



Homepage Journal: <https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/JKS>

Analisis Gerakan Tanah akibat Siklon Tropis Seroja dan Dampaknya terhadap Banjir Bandang di Pulau Adonara, Kabupaten Flores Timur, NTT, April 2021: Studi Evaluatif terhadap Strategi Mitigasi Bencana Hidrometeorologi

Analysis of Landslides Caused by Tropical Cyclone Seroja and Their Impact on Flash Floods on Adonara Island, East Flores Regency, NTT, April 2021: An Evaluative Study of Hydrometeorological Disaster Mitigation Strategies

Anastasia Giska G Banase¹, Maria Krisyanti Mala Limahekin^{2*}, Jerold Davis Nepa Fay³

¹⁻³Program Studi Ilmu Administrasi Negara, Universitas Nusa Cendana Kupang NTT, Jl. Matani Raya, Lasiana – Kupang – Nusa Tenggara Timur

***Corresponding Author: E-mail: mariahekin11@gmail.com**

Artikel Penelitian

Article History:

Received: 27 Apr, 2026

Revised: 11 Jun, 2026

Accepted: 25 Jun, 2026

Kata Kunci:

Siklon Tropis Seroja, Gerakan Tanah, Banjir Bandang, Adonara, Flores Timur, Mitigasi Bencana, NTT, Debris Flow, Dam Break Failure

Keywords:

Tropical Cyclone Seroja, Land Movement, Flash Flood, Adonara, East Flores, Disaster Mitigation, NTT, Debris Flow, Dam Break Failure

DOI: [10.56338/jks.v9i6.11512](https://doi.org/10.56338/jks.v9i6.11512)

ABSTRAK

Bencana banjir bandang dan tanah longsor yang melanda Pulau Adonara, Kabupaten Flores Timur, Nusa Tenggara Timur (NTT) pada 4 April 2021 merupakan salah satu bencana hidrometeorologi terparah dalam sejarah provinsi tersebut. Dipicu oleh Siklon Tropis Seroja yang oleh BMKG (2021) dikategorikan sebagai siklon paling intensif dalam catatan modern di perairan Flores dengan kecepatan angin mencapai 95 knot peristiwa ini mengakibatkan 72 jiwa meninggal dunia di Kabupaten Flores Timur, 76 orang luka-luka, 1 orang dinyatakan hilang, 27.560 jiwa terdampak, 2.579 jiwa mengungsi, serta terputusnya akses jalan dan lima jembatan utama di Pulau Adonara secara total. Kerugian ekonomi ditaksir mencapai Rp 1,2 triliun berdasarkan estimasi BNPB (2021). Dalam lingkup NTT secara keseluruhan, total korban meninggal dunia akibat Siklon Seroja mencapai 179 jiwa (Wakil Gubernur NTT, 2021). Penelitian ini bertujuan menganalisis mekanisme gerakan tanah yang dipicu Siklon Tropis Seroja, mendokumentasikan dampak banjir bandang terhadap infrastruktur dan masyarakat, serta mengevaluasi efektivitas strategi mitigasi yang ada dan merumuskan rekomendasi perbaikan. Metode yang digunakan adalah kualitatif deskriptif dengan pendekatan library research melalui telaah mendalam terhadap laporan BNPB, PVMBG, BPBD Flores Timur, dokumen kebijakan, hasil penelitian terdahulu, serta pemberitaan media yang terverifikasi. Hasil kajian menunjukkan bahwa faktor utama bencana adalah curah hujan ekstrem (>200 mm/12 jam) yang bertautan dengan kondisi lereng curam (>30°), tanah labil berlapis abu vulkanik Gunung Lewotolo, dan deforestasi kawasan hulu. Mekanisme dam break failure

menjadi penguat destruktif yang melipatgandakan energi banjir bandang. Strategi mitigasi yang ada dinilai belum memadai, ditandai oleh ketiadaan sistem peringatan dini yang efektif di tingkat komunitas, lemahnya integrasi peta risiko bencana ke dalam tata ruang kabupaten, dan tingginya kerentanan sosial masyarakat kepulauan. Penelitian ini merekomendasikan pendekatan mitigasi terpadu yang melibatkan: (1) pembangunan EWS berbasis komunitas, (2) reboisasi kawasan hulu DAS, (3) relokasi permukiman rawan secara partisipatif, (4) revisi standar infrastruktur tahan bencana, dan (5) penguatan kapasitas Destana berbasis kearifan lokal.

ABSTRACT

The flash flood and landslide disaster that struck Adonara Island, East Flores Regency, East Nusa Tenggara (NTT) on April 4, 2021, was one of the most devastating hydrometeorological disasters in the province's recorded history. Triggered by Tropical Cyclone Seroja classified by BMKG (2021) as the most intense cyclone in modern records over Flores waters, with wind speeds reaching 95 knots the event resulted in 72 fatalities in East Flores Regency, 76 injured, 1 still missing, 27,560 people directly affected, 2,579 displaced, and the total severance of road access and five major bridges across Adonara Island. Economic losses were estimated at IDR 1.2 trillion by BNPB (2021). Across NTT province as a whole, the total death toll from Cyclone Seroja reached 179 people (Deputy Governor of NTT, 2021). This study aims to analyze the land movement mechanism triggered by Tropical Cyclone Seroja, document the flash flood impact on infrastructure and communities, and evaluate existing mitigation strategies while formulating improvement recommendations. The method employed is descriptive qualitative with a library research approach, through in-depth review of BNPB, PVMBG, BPBD East Flores reports, policy documents, prior research findings, and verified media coverage. Study results indicate that primary drivers were extreme rainfall (>200 mm/12 hours) combined with steep slopes (>30°), unstable volcanic ash-layered soils from Mount Lewotolo, and upstream deforestation. The dam break failure mechanism served as a destructive amplifier that multiplied the flash flood's energy. Existing mitigation strategies are deemed inadequate, marked by the absence of effective community-level early warning systems, weak integration of hazard maps into spatial planning, and high social vulnerability of island communities. This study recommends an integrated mitigation approach encompassing: (1) community-based EWS construction, (2) upstream watershed reforestation, (3) participatory relocation of high-risk settlements, (4) revision of disaster-resilient infrastructure standards, and (5) strengthening Destana capacity based on local wisdom..

PENDAHULUAN

Nusa Tenggara Timur (NTT) merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang berada dalam zona risiko tinggi terhadap berbagai jenis bencana alam, khususnya bencana hidrometeorologi. Posisi geografis NTT di kawasan transisi antara Samudra Hindia dan laut pedalaman Indonesia menjadikannya rentan terhadap dinamika iklim yang ekstrem, termasuk ancaman siklon tropis yang terbentuk di perairan sekitarnya. Berdasarkan indeks risiko bencana nasional (IRBI) tahun 2022, Kabupaten Flores Timur masuk dalam kategori risiko tinggi untuk bencana gerakan tanah, banjir, dan banjir bandang.

Pada 4 April 2021 dini hari pukul 01.00 WITA, Siklon Tropis Seroja yang bermula sebagai bibit siklon (93S) di perairan NTT menguat secara dramatis menjadi siklon kategori 4 dalam skala Saffir-Simpson dan menghantam daratan NTT dengan intensitas hujan yang belum pernah tercatat sebelumnya dalam sejarah meteorologi modern provinsi ini. Pulau Adonara di Kabupaten Flores Timur menjadi salah satu wilayah dengan dampak paling dahsyat. Dalam rentang waktu kurang dari 12 jam, banjir bandang dan gerakan tanah secara masif menghancurkan permukiman, menghanyutkan infrastruktur, dan merenggut 72 jiwa di Kabupaten Flores Timur, dengan total 179 jiwa di seluruh NTT.

Gerakan tanah yang terjadi di kawasan pegunungan Pulau Adonara, terutama di Kecamatan Ile Boleng dengan Gunung Lewotolo (1.319 m dpl) sebagai latar geologisnya, merupakan kombinasi faktor alam yang telah lama terakumulasi: lereng curam ($>30^\circ$), tanah vulkanik labil berlapis abu piroklastik, dan deforestasi di kawasan hulu DAS. Faktor-faktor tersebut kemudian dipicu oleh curah hujan ekstrem akibat Siklon Seroja yang dalam 12 jam mencapai 180–230 mm jauh melampaui ambang batas kritis gerakan tanah yang ditetapkan PVMBG sebesar 100 mm/hari. Material longsor yang masuk ke alur sungai kemudian membentuk natural dam yang jebol dan menghasilkan banjir bandang yang meluluhlantakkan desa-desa di bawahnya.

Peristiwa ini menjadi cermin pentingnya memahami mekanisme gerakan tanah dalam konteks bencana siklon tropis, sekaligus mengevaluasi sejauh mana strategi mitigasi yang berlaku mampu mereduksi risiko dan melindungi komunitas kepulauan terpencil yang hidup berdampingan dengan kerentanan geomorfologis tinggi.

METODE

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif dengan pendekatan library research (penelitian kepustakaan). Pendekatan ini dipilih karena objek kajian merupakan peristiwa yang telah terjadi (post-disaster), sehingga data primer lapangan digantikan oleh sumber-sumber dokumenter yang komprehensif dan terverifikasi. Metode kualitatif memungkinkan pemahaman mendalam tentang kompleksitas peristiwa bencana yang melibatkan dimensi fisik, sosial, dan kebijakan secara bersamaan. Keabsahan penelitian dijaga melalui triangulasi sumber dan pemeriksaan konsistensi antar-dokumen dari lembaga yang berbeda.

Sumber Data

Data dalam penelitian ini bersumber dari berbagai dokumen sekunder yang dikategorikan sebagai berikut:

1. Laporan resmi pemerintah: Laporan BNPB, laporan analisis PVMBG Badan Geologi KESDM, data BPBD Kabupaten Flores Timur, data BMKG, serta citra analisis LAPAN/BRIN pasca-bencana.
2. Dokumen kebijakan: Undang-Undang No. 24 Tahun 2007, Peraturan Pemerintah tentang Tata Ruang, RTRW Kabupaten Flores Timur, dan dokumen PRB daerah.
3. Artikel jurnal ilmiah: Penelitian dalam bidang geomorfologi, hidrologi, vulkanologi, dan manajemen bencana yang terindeks di SINTA, Scopus, dan Google Scholar (2000–2024).
4. Berita media massa terverifikasi: Tribun News, Kompas, CNBC Indonesia, Liputan6, serta rilis pers resmi lembaga pemerintah.
5. Laporan lembaga internasional: Laporan OCHA, IFRC, Copernicus Emergency Management Service (CEMS), dan analisis satellite imagery pasca-bencana.

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran sistematis terhadap berbagai basis data digital dan perpustakaan daring dalam rentang waktu April 2021 hingga Maret 2024. Proses analisis menggunakan teknik content analysis (analisis isi) terhadap dokumen-dokumen yang telah dikumpulkan, dengan langkah-langkah:

1. Identifikasi dan seleksi sumber data yang relevan, kredibel, dan mutakhir.
2. Kategorisasi data berdasarkan tema: faktor penyebab, dampak bencana, respons darurat, dan strategi mitigasi.
3. Triangulasi sumber untuk memverifikasi konsistensi informasi antar-dokumen.
4. Interpretasi dan sintesis temuan menjadi narasi analitis yang koheren.
5. Perumusan kesimpulan dan rekomendasi berbasis bukti (evidence-based recommendations).

Kerangka Analisis

Analisis dalam penelitian ini menggunakan kerangka risk assessment terpadu yang mempertimbangkan tiga komponen utama: Hazard (bahaya alam), Exposure (keterpaparan elemen berisiko), dan Vulnerability (kerentanan fisik, sosial, dan ekonomi). Kerangka ini dipadukan dengan evaluasi kapasitas mitigasi yang mengacu pada Hyogo Framework for Action (2005–2015) dan Kerangka Sendai 2015–2030. Untuk menilai efektivitas mitigasi, penelitian ini juga mengadopsi kerangka Disaster Risk Governance Assessment (DRGA) dari UNDRR (2022) yang mengevaluasi aspek regulasi, kelembagaan, pembiayaan, dan partisipasi masyarakat dalam manajemen risiko bencana.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kronologi dan Skala Bencana

Bencana dimulai pada Minggu, 4 April 2021 pukul 01.00 WITA, ketika Siklon Tropis Seroja yang berpusat di perairan NTT mulai mendarat. Dalam durasi kurang dari 12 jam, hujan dengan intensitas 180–230 mm mengguyur Pulau Adonara, melampaui ambang batas kapasitas infiltrasi tanah secara massal. Data stasiun curah hujan terdekat di Larantuka mencatat curah hujan kumulatif 24 jam sebesar 265 mm pada 3–4 April 2021 melampaui rekor historis sebesar 187 mm yang terjadi pada 1992 (BMKG, 2021). Proses gerakan tanah terjadi secara simultan di lebih dari 20 titik di lereng Gunung Lewotolo, mengalirkan debris masif ke alur-alur sungai utama di Kecamatan Ile Boleng dan Adonara Timur.

Empat belas desa di Kabupaten Flores Timur dilaporkan terdampak langsung oleh limpasan material dari Gunung Lewotolo. Desa Nelelamadike di Kecamatan Ile Boleng menjadi wilayah paling parah dengan 56 warga meninggal dunia, sebagian besar tertimbun material longsor saat tidur. Total korban meninggal di Kabupaten Flores Timur (Pulau Adonara) mencapai 72 jiwa, 76 orang luka-luka, dan 1 orang dinyatakan hilang, dengan 27.560 jiwa terdampak dan 2.579 jiwa mengungsi (BPBD Flotim, 2021; Liputan6, 2021). Dalam lingkup NTT secara keseluruhan, Siklon Seroja menewaskan 179 jiwa di berbagai kabupaten (Wakil Gubernur NTT, 2021). Tabel 1 merangkum data dampak bencana secara rinci.

Tabel 1. Rekapitulasi Dampak Bencana Banjir Bandang dan Gerakan Tanah di Pulau Adonara, April 2021

Kecamatan / Desa	Korban Meninggal	Korban Hilang	Kerusakan Utama
Ile Boleng / Nelelamadike	56 jiwa	–	Permukiman tertimbun lumpur, jalan putus total, 3 jembatan rusak berat
Adonara Timur / Waiburak & Waiwerang	6 jiwa	1 jiwa	Jembatan Waiburak putus, rumah hanyut/rusak berat, pesisir hancur
Wotan Ulu Mado / Oyang Barang	3 jiwa	–	40 KK terdampak, akses tertutup lumpur setinggi 2–3 m
Lainnya (Adonara Barat & sekitarnya)	7 jiwa	–	76 orang luka-luka; 2.579 jiwa mengungsi; 27.560 jiwa terdampak total
TOTAL FLORES TIMUR (Adonara)	72 jiwa	1 jiwa	5 jembatan putus, >30 km jalan rusak, 27.560 jiwa terdampak, kerugian ~Rp 1,2 T
TOTAL NTT (seluruh provinsi)	179 jiwa	46 jiwa	Flores Timur 72, Lembata 42, Alor 28, Kupang 12, Malaka 8, Kota Kupang 6, lainnya 11

Sumber: BPBD Flores Timur (2021), BNPB (2021), OCHA (2021); diolah penulis

Mekanisme Gerakan Tanah

Berdasarkan analisis PVMBG (2021) yang diperkuat oleh kajian citra satelit Sentinel-2 pasca-bencana dari Copernicus EMS (2021), mekanisme gerakan tanah di Adonara dapat dipahami dalam tiga fase berurutan yang saling memperkuat:

1. Fase Pertama — Pre-conditioning (3 April 2021):

Pada hari sebelum bencana, hujan gerimis hingga deras selama 12 jam telah mengakibatkan tanah di lereng mencapai kondisi mendekati jenuh air (soil moisture >85%). Lapisan tanah vulkanik yang tersusun dari abu dan material piroklastik Gunung Lewotolo memiliki karakteristik kohesi rendah ($c < 5$ kPa) namun kapasitas menyerap air tinggi, sehingga tekanan pori (pore water pressure) meningkat drastis hingga mendekati batas kritis kegagalan lereng.

2. Fase Kedua — Triggering (4 April 2021, pukul 01.00–06.00 WITA):

Siklon Seroja memicu curah hujan >200 mm dalam waktu singkat. Tekanan pori yang telah mencapai batas kritis menyebabkan kegagalan lereng (slope failure) secara masif di lebih dari 20 titik di lereng barat dan selatan Gunung Lewotolo. Debris flow dengan campuran tanah, batu, kayu, dan air bergerak dengan kecepatan estimasi 5–15 m/detik menuruni lereng curam (sudut >30°), menghancurkan semua yang dilaluinya.

3. Fase Ketiga — Amplifikasi (Dam Break Failure):

Material debris yang masuk ke alur sungai sempit membentuk natural dam di setidaknya empat lokasi yang teridentifikasi dari citra satelit (PVMBG, 2021; Copernicus EMS, 2021). Ketika bendungan alami ini tidak mampu menahan tekanan air yang terus meningkat, terjadi dam break failure yang melepaskan gelombang banjir dengan debit puncak diestimasi 5–10 kali debit banjir 100-tahunan normal pada DAS tersebut (Korup, 2012). Inilah mekanisme yang menjelaskan kehancuran masif di desa-desa zona hilir yang lokasinya jauh dari titik longsor awal.

Analisis spasial dari data Sentinel-2 menunjukkan area terdampak gerakan tanah seluas sekitar 847 hektare di Pulau Adonara, dengan konsentrasi terbesar di sub-DAS Ile Boleng (LAPAN/BRIN, 2021). Deforestasi terbukti memperparah proses ini: data NDVI menunjukkan penurunan tutupan vegetasi lebih dari 30% di kawasan hulu dalam kurun 2010–2020, dan material kayu gergajian yang ditemukan dalam timbunan banjir mengkonfirmasi adanya penebangan liar aktif.

Dampak terhadap Infrastruktur, Sosial, dan Ekonomi

Dampak bencana di Adonara bersifat multidimensi, mencakup aspek infrastruktur, sosial, dan ekonomi secara bersamaan. Dari sisi infrastruktur, terputusnya akses transportasi secara total merupakan dampak paling signifikan. Ruas jalan Tobilota–Waiwerang (sepanjang ±18 km) mengalami longsoran dan penumpukan lumpur tebal yang tidak dapat dilalui kendaraan. Lima jembatan utama mengalami kerusakan berat atau putus total. Keterisolasian ini secara langsung menghambat operasi tanggap darurat pengiriman tim SAR, alat berat, dan bantuan logistik terpaksa dilakukan melalui jalur laut dan udara yang sangat terbatas kapasitasnya.

Dari sisi sosial, sebagian besar korban jiwa terjadi pada dini hari saat penduduk sedang tidur, mencerminkan absennya sistem peringatan dini yang efektif. Sebanyak 2.579 jiwa mengungsi dan 27.560 jiwa terdampak di Pulau Adonara harus menjalani kondisi darurat dengan keterbatasan air bersih, sanitasi, dan layanan kesehatan. Laporan OCHA (2021) menyebut 15.000 jiwa memerlukan bantuan kemanusiaan segera, termasuk 6.500 anak-anak dan 1.200 ibu hamil/menyusui yang termasuk kelompok rentan.

Dari sisi ekonomi, estimasi BNPB (2021) menempatkan total kerugian dan kerusakan ekonomi di seluruh NTT akibat Siklon Seroja sekitar Rp 1,2 triliun, dengan proporsi terbesar pada sektor perumahan (42%), infrastruktur (31%), dan pertanian (17%). Di Pulau Adonara khususnya, sektor perikanan dan pertanian yang menjadi tulang punggung ekonomi masyarakat mengalami kerusakan parah akibat hancurnya sarana produksi, perahu nelayan, dan lahan pertanian yang tertimbun material.

Kerentanan Sosial dan Faktor Penguat Risiko

Analisis kerentanan menunjukkan beberapa faktor sosial yang memperparah dampak bencana. Pertama, pola permukiman yang berlokasi di dalam dan sekitar alur sungai serta di kaki lereng curam pola yang secara historis beradaptasi dengan ketersediaan lahan datar namun tidak mempertimbangkan risiko geomorfologis. Berdasarkan peta RTRW Kabupaten Flores Timur dan peta KRB PVMBG,

diestimasi lebih dari 40% permukiman di Kecamatan Ile Boleng berada dalam zona bahaya gerakan tanah tinggi hingga sangat tinggi.

Kedua, tingkat literasi bencana yang rendah menyebabkan masyarakat tidak mengenali tanda-tanda peringatan dini alami, seperti suara gemuruh dari hulu, peningkatan kekeruhan dan debit sungai secara tiba-tiba, atau retakan tanah di sekitar permukiman. Padahal, tanda-tanda tersebut sudah muncul beberapa jam sebelum bencana puncak menurut kesaksian warga yang selamat (BNPB, 2021).

Ketiga, kondisi kemiskinan struktural masyarakat Adonara dengan tingkat kemiskinan Kabupaten Flores Timur sebesar 22,03% pada 2020, jauh di atas rata-rata nasional 10,19% (BPS, 2021) membatasi kapasitas adaptif rumah tangga dalam mempersiapkan diri menghadapi bencana, baik dalam hal membangun rumah yang lebih tahan bencana maupun dalam mengakses informasi peringatan.

Evaluasi Strategi Mitigasi

Evaluasi komprehensif terhadap strategi mitigasi di Kabupaten Flores Timur menggunakan kerangka DRGA (UNDRR, 2022) menunjukkan berbagai kekurangan mendasar. Tabel 2 merangkum evaluasi per aspek dan rekomendasi yang diusulkan.

Tabel 2. Evaluasi Strategi Mitigasi Bencana dan Rekomendasi di Pulau Adonara

No.	Aspek Mitigasi	Kondisi Eksisting	Rekomendasi
1	Sistem Peringatan Dini (EWS)	Belum optimal; wilayah terpencil sulit dijangkau sinyal; tidak ada EWS komunitas aktif saat bencana April 2021	Instalasi EWS berbasis komunitas (sirine + alarm mekanis) di setiap desa rawan; tidak bergantung listrik/digital
2	Pemetaan Zona Rawan	Peta KRB PVMBG tersedia namun tidak terintegrasi ke RTRW lokal; banyak permukiman di zona merah	Integrasi wajib peta risiko ke RTRW; moratorium pembangunan di zona merah dengan sanksi tegas
3	Reboisasi dan Pengelolaan DAS	Deforestasi aktif (NDVI turun >30% dalam 10 tahun); penebangan liar tidak terkendali di hulu	Program RHL mendesak dengan insentif ekonomi masyarakat; penguatan penegakan hukum kehutanan
4	Relokasi Permukiman Rawan	>40% permukiman Ile Boleng di zona bahaya tinggi; tidak ada program relokasi terstruktur pra-bencana	Penyusunan Resettlement Plan partisipatif; dukungan huntap layak dekat sumber mata pencaharian
5	Infrastruktur Tahan Bencana	5 jembatan putus total; jalan tidak dirancang untuk beban debris; standar konstruksi tidak mempertimbangkan risiko hidrometeorologi NTT	Revisi standar teknis jembatan dan jalan NTT; desain tahan scouring dan tekanan debris; fondasi kedalaman min. 3 m
6	Edukasi dan Kesiapsiagaan	Literasi bencana rendah; tidak ada simulasi evakuasi rutin; kearifan lokal taran naran belum diformalkan	Pelatihan simulasi evakuasi berkala; pembentukan Destana; integrasi kearifan lokal ke dalam protokol EWS

Sumber: Analisis penulis berdasarkan BPBD (2021), PVMBG (2021), BNPB (2021), UNDRR (2022), BPS (2021), dan kajian literatur (2024)

Dari evaluasi tersebut, tiga temuan kritis dapat digarisbawahi. Pertama, absennya sistem peringatan dini berbasis komunitas menjadi celah fatal dalam rantai perlindungan jiwa. Kesaksian warga selamat mengonfirmasi bahwa tanda-tanda alam peringatan telah muncul beberapa jam sebelum puncak bencana, namun tidak ada mekanisme formal maupun informal untuk meneruskan peringatan tersebut kepada seluruh komunitas secara cepat.

Kedua, inkonsistensi antara peta risiko bencana PVMBG dengan kebijakan tata ruang kabupaten mencerminkan lemahnya koordinasi lintas sektor dan minimnya political will untuk mengorbankan kepentingan pembangunan jangka pendek demi keselamatan jangka panjang. Dari 14 RTRW kabupaten di NTT yang dianalisis dalam laporan Kemen ATR/BPN (2022), hanya 3 yang telah mengintegrasikan peta KRB secara penuh ke dalam dokumen perencanaan ruang.

Ketiga, tidak adanya program relokasi permukiman terstruktur yang berjalan sebelum bencana mencerminkan tantangan klasik implementasi mitigasi: benturan antara logika risiko ilmiah dengan

realitas sosial-budaya, di mana keterikatan masyarakat dengan tanah leluhur (ina ama nian tana) dalam budaya Adonara menjadi hambatan signifikan yang memerlukan pendekatan relokasi yang sangat partisipatif dan berbasis penghormatan terhadap nilai budaya lokal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, penelitian ini menghasilkan empat kesimpulan utama. Pertama, gerakan tanah yang melanda Pulau Adonara pada April 2021 merupakan hasil interaksi multifaktor antara intensitas hujan ekstrem Siklon Tropis Seroja (>200 mm/12 jam, rekor dalam sejarah meteorologi modern NTT), kerentanan geomorfologis inheren lereng vulkanik Gunung Lewotolo, dan degradasi tutupan lahan akibat deforestasi. Mekanisme dam break failure menjadi faktor amplifikasi yang meningkatkan dampak destruktif banjir bandang secara eksponensial.

Kedua, dampak bencana yang luar biasa 72 korban jiwa di Flores Timur (179 jiwa se-NTT), 76 orang luka-luka, 27.560 jiwa terdampak, dan kerugian ekonomi ~Rp 1,2 triliun tidak semata-mata disebabkan oleh kekuatan alam, tetapi juga diperparah oleh tingginya kerentanan sosial, pola permukiman berisiko, dan lemahnya sistem respons darurat di wilayah kepulauan terpencil.

Ketiga, evaluasi terhadap strategi mitigasi menunjukkan kesenjangan signifikan antara kebutuhan riil dan kapasitas yang tersedia, baik dari sisi regulasi, kelembagaan, infrastruktur, maupun kapasitas komunitas. Keempat, perubahan iklim global yang diproyeksikan meningkatkan frekuensi dan intensitas siklon tropis di kawasan Samudra Hindia selatan menjadikan penguatan sistem mitigasi bukan sekadar pilihan, melainkan keharusan bagi keselamatan masyarakat NTT.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). (2021). Analisis Siklon Tropis Seroja dan Dampak Hidrometeorologi di Nusa Tenggara Timur, April 2021. Jakarta: BMKG.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2021). Laporan Penanganan Darurat Bencana Banjir Bandang dan Tanah Longsor Flores Timur, NTT. Jakarta: BNPB.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Flores Timur (BPBD Flotim). (2021). Data Rekapitulasi Korban dan Kerusakan Akibat Bencana 4 April 2021. Larantuka: BPBD Flores Timur.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2021). Profil Kemiskinan Nusa Tenggara Timur 2020–2021. Jakarta: BPS.
- Copernicus Emergency Management Service (CEMS). (2021). Activation EMSR506 – Flood in East Nusa Tenggara, Indonesia. European Commission.
- Costa, J. E. (1988). Rheologic, Geomorphic, and Sedimentologic Differentiation of Water Floods, Hyperconcentrated Flows, and Debris Flows. In V. R. Baker, R. C. Kochel & P. C. Patton (Eds.), *Flood Geomorphology* (pp. 113–122). New York: John Wiley & Sons.
- Dikau, R., Brunsden, D., Schrott, L., & Ibsen, M. L. (Eds.). (1996). *Landslide Recognition: Identification, Movement and Causes*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Emanuel, K. (2020). Evidence that Hurricanes Are Getting Stronger. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(29), 16732–16738. <https://doi.org/10.1073/pnas.2009030117>
- Hidayat, R. (2018). Dampak Siklon Tropis terhadap Curah Hujan dan Bencana Hidrometeorologi di Indonesia Bagian Timur. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 19(1), 45–58.
- Hungr, O., Leroueil, S., & Picarelli, L. (2014). The Varnes Classification of Landslide Types, an Update. *Landslides*, 11(2), 167–194. <https://doi.org/10.1007/s10346-013-0436-y>
- Kementerian ATR/BPN. (2022). Evaluasi Integrasi Peta Kawasan Rawan Bencana ke dalam RTRW Kabupaten/Kota di Indonesia. Jakarta: Direktorat Jenderal Tata Ruang.
- Korup, O. (2012). Earth's portfolio of extreme sediment transport events. *Earth-Science Reviews*, 112(3–4), 115–125. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.02.006>

- LAPAN/BRIN. (2021). Analisis Citra Satelit Landsat-8 dan Sentinel-2 Pasca-Bencana Flores Timur, April 2021. Bogor: Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh LAPAN.
- Nurjanah, Sugiantoro, R., Kuswanda, D., Siswanto, B., & Adikoesoemo. (2013). Manajemen Bencana. Bandung: Alfabeta.
- OCHA. (2021). Indonesia: Cyclone Seroja Flash Update No. 5 (as of 10 April 2021). New York: United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs.
- Paimin, Sukresno, & Pramono, I. B. (2012). Teknik Mitigasi Banjir dan Tanah Longsor. Balikpapan: Tropenbos Indonesia Programme.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG). (2021). Laporan Analisis Gerakan Tanah Pulau Adonara, Kabupaten Flores Timur, NTT Pasca-Bencana 4 April 2021. Bandung: Badan Geologi KESDM.
- Qian, W., Chen, D., Luo, C., & Zhu, Y. (2020). Statistical Analysis of Rapid Intensification of Tropical Cyclones in the Western North Pacific Basin. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 125(14), e2019JD032341.
- Republik Indonesia. (2007). Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Shaw, R., Pulhin, J., & Pereira, J. J. (Eds.). (2019). *Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction: Issues and Challenges*. Bingley: Emerald Publishing.
- Sidle, R. C., & Ochiai, H. (2006). *Landslides: Processes, Prediction, and Land Use*. Washington D.C.: American Geophysical Union.
- Tran, P., Shaw, R., Chantry, G., & Norton, J. (2020). GIS and Local Knowledge in Disaster Management: A Case Study of Flood Risk Mapping in Viet Nam. *Disasters*, 33(1), 152–169.
- UNDRR. (2015). *Kerangka Kerja Sendai untuk Pengurangan Risiko Bencana 2015–2030*. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- UNDRR. (2022). *Disaster Risk Governance Assessment: Guidance Note*. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- Varnes, D. J. (1978). Slope Movement Types and Processes. In R. L. Schuster & R. J. Krizek (Eds.), *Landslides, Analysis and Control* (pp. 11–33). Washington D.C.: Transportation Research Board, National Academy of Sciences.