Istijono, B., Alfito, A., Akmal, F., & Adji, B. M. (2024). Identification of Landslide Hazard in Residential Area Kubang Tengah District, Sawahlunto. *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*, 5(2), 1154-1164.
- Arif, M. (2019). Analisis Wilayah Berpotensi Banjir Daerah Sumatera Barat Untuk Pelaksanaan Pembelajaran Geografi Berorientasi Bencana Alam. *Jurnal kepemimpinan dan pengurusan sekolah*, 4(1), 53-60.
- Cao, S., Ye, H., & Zhan, Y. (2010). Cliff roads: An ecological conservation technique for road construction in mountainous regions of China. *Landscape and Urban Planning*, 94(3-4), 228-233.
- Istijono, B., & Hakam, A. (2016). Development of Stability Criteria for Risk Reduction in The Sianok Canyon in Bukittinggi Indonesia. *International Journal of Earth Sciences and Engineering* ISSN, 0974-5904.
- Istijono, B., & Ophiyandri, T. (2019). A study of the quality of soil infiltration at the downstream of Kuranji River, Padang City. *GEOMATE Journal*, 16(56), 16-20.
- Ndabezitha, K. E., Mubangizi, B. C., & John, S. F. (2024). Adaptive capacity to reduce disaster risks in informal settlements. *Jàmbá-Journal of Disaster Risk Studies*, 16(1), 1488.
- Prastiyani, A. E., & Solikin, A. (2022). Mekanisme Pelaksanaan Anggaran Kegiatan Rehabilitasi Dan Rekonstruksi Pascabencana Di Kabupaten Purworejo. *Jurnal Bisnis & Akuntansi Unsurja*, 7(1).
- Tumpu, M., Jamal, M., Syahrir, M., Pasanda, O. S., Lopian, F. E. P., Rustam, M. S. P. A., ... & Muliawan, I. W. (2023). Infrastruktur berbasis mitigasi bencana. *TOHAR MEDIA*.
- Wei, M., & Xu, J. (2024). Assessing road network resilience in disaster areas from a complex network perspective: A real-life case study from China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 100, 104167.