Jurnal Plano Buana
Volume 7 Number 1 Tahun 2026, pp. 62-75
ISSN: 2746-2218
Terakreditasi "Peringkat 5" oleh Kemendiktisaintek, Nomor SK: 355/DST/D.D1/HM.01.01/2026
Open Access: https://jurnal.unipasby.ac.id/index.php/jurnal_plano_buana/index

Analisis Spasial Kerentanan Multidimensi Terhadap Tanah Longsor di Kecamatan Tosari

Putri Indraswari[1], I Made Satya Graha[2]* , Prasetiyo[3], Jhon Jhohan Kumara Dewa[4]
[1,2,3,4] Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Jember, Kabupaten Jember, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:
Received July 28, 2026
Revised September 19, 2026
Accepted October 03, 2026
Available online October 26, 2026

Kata Kunci:
Analisis Spasial, Kecamatan Tosari, Kerentanan Multidimensi, Sistem Informasi Geografis, Tanah Longsor.

Keywords:
Geographic Information System, Landslides, Multidimensional Vulnerability, Spatial Analysis, Tosari Subdistrict.

This is an open access article under the CC BY-SA license.

Copyright © 2026 by Author. Published by Universitas PGRI ADI BUANA SURABAYA.

ABSTRAK

Tanah Longsor merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia, terutama pada wilayah dengan lereng curam dan curah hujan tinggi. Kecamatan Tosari menempati urutan pertama dengan kejadian tanah longsor terbanyak di Kabupaten Pasuruan, sehingga perlu dilakukan kajian terkait tingkat kerentanannya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kerentanan longsor secara spasial berdasarkan aspek fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan menggunakan analisis Sistem Informasi Geografis melalui teknik *overlay*, skoring, dan pembobotan. Temuan dari penelitian ini mengindikasikan bahwa tingkat kerentanan didominasi oleh kategori rendah sebesar 56% dan kategori sedang sebesar 44%. Distribusi kerentanan tersebut mencerminkan adanya variasi tingkat kerentanan antarwilayah yang berbeda di Kecamatan Tosari. Hal ini dipengaruhi oleh faktor fisik wilayah, pemanfaatan lahan, serta kondisi sosial masyarakat setempat.

ABSTRACT

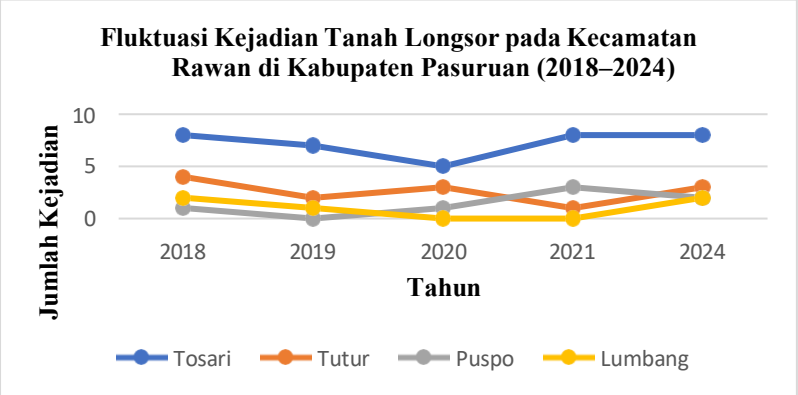
Landslides are one of the most common natural disasters in Indonesia, particularly in areas with steep slopes and high rainfall. Tosari Subdistrict ranks first in terms of the highest number of landslides in Pasuruan Regency, making it necessary to conduct a study on its vulnerability level. This study aims to analyze the level of landslide vulnerability spatially based on physical, social, economic, and environmental aspects. The method used is a quantitative approach employing Geographic Information System (GIS) analysis through overlay, scoring, and weighting techniques. The findings of this study indicate that the vulnerability levels are dominated by the low category at 56% and the moderate category at 44%. This distribution of vulnerability reflects variations in vulnerability levels across different areas within Tosari Subdistrict. This is influenced by physical characteristics of the area, land use, and the social conditions of the local community.

1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim dalam beberapa dekade terakhir telah meningkatkan frekuensi kejadian cuaca ekstrem, termasuk curah hujan dengan intensitas tinggi yang menjadi pemicu utama hidrometeorologi [1]. Peningkatan intensitas hujan tersebut dapat memicu kejadian longsor, terutama di wilayah yang memiliki lereng curam dan terdapat perubahan penggunaan lahan [2]. Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana 2024, bencana tanah longsor merupakan salah satu jenis bencana dengan jumlah kejadian cukup tinggi setiap tahun di Indonesia, dengan menempati urutan keempat setelah cuaca ekstrem, karhutla, dan banjir [3]. Salah satu kawasan yang memiliki daerah rawan longsor adalah Kecamatan Tosari, Kabupaten Pasuruan. Kondisi Geografis serta intensitas curah hujan yang tinggi membuat wilayah ini rentan terhadap kejadian tanah longsor, terutama pada musim hujan [4]. Kerawanan kawasan ini juga telah tercantum dalam Peraturan Daerah Kabupaten Pasuruan Nomor 12

*Corresponding author.
E-mail addresses: satyagraha@unej.ac.id

Tahun 2010 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Pasuruan Tahun 2009 – 2029 [5]. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik 2025 menunjukkan bahwa Kecamatan Tosari memiliki kejadian tanah longsor paling tinggi di Kabupaten Pasuruan. Beberapa kejadian tanah longsor mengakibatkan tertimbunnya rumah warga maupun kendaraan, penutupan sementara akses jalan, bahkan menyebabkan kendaraan berguling ke jurang [6], [7].



Sumber: Badan Pusat Statistik, 2025

Gambar 1. Diagram Kejadian Tanah Longsor pada Kecamatan Rawan di Kabupaten Pasuruan (2018-2024)

Penelitian yang pernah dilakukan di Kecamatan Tosari sebelumnya hanya mengkaji terkait penyebaran potensi longsor di Kecamatan Tosari dan mitigasi bencana di Desa Wonokitri [8], [9]. Sementara itu, dampak yang ditimbulkan akibat bencana longsor tidak hanya bersifat fisik maupun lingkungan, tetapi juga sosial dan ekonomi, terutama bagi masyarakat setempat. Dalam hal ini, kajian kerentanan menjadi sangat penting karena memungkinkan identifikasi wilayah serta kelompok masyarakat yang paling rentan terdampak baik dari sisi fisik, sosial, ekonomi, maupun lingkungan. Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji kerentanan bencana secara multidimensi yang mencakup keempat aspek tersebut [10], [11]. Namun, penelitian tersebut belum memasukkan aspek ketahanan finansial sebagai bagian dari indikator kerentanan ekonomi. Di sisi lain, salah satu kajian menunjukkan bahwa kondisi ekonomi masyarakat seperti dominasi sektor informal dan keterbatasan kepemilikan tabungan berpengaruh terhadap tingkat kerentanan, yang mencerminkan rendahnya ketahanan finansial rumah tangga, namun masih dibahas secara deskriptif dan belum terukur secara kuantitatif [12]. Oleh karena itu, penelitian ini mengintegrasikan ketahanan finansial sebagai indikator dalam analisis kerentanan ekonomi guna menghasilkan kajian yang lebih komprehensif. Melalui pendekatan spasial, hasil analisis dapat divisualisasikan secara menyeluruh melalui pemetaan guna memberikan informasi yang lebih efektif dan efisien.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan dan jenis penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang dilakukan menggunakan data spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mengkaji tingkat kerentanan masyarakat terhadap tanah longsor. Pendekatan ini dipilih karena mampu mengintegrasikan data spasial dan non-spasial dalam menghasilkan informasi kerentanan secara komprehensif dan terukur. Tahapan penelitian diawali dengan pengumpulan data primer dan data sekunder yang berkaitan dengan variabel kerentanan, meliputi aspek fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan. Selanjutnya, dilakukan pengolahan data melalui proses skoring dan pembobotan. Tahap berikutnya adalah analisis spasial menggunakan teknik *overlay* untuk menggabungkan seluruh parameter kerentanan sehingga menghasilkan nilai indeks kerentanan. Hasil analisis kemudian diklasifikasikan ke dalam beberapa tingkat kerentanan yaitu rendah, sedang, dan tinggi yang divisualisasikan dalam bentuk peta untuk mengetahui distribusi spasial kerentanan bencana tanah longsor.

2.2 Metode pengumpulan data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan, kuesioner, dan wawancara terhadap responden yang relevan. Sedangkan data sekunder diperoleh melalui dokumen penunjang, jurnal, data statistik, maupun peta.

Sampel yang digunakan dalam penentuan responden menggunakan teknik *random sampling* guna menentukan jumlah seluruh sampel dan dilanjutkan dengan menggunakan teknik *proportionate stratified random sampling* untuk mendapatkan sampel masing-masing desa agar memperoleh jumlah sampel yang seimbang dan representatif. Berdasarkan teknik tersebut, jumlah responden dalam penelitian ini sebanyak 100 orang.

2.3 Variabel

Variabel kerentanan dikelompokkan ke dalam empat aspek utama yaitu kerentanan fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan, dengan indikator yang tersedia pada tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Tujuan	Variabel	Indikator	Sumber
Menganalisis Kerentanan Bencana	Kerentanan Sosial	Kepadatan Penduduk	[13], [14]
		Kelompok Umur	
		Penduduk Disabilitas	
		Pendidikan	
	Kerentanan Fisik	Bangunan	[13], [15]
	Kerentanan Ekonomi	Mata Pencaharian	[10], [16]
		Ketahanan Finansial	[12], [17]
	Kerentanan Lingkungan	Penggunaan Lahan	[10]

Sumber: Sintesa Pustaka, 2026

2.4 Metode analisis Data

Metode analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara kuantitatif dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Tahapan analisis dimulai dari pengolahan data spasial dan non-spasial yang berkaitan dengan variabel kerentanan. Kemudian analisis kernel density untuk mengetahui kepadatan bangunan dan didukung oleh data persil bangunan dari Open Street Maps (OSM). Kernel desity merupakan peluang kepadatan dengan sample data spasial [18]. Kemudian dilakukan proses *overlay* dengan memberikan skor dan bobot pada setiap indikator untuk menghasilkan nilai indeks kerentanan secara keseluruhan yang dilihat pada data atributnya [19]. Hasil *overlay* kemudian diklasifikasikan menggunakan metode interval kelas sehingga diperoleh peta distribusi spasial kerentanan masyarakat terhadap tanah longsor. Parameter kerentanan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Parameter Kerentanan

Variabel	Bobot Variabel (%)	Indikator	Sub indikator	Bobot (%)	Parameter	Skor	Klasifikasi
Kerentanan Fisik	25	Bangunan	Kepadatan bangunan	50	<32 unit/ha	1	Rendah
					32–57 unit/ha	2	Sedang
					>57 unit/ha	3	Tinggi
			Kerapatan bangunan	50	Kerapatan rendah	1	Rendah
					Kerapatan sedang	2	Sedang
					Kerapatan tinggi	3	Tinggi

Variabel	Bobot Variabel (%)	Indikator	Sub indikator	Bobot (%)	Parameter	Skor	Klasifikasi
Kerentanan Sosial	40	Kepadatan penduduk	Kepadatan penduduk	60	<500 jiwa/km²	1	Rendah
					500–1.000 jiwa/km²	2	Sedang
					>1.000 jiwa/km²	3	Tinggi
		Kelompok umur	Rasio usia nonproduktif	15	<20%	1	Rendah
					20–40%	2	Sedang
					>40%	3	Tinggi
		Penduduk disabilitas	Rasio penduduk disabilitas	15	0–5%	1	Rendah
					5–10%	2	Sedang
					>10%	3	Tinggi
		Pendidikan	Rasio pendidikan rendah	10	<20%	1	Rendah
					20–40%	2	Sedang
					>40%	3	Tinggi
Kerentanan Ekonomi	25	Mata pencaharian	Rasio sektor informal	50	<20%	1	Rendah
					20–40%	2	Sedang
					>40%	3	Tinggi
		Kerentanan finansial	Akses terhadap tabungan atau dana darurat	25	Memiliki tabungan >3 bulan pengeluaran rumah tangga	1	Tinggi
					Memiliki tabungan setara 1–3 bulan pengeluaran	2	Sedang
					Tidak memiliki tabungan sama sekali atau <1 bulan pengeluaran	3	Rendah
			Sumber pendanaan darurat pascabencana	25	Memiliki tabungan pribadi yang dapat langsung digunakan	1	Tinggi
					Mengandalkan pinjaman dari keluarga/tetangga/koperasi	2	Sedang
					Tidak memiliki sumber dana darurat/harus berutang berisiko	3	Rendah
Kerentanan Lingkungan	10	Penggunaan lahan	Penggunaan lahan	100	Hutan alam	1	Rendah
					Hutan produksi, perkebunan	2	Sedang
					Permukiman, sawah, hortikultura	3	Tinggi

Sumber: Sintesa Pustaka, 2026

Setiap parameter tersebut akan diberi bobot dan proses penggabungan menggunakan teknik overlay untuk menghasilkan nilai total kerentanan dari kombinasi semua variabel. Nilai total hasil overlay akan diklasifikasikan menjadi tiga tingkatan, menggunakan formula rentang kelas [20], [21], formulanya menjadi:

$$RK = \frac{(Smax - Smin)}{3} \quad (1)$$

Keterangan :
RK : Rentang Kelas
S_{max} : Total skor maksimal
S_{min} : Total skol minimal

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kerentanan Fisik

Hasil analisis kerentanan fisik menunjukkan adanya variasi tingkat kerentanan yang dipengaruhi oleh indikator kepadatan bangunan dan kerapatan bangunan di Kecamatan Tosari. Berdasarkan data penggunaan lahan yang diperoleh dari dinas tata ruang Kabupaten Pasuruan, hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat kepadatan bangunan di Kecamatan Tosari didominasi oleh kawasan dengan kepadatan rendah. Kondisi ini dipengaruhi oleh karakteristik wilayah yang sebagian besar berupa lahan pertanian dan kawasan hutan. Sementara itu, kepadatan bangunan tingkat sedang hingga tinggi umumnya berada pada wilayah permukiman, baik di kawasan pedesaan maupun perkotaan yang berkembang mengikuti pusat aktivitas masyarakat, jaringan jalan, dan fasilitas pelayanan umum. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar wilayah Kecamatan Tosari belum mengalami tekanan pembangunan yang intensif.

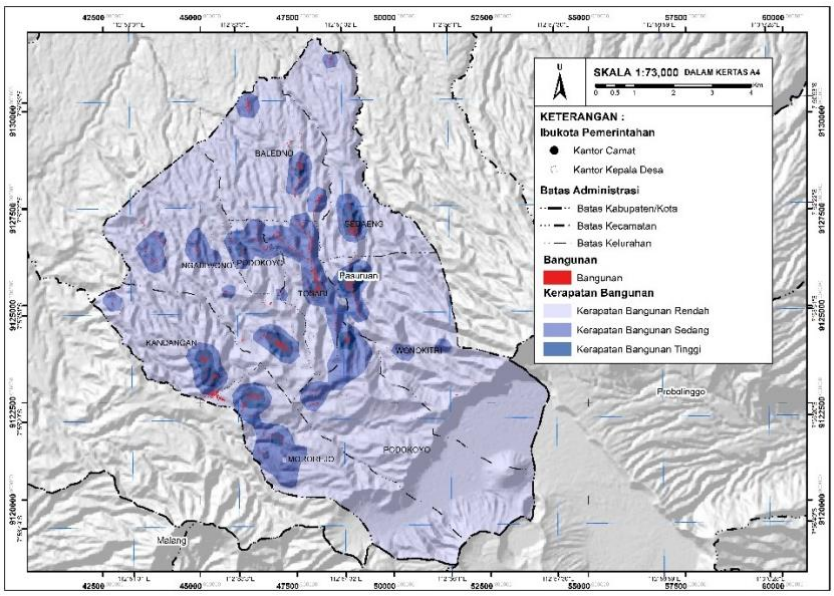
Kerentanan fisik selanjutnya dipengaruhi oleh tingkat kerapatan bangunan yang diperoleh melalui metode kernel density terhadap titik bangunan untuk menunjukkan adanya pengelompokan tingkat kerapatan menggunakan klasifikasi *Natural Breaks* (*Jenks*). Berdasarkan hasil analisis, kerapatan bangunan di Kecamatan Tosari didominasi oleh kerapatan bangunan rendah dengan beberapa titik yang memiliki tingkat kerapatan bangunan tinggi. kerapatan bangunan tinggi tersebar dalam proporsi yang relatif kecil di seluruh desa dengan persentase sebesar 2,9% dari total wilayah Kecamatan Tosari. Selanjutnya, daerah yang memiliki kepadatan bangunan sedang memiliki persentase sebesar 14,4% dan kerapatan rendah sebesar 82,7%. Peta kerapatan bangunan dapat dilihat pada gambar 2 dan tabel hasil indikator kerentanan fisik dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Indikator Kerentanan Fisik Kecamatan Tosari

Kelurahan	Kerapatan Bangunan	Kepadatan Bangunan	Skor Fisik	Klasifikasi	Luas (Ha)
Baledono	1	1	0.250	Rendah	756.3756
Baledono	1	2	0.375	Rendah	0.6584
Kandangan	1	1	0.250	Rendah	612.5854
Mororejo	1	1	0.250	Rendah	810.4597
Ngadiwono	1	1	0.250	Rendah	1086.9078
Podokoyo	1	1	0.250	Rendah	1268.5715
Sedaeng	1	1	0.250	Rendah	738.7964
Tosari	1	1	0.250	Rendah	172.0512
Wonokitri	1	1	0.250	Rendah	1373.8412
Baledono	2	1	0.375	Rendah	106.2705
Kandangan	2	1	0.375	Rendah	77.6812
Mororejo	2	1	0.375	Rendah	190.5216
Ngadiwono	2	1	0.375	Rendah	174.7882
Podokoyo	2	1	0.375	Rendah	229.5692
Sedaeng	2	1	0.375	Rendah	52.9961
Tosari	2	1	0.375	Rendah	230.1691
Wonokitri	2	1	0.375	Rendah	99.8100

Baledono	2	2	0.500	Sedang	7.9774
Kandangan	2	2	0.500	Sedang	0.5504
Mororejo	2	2	0.500	Sedang	2.3196
Ngadiwono	2	2	0.500	Sedang	3.3865
Podokoyo	2	2	0.500	Sedang	1.0528
Sedaeng	2	2	0.500	Sedang	1.7730
Tosari	2	2	0.500	Sedang	3.7283
Wonokitri	2	2	0.500	Sedang	2.7941
Baledono	3	1	0.500	Sedang	6.2096
Kandangan	3	1	0.500	Sedang	31.9381
Mororejo	3	1	0.500	Sedang	26.2334
Ngadiwono	3	1	0.500	Sedang	23.0208
Podokoyo	3	1	0.500	Sedang	20.6493
Sedaeng	3	1	0.500	Sedang	23.2378
Tosari	3	1	0.500	Sedang	18.7890
Wonokitri	3	1	0.500	Sedang	23.8484
Baledono	2	3	0.625	Tinggi	0.4538
Ngadiwono	2	3	0.625	Tinggi	0.6682

Sumber: Hasil Analisis, 2026



Sumber: Hasil Analisis, 2026
Gambar 2. Peta Kerapatan Bangunan

Selanjutnya, hasil overlay seluruh indikator kerentanan fisik diklasifikasikan menjadi tiga kelas menggunakan rentang skor yang diperoleh berdasarkan Formula 1. Rentang skor klasifikasi kerentanan fisik dapat dilihat pada Tabel 4.

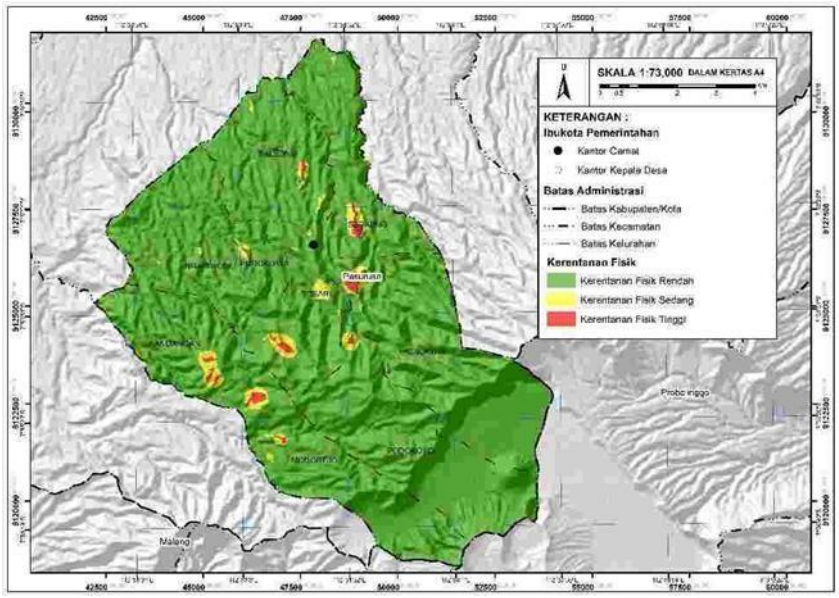
Tabel 4 Klasifikasi Kerentanan Fisik

Klasifikasi Kerentanan Fisik	
Kerentanan Fisik Tinggi	0.584 – 0.75
Kerentanan Fisik Sedang	0.418 – 0.583
Kerentanan Fisik Rendah	0.25 – 0.417

Sumber: Hasil Analisis, 2026

Berdasarkan hasil analisis, hasil *overlay* menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Kecamatan Tosari termasuk dalam klasifikasi kerentanan fisik rendah. Dominasi kawasan non-terbangun menunjukkan rendahnya intensitas pemanfaatan ruang serta sebaran bangunan yang relatif jarang, sehingga potensi kerusakan fisik akibat bencana cenderung kecil. Temuan ini memiliki

keterkaitan dengan penelitian mengenai kerentanan longsor di Kecamatan Tomohon Utara yang menunjukkan bahwa keberadaan kawasan terbangun menjadi salah satu faktor yang meningkatkan kerentanan fisik wilayah karena adanya bangunan yang berpotensi mengalami kerusakan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kawasan permukiman atau lahan terbangun berada pada zona potensi longsor sedang sehingga wilayah tersebut dikategorikan memiliki kerentanan yang lebih tinggi karena terdapat bangunan yang berpotensi terdampak apabila terjadi bencana [22]. Namun demikian, pada wilayah Kecamatan Tosari memiliki kawasan terbangun yang hanya terkonsentrasi pada beberapa area permukiman, sehingga sebagian besar wilayah berada pada klasifikasi rendah.. Visualisasi berupa peta kerentanan fisik dapat dilihat pada gambar 3.



Sumber: Hasil Analisis, 2026
Gambar 3. Peta Kerentanan Fisik

3.2 Kerentanan Sosial

Berdasarkan hasil analisis, kerentanan sosial di Kecamatan Tosari secara umum berada pada klasifikasi rendah hingga sedang. Kepadatan penduduk didominasi kategori rendah sehingga potensi paparan penduduk terhadap longsor relatif kecil, meskipun Desa Tosari memiliki kepadatan penduduk sedang dibandingkan desa lainnya. Struktur demografi menunjukkan persentase kelompok usia rentan relatif merata di seluruh desa, yaitu berkisar 14%–16% dengan rata-rata kecamatan sebesar 15%, sehingga belum mendominasi komposisi penduduk.

Selain itu, jumlah penyandang disabilitas di Kecamatan Tosari tergolong rendah, yaitu sekitar 0,4% dari total populasi. Desa Podokoyo menjadi desa dengan persentase tertinggi sebesar 1%, namun secara keseluruhan seluruh desa masih berada pada klasifikasi rendah. Di sisi lain, tingkat pendidikan masyarakat tergolong rendah dengan persentase pendidikan rendah berkisar antara 63%–87%. Pesentase tersebut menunjukkan rendahnya tingkat pendidikan pada masyarakat Kecamatan Tosari, sehingga memiliki skor pendidikan sebesar 3. Hasil indikator kerentanan sosial di Kecamatan Tosari dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Indikator Kerentanan Sosial Kecamatan Tosari

Desa/ Kelurahan	Kepadatan Penduduk		Kelompok Usia Rentan		Penyandang Disabilitas		Pendidikan Rendah	
	Kepadatan Penduduk per Km^2	Skor Kepadatan Penduduk	Persentase Kelompok Usia Rentan	Skor Kelompok Usia Rentan	Persentase Penyandang Disabilitas	Skor Penduduk Penyandang Disabilitas	Persentase Pendidikan Rendah	Skor Pendidikan
Baledono	313	1	16%	1	0.50%	1	77%	3
Kandangan	404	1	15%	1	0.50%	1	82%	3
Mororejo	320	1	15%	1	0.00%	1	81%	3
Ngadiwono	245	1	14%	1	0.40%	1	82%	3

Podokoyo	159	1	16%	1	1.00%	1	84%	3
Sedaeng	268	1	14%	1	0.40%	1	87%	3
Tosari	605	2	16%	1	0.10%	1	63%	3
Wonokitri	79	1	14%	1	0.20%	1	73%	3

Sumber: Hasil Analisis, 2026

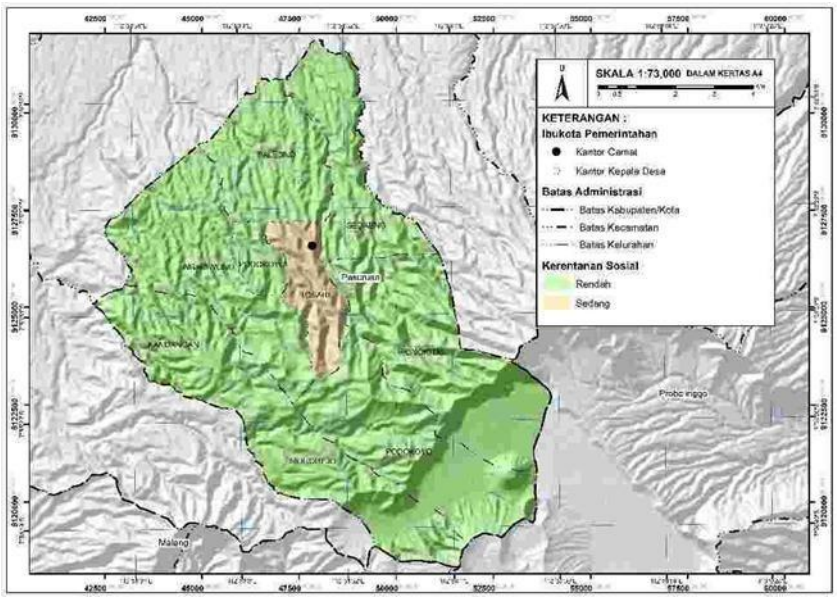
Hasil pengolahan data kerentanan sosial selanjutnya diklasifikasikan ke dalam tiga tingkat kerentanan yakni kerentanan rendah, sedang, dan tinggi dengan rentang nilai berada pada tabel 6, sesuai dengan hasil rumus dari Formula (1).

Tabel 6 Klasifikasi Kerentanan Sosial

Klasifikasi Kerentanan Sosial	
Kerentanan Tinggi	0.934 - 1.2
Kerentanan Sedang	0.668 - 0.933
Kerentanan Rendah	0.4 - 0.667

Sumber: Hasil Analisis, 2026

Berdasarkan hasil *overlay* seluruh indikator kerentanan sosial, sebagian besar desa di Kecamatan Tosari memiliki tingkat kerentanan sosial rendah. Namun, hanya Desa Tosari yang memiliki tingkat kerentanan sedang dibandingkan desa lainnya. Perbedaan ini dipengaruhi oleh tingkat kepadatan penduduk dimana Desa Tosari memiliki skor kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan desa lainnya. Temuan ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ruslanjari (2020), bahwa masyarakat di Desa Pagerhajo memiliki tingkat kerentanan sosial yang didominasi sedang. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian tersebut, kondisi di Kecamatan Tosari menunjukkan tingkat kerentanan yang relatif lebih rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa secara umum kondisi sosial masyarakat Kecamatan Tosari tidak terdapat tekanan sosial yang signifikan. Hasil peta kerentanan sosial Kecamatan Tosari dapat dilihat pada gambar 4.



Sumber: Hasil Analisis, 2026
Gambar 4. Peta Kerentanan Sosial

3.3 Kerentanan Ekonomi

Kerentanan ekonomi di Kecamatan Tosari dipengaruhi oleh indikator mata pencaharian dan kerentanan finansial masyarakat. Hasil analisis menunjukkan bahwa masyarakat didominasi oleh pekerja sektor informal dengan persentase mencapai 90%. Bahkan, Desa Kandangan, Podokoyo, Sedaeng, dan Wonokitri memiliki persentase pekerja sektor informal hingga 100%. Mata pencaharian masyarakat umumnya berupa petani kecil dan buruh harian, disertai pekerjaan informal lain seperti ojek keliling,

pedagang kecil, pengemudi angkutan hasil pertanian, usaha jeep, dan homestay. Kondisi tersebut menunjukkan tingginya ketergantungan masyarakat terhadap sektor pekerjaan dengan tingkat kepastian pendapatan dan perlindungan sosial yang rendah.

Kerentanan ekonomi selanjutnya dipengaruhi oleh kerentanan finansial masyarakat. Terdapat dua sub indikator yang menjadi pertimbangan kerentanan finansial, yakni akses terhadap tabungan darurat dan sumber pendanaan darurat pasca bencana. Berdasarkan hasil kuesioner, mayoritas responden memiliki akses tabungan darurat yang rendah sehingga diberikan skor 3 melalui metode inverse scoring, yaitu metode penilaian yang memberikan skor lebih tinggi pada kondisi yang menunjukkan tingkat kerentanan lebih besar. Kondisi tersebut ditunjukkan oleh sebagian besar masyarakat yang tidak memiliki tabungan atau hanya memiliki tabungan yang mampu memenuhi kebutuhan rumah tangga kurang dari satu bulan. Sementara itu, sub-indikator sumber pendanaan darurat berada pada kategori sedang karena masyarakat masih memiliki akses terhadap sumber pendanaan alternatif, terutama melalui pinjaman keluarga maupun tetangga. Kondisi ini menunjukkan adanya solidaritas sosial dan jejaring ekonomi lokal yang berperan sebagai penyangga finansial pascabencana. Namun, ketergantungan terhadap sumber pendanaan berbasis pinjaman juga mencerminkan keterbatasan finansial masyarakat yang berpotensi menimbulkan beban ekonomi tambahan pada masa pemulihan pascabencana.

Seluuh indikator kerentanan ekonomi diintegrasikan melalui proses overlay untuk menghasilkan tingkat kerentanan ekonomi. Klasifikasi kerentanan ekonomi dapat dilihat pada tabel 7, dengan hasil rentang skor diperoleh menggunakan rumus dari Formula (1).

Tabel 7 Klasifikasi Kerentanan Ekonomi

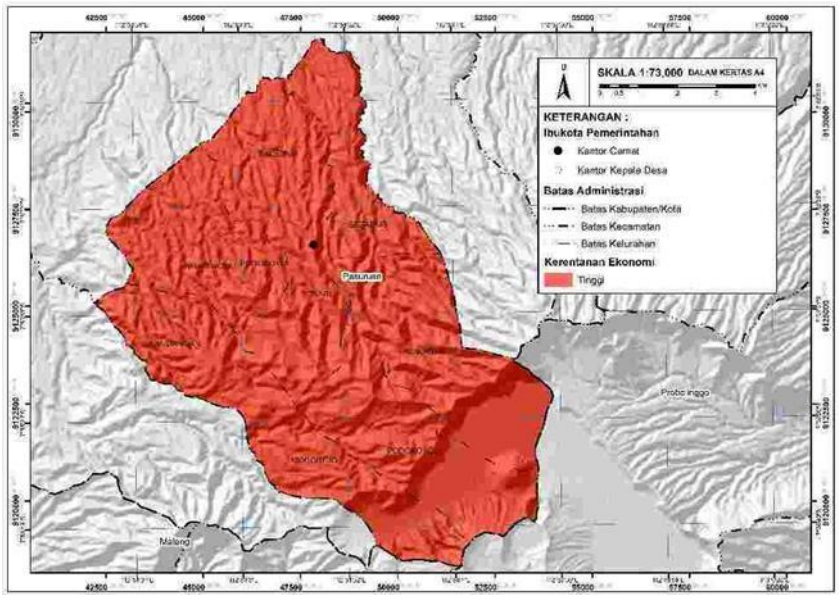
Klasifikasi Kerentanan Ekonomi	
Kerentanan Tinggi	0.584 - 0.75
Kerentanan Sedang	0.418 - 0.583
Kerentanan Rendah	0.25 - 0.417

Sumber: Hasil Analisis, 2026

Hasil overlay seluruh indikator menunjukkan bahwa seluruh desa di Kecamatan Tosari berada pada klasifikasi kerentanan ekonomi tinggi dengan skor 0,6875. Kondisi ini mengindikasikan bahwa masyarakat memiliki keterbatasan finansial dalam menghadapi tekanan ekonomi dan proses pemulihan pascabencana. Temuan tersebut sejalan dengan penelitian [11] yang menunjukkan bahwa kerentanan ekonomi masyarakat berada pada kategori sedang hingga tinggi sehingga memengaruhi proses pemulihan pascabencana. Hasil indikator kerentanan ekonomi dapat dilihat pada tabel 8 dan peta kerentanan ekonomi dapat dilihat pada gambar 5.

Desa/ Kelurahan	Mata Pencaharian		Kerentanan Finansial			
	Persentase Pekerja Sektor Informal	Skor Mata Pencaharian	Kategori Tingkat Akses Tabungan Darurat	Skor Tabungan Darurat	Kategori Sumber Pendanaan Darurat Pasca Bencana	Skor Akses Sumber Pendanaan Darurat
Baledono	73%	3	Rendah	3	Sedang	2
Kandangan	100%	3	Rendah	3	Sedang	2
Mororejo	91%	3	Rendah	3	Sedang	2
Ngadiwono	86%	3	Rendah	3	Sedang	2
Podokoyo	100%	3	Rendah	3	Sedang	2
Sedaeng	100%	3	Rendah	3	Sedang	2
Tosari	78%	3	Rendah	3	Sedang	2
Wonokitri	100%	3	Rendah	3	Sedang	2
Total	**90%**					

Sumber: Hasil Analisis, 2026



Sumber: Hasil Analisis, 2026
Gambar 5. Peta Kerentanan Ekonomi

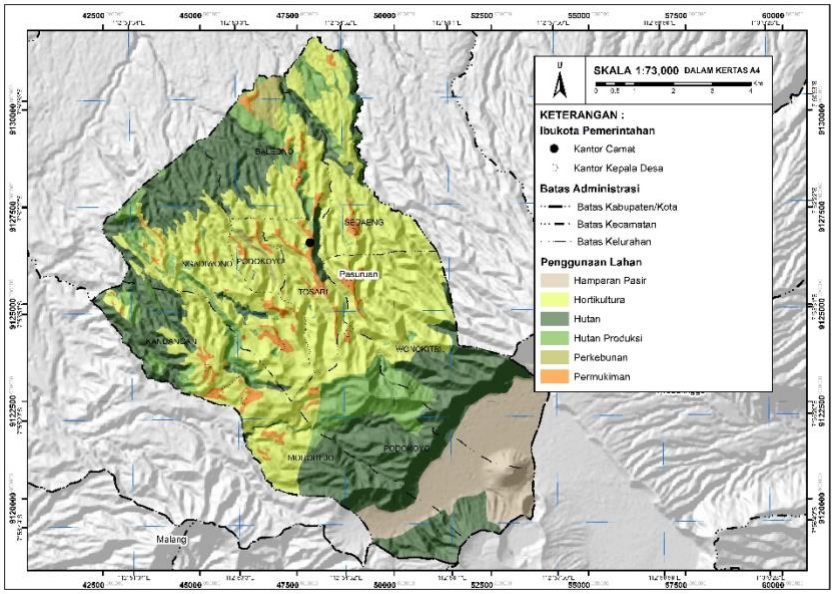
3.4 Kerentanan Lingkungan

Berdasarkan hasil analisis penggunaan lahan, Kecamatan Tosari didominasi oleh sawah, hortikultura, dan permukiman dengan luas mencapai 3.852,266 hektar atau sekitar 47% dari total wilayah. Dominasi lahan budidaya dan kawasan terbangun menunjukkan rendahnya perlindungan alami terhadap potensi longsor karena vegetasi pada lahan hortikultura dan sawah umumnya bersifat musiman serta memiliki daya ikat tanah yang lebih rendah dibandingkan vegetasi hutan. Sementara itu, kawasan hutan mencakup sekitar 41% wilayah dengan sebaran terbesar berada di Desa Podokoyo sehingga berperan penting dalam menjaga kestabilan lereng dan mengurangi potensi pergerakan tanah. Adapun hutan produksi dan perkebunan menjadi penggunaan lahan dengan proporsi paling kecil, yaitu sekitar 12% dari total wilayah. Lebih rincinya dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Kerentanan Lingkungan Kecamatan Tosari

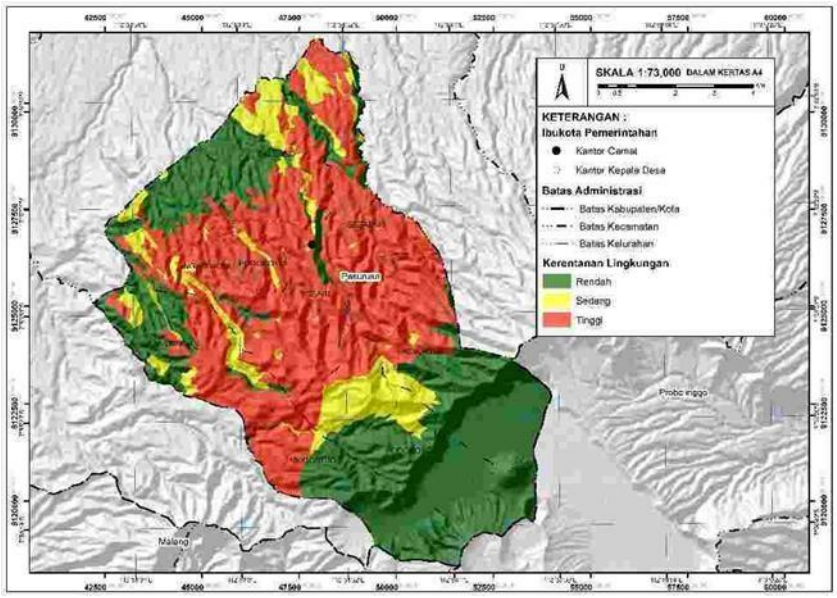
Desa/ Kelurahan	Luas (Ha)			
	Hutan (1)	Hutan Produksi, Perkebunan (2)	Sawah, Hortikultura, Permukiman (3)	Luas Desa/ Kelurahan
Baledono	326.363	190.236	364.552	881.152
Kandangan	313.026	117.703	300.317	731.046
Mororejo	624.867	30.548	387.028	1042.443
Ngadiwono	399.792	134.520	763.277	1297.589
Podokoyo	849.908	323.070	351.040	1524.018
Sedaeng	92.156	101.292	635.093	828.541
Tosari	29.304	7.203	388.383	424.891
Wonokitri	786.154	64.318	662.575	1513.047
Grand Total	**3421.570**	**968.891**	**3852.266**	**8242.727**

Sumber: Hasil Analisis, 2026



Sumber: RBI BIG Skala 1:25.000 Tahun 2015 dan Interpretasi Data Citra SPOT 7 Tahun 2018
Gambar 1. Peta Penggunaan Lahan

Hasil pemetaan menunjukkan bahwa kerentanan lingkungan tinggi hingga sedang tersebar di bagian tengah hingga utara Kecamatan Tosari yang didominasi lahan budidaya dan permukiman. Sebaliknya, wilayah dengan tutupan hutan di bagian tenggara dan barat laut menunjukkan tingkat kerentanan lingkungan yang lebih rendah. Keberadaan vegetasi hutan berperan dalam memperkuat struktur tanah, meningkatkan infiltrasi, serta mengurangi limpasan permukaan sehingga mampu meningkatkan kestabilan lereng. Hal ini sejalan dengan penelitian di Pangerharjo [23] yang menyebutkan bahwa wilayah dengan tutupan vegetasi yang baik cenderung memiliki tingkat kerentanan yang lebih rendah dibandingkan wilayah dengan lahan terbuka atau aktivitas budidaya intensif karena keberadaan akar menunda perkembangan muka pembasahan (*wetting front*), menurunkan laju akumulasi tekanan air pori, dan mempertahankan hisapan yang lebih tingi di lapisan tanah tak jenuh [23]. Visualisasi peta kerentanan lingkungan dapat dilihat pada gambar 6.



Sumber: Hasil Analisis, 2026
Gambar 7. Peta Kerentanan Lingkungan

3.5 Indeks Kerentanan

Seluruh aspek kerentanan dilakukan overlay guna menentukan tingkat kerentanan total di

Kecamatan Tosari. Klasifikasi skor kerentanan total dapat dilihat pada tabel 10, dengan perolehan rentang skor menggunakan rumus dari Formula (1).

Tabel 10 Klasifikasi Kerentanan

Klasifikasi Kerentanan	
Kerentanan Tinggi	2.334 - 3
Kerentanan Sedang	1.668 - 2.333
Kerentanan Rendah	1 - 1.667

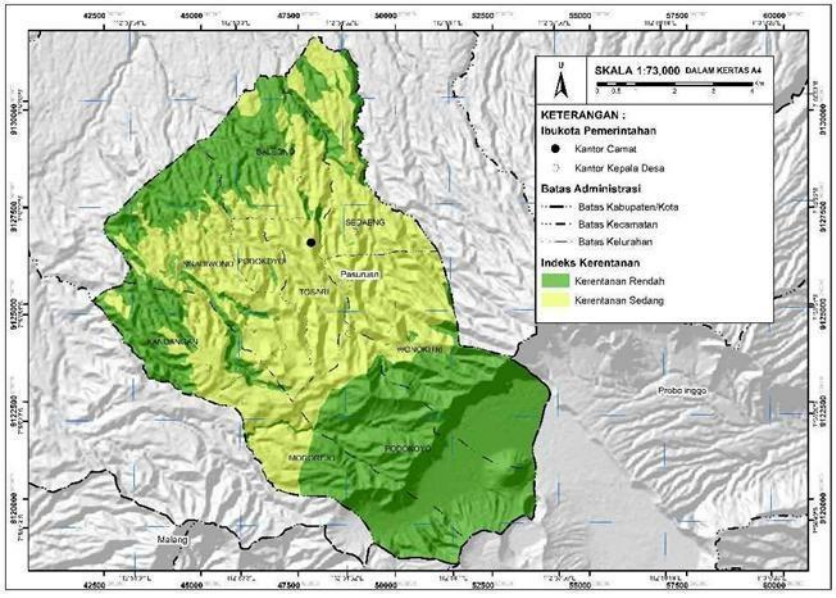
Sumber: Hasil Analisis, 2026

Hasil analisis kerentanan secara keseluruhan menunjukkan bahwa Kecamatan Tosari hanya memiliki dua klasifikasi tingkat kerentanan, yakni kerentanan rendah dan kerentanan sedang. Kerentanan rendah memiliki luas lebih besar dibandingkan kelas kerentanan tingkat sedang dengan selisih luas mencapai 261,6 hektar. Meskipun Kecamatan Tosari tidak memiliki tingkat kerentanan tinggi, namun wilayah dengan tingkat kerentanan sedang tetap berpotensi mengalami peningkatan kerentanan apabila tidak disertai pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan serta penguatan kapasitas sosial dan ekonomi masyarakat. Rincian lebih lanjut dapat dilihat pada tabel 11 dan visualisasi peta indeks kerentanan pada gambar 7.

Tabel 11. Luas Indeks Kerentanan Kecamatan Tosari

Desa/ Kelurahan	Klasifikasi (Ha)		Luas Desa/ Kelurahan (Ha)
	Rendah	Sedang	
Baledono	479.410	401.762	881.172
Kandangan	427.835	303.231	731.066
Mororejo	650.071	392.392	1042.463
Ngadiwono	515.551	782.058	1297.609
Podokoyo	1135.347	388.690	1524.038
Sedaeng	193.534	635.027	828.561
Tosari		424.911	424.911
Wonokitri	850.477	662.552	1513.028
Luas Total	**4252.224**	**3990.623**	**8242.847**

Sumber: Hasil Analisis, 2026



Sumber: Hasil Analisis, 2026
Gambar 8. Peta Indeks Kerentanan

4. KESIMPULAN

Indeks kerentanan longsor di Kecamatan Tosari terbagi menjadi dua klasifikasi, yaitu kerentanan rendah seluas 4.252,224 hektar dan kerentanan sedang seluas 3.990,623 hektar, tanpa adanya wilayah dengan klasifikasi kerentanan tinggi. Dilihat dari masing-masing dimensinya, kerentanan fisik menunjukkan variasi antar desa yang dipengaruhi oleh tingkat kepadatan dan kerapatan bangunan, sedangkan kerentanan sosial sebagian besar berada pada klasifikasi rendah dengan skor 0,56, kecuali Desa Tosari yang masuk kategori sedang dengan skor 0,72 karena memiliki kepadatan penduduk lebih tinggi dibanding desa lainnya. Sementara itu, seluruh desa di Kecamatan Tosari memiliki kerentanan ekonomi tinggi dengan skor 0,6875 yang dipengaruhi oleh dominasi pekerja sektor informal mencapai 90% dan rendahnya kepemilikan tabungan darurat masyarakat. Pada dimensi lingkungan, sekitar 47% wilayah termasuk dalam klasifikasi tinggi akibat dominasi penggunaan lahan berupa sawah, hortikultura, dan permukiman yang memiliki perlindungan alami rendah terhadap longsor, sedangkan sekitar 42% wilayah yang masih didominasi tutupan hutan berada pada klasifikasi rendah. Secara spasial, wilayah dengan kerentanan sedang terkonsentrasi di bagian tengah hingga utara kecamatan, terutama pada desa-desa dengan luasan lahan budidaya lebih besar seperti Desa Ngadiwono, Desa Sedaeng, dan Desa Wonokitri.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada instansi terkait yaitu Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Pasuruan, Dinas Tata Ruang Kabupaten Pasuruan, Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kabupaten Pasuruan, serta pihak Kecamatan Tosari yang telah memberikan dukungan berupa fasilitas, data, dan informasi yang diperlukan dalam penelitian ini. Selain itu, terimakasih juga disampaikan kepada masyarakat Kecamatan Tosari atas partisipasi dan kontribusinya selama proses pengumpulan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Z. B. P. J. Prihatini, "BMKG: Perubahan Iklim Picu Cuaca Ekstrem di Indonesia," Kompas.com. [Online]. Available: https://lestari.kompas.com/read/2025/08/19/100742986/bmkg-perubahan-iklim-picu-cuaca-ekstrem-di-indonesia

[2] T. Arrisaldi, W. Wilopo, and T. F. Fathani, "Landslide Susceptibility Mapping and Their Rainfall Thresholds Model in Tinalah Watershed , Kulon Progo District , Yogyakarta Special Region , Indonesia," vol. 6, no. 2, pp. 112–118, 2021.

[3] BNPB, *Data Bencana Indonesia 2024*, vol. 3. Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2025.

[4] P. K. Pasuruan, "Longsor Kembali Terjadi di Tosari dan Gempol," Pemerintah Kabupaten Pasuruan. [Online]. Available: https://www.pasuruankab.go.id/isiberita/longsor-kembali-terjadi-di-tosari-dan-gempol-

[5] P. K. Pasuruan, *Peraturan Daerah Kabupaten Pasuruan Nomor 12 Tahun 2010 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Pasuruan Tahun 2009 - 2029*. 2010, pp. 1–96. [Online]. Available: file:///C:/Users/User11/AppData/Local/Mendeley Ltd./Mendeley Desktop/Downloaded/Pemerintah Kabupaten Pasuruan - 2010 - Peraturan Daerah Kabupaten Pasuruan Nomor 12 Tahun 2010 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW.pdf

[6] E. Akbar, "Longsor Sebabkan 3 Rumah Warga Baledono Rusak. Pemkab Pasuruan Imbau Warga Tingkatkan Kewaspadaan," Pemerintah Kabupaten Pasuruan. [Online]. Available: https://www.pasuruankab.go.id/isiberita/longsor-sebabkan-3-rumah-warga-baledono-rusak-pemkab-pasuruan-imbau-warga-tingkatkan-kewaspadaan

[7] M. Arifin, "Longsor Hantam 3 Kendaraan di Tosari Pasuruan, Truk Masuk Jurang," DetikJatim. [Online]. Available: https://www.detik.com/jatim/berita/d-8380692/longsor-hantam-3-kendaraan-di-tosari-pasuruan-truk-masuk-jurang

[8] A. R. Yudha, "Analisis Potensi Penyebaran Longsor dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis di Kecamatan Tosari, Kabupaten Pasuruan, Provinsi Jawa Timur," 2022. [Online]. Available: https://repository.upnjatim.ac.id/4598/

[9] J. Mulyawati, "Mitigasi Bencana Tanah Longsor Di Desa Wonokitri Kecamatan Tosari (Studi Pada Badan Penanggulangan Bencana Daerah (Bpbd) Kabupaten Pasuruan)," 2019. [Online]. Available: https://repository.ub.ac.id/id/eprint/172457/

[10] B. N. P. Bencana, *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana No 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Resiko Bencana*. 2012. [Online]. Available:

file:///C:/Users/User11/AppData/Local/Mendeley Ltd./Mendeley Desktop/Downloaded/Badan Nasional Penanggulangan Bencana - 2012 - Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana No 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Um.pdf

[11] D. Ruslanjari, R. S. Permana, and F. Wardhana, "Kondisi Kerentanan dan Ketahanan Masyarakat Terhadap Bencana Tanah Longsor di Desa Pagerharjo , Kecamatan Samigaluh , Kabupaten Berdasarkan Data dan Informasi Bencana Nglinggo Barat dan Nglinggo Timur juga wisata berupa Wisata Edukasi Kehidupan Bukit Ngis," *J. Ketahanan Nas.*, vol. 26, no. 1, pp. 23–39, 2020, [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.22146/jkn.54415

[12] A. Lola Apriliani Dwiyanti Ade Subarkah, "Kerentanan Masyarakat Kampung 200 Terhadap Ancaman Tanah Longsor di Kelurahan Dago Kecamatan Coblong Kota Bandung," vol. 2, no. 2, pp. 131–150, 2020, [Online]. Available: file:///D:/Tugas/SEMESTER VII/Tugas Akhir/Reference/Jurnal/KERENTANAN MASYARAKAT KAMPUNG 200.pdf

[13] S. Trisnafiah *et al.*, "Spatial-Based Landslide Vulnerability Index Assessment in Bogor Area, Indonesia," *Geosfera Indones.*, vol. 9, no. 1, p. 16, 2024, doi: 10.19184/geosi.v9i1.43643.

[14] J. B. Tuwonaung, P. H. Gosal, and F. Warouw, "Analisis Tingkat Kerentanan Tanah Longsor Di Wilayah Perkotaan Tahuna Dengan Menggunakan Gis," *J. Perenc. Wil. dan Kota*, vol. 6, no. 1, pp. 49–58, 2018, [Online]. Available: file:///D:/Tugas/SEMESTER VII/Tugas Akhir/Reference/Jurnal/ANALISIS TINGKAT KERENTANAN TANAH LONGSOR DI WILAYAH PERKOTAAN TAHUNA DENGAN MENGGUNAKAN GIS.pdf

[15] Y. Park, A. M. S. Pradhan, U. Kim, Y. T. Kim, and S. Kim, "Development and Application of Urban Landslide Vulnerability Assessment Methodology Reflecting Social and Economic Variables," *Adv. Meteorol.*, vol. 2016, 2016, doi: 10.1155/2016/4572498.

[16] A. R. Hamidi, P. Novo, and J. Paavola, "Household flood resilience in the Nowshera district, Pakistan: A multidimensional analysis," *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol. 116, no. December 2024, p. 105124, 2025, doi: 10.1016/j.ijdrr.2024.105124.

[17] N. Afif, N. Hidayah, and M. R. Utami, "ANALISIS RESILIENSI FINANSIAL : PERAN MODAL SOSIAL , SUMBER DAYA EKONOMI , DAN PERILAKU KEUANGAN," vol. 14, pp. 285–294, 2025, doi: 10.34127/jrlab.v14i1.1346.

[18] D. Ferone, P. Festa, and T. Pastore, "Enhancing optimization algorithms with Kernel Density Estimation: A statistical learning strategy for smarter metaheuristics," *Comput. Oper. Res.*, vol. 194, p. 107539, 2026, doi: https://doi.org/10.1016/j.cor.2026.107539.

[19] I. M. S. Graha, "Peta Digital dan Pembentukan Data Atribut," in *Sistem Informasi Geografis*, A. F. Qohar and A. F. Rohman, Eds., Banjarnegara: Qriset Indonesia, 2025.

[20] I. M. S. Graha, P. I. D. Putri, and I. G. N. P. Dharmayasa, "Kesesuaian Lahan Sawah Dilindungi (LSD) Terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Denpasar," *Geo Image*, vol. 12, no. 2, 2023.

[21] I. M. S. Graha, Santi Pradayani, T. Gayatri, D. Q. Revana, and P. Prasetiyo, "Sebaran Kondisi Permukiman Kumuh di Kawasan Kumuh Suwung Kota Denpasar," *Nata Palemahan J. Environ. Eng. Innov.*, vol. 2, no. 1 SE-, pp. 1–9, May 2025, doi: 10.38043/natapalemahan.v2i1.6275.

[22] P. H. Rorong, Y. O., Rondonuwu, D. M., & Gosal, "nalisis Kerentanan Fisik Bencana Longsor Kecamatan Tombulu Kabupaten Minahasa," *J. Perenc. Wil. dan Kota*, vol. 6, no. 3, 2019, doi: https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/spasial/article/view/26706.

[23] K. Kong, Z. Deng, F. Chen, Z. Wang, and Y. Chen, "Numerical analysis of the effect of vegetation root reinforcement on the rainfall-induced instability of loess slopes," *Sci. Rep.*, pp. 1–17, 2025, [Online]. Available: http://www.nature.com/scientificreports