

ANALISA TIPOLOGI KAWASAN UNTUK MITIGASI GEMPA BUMI DI KABUPATEN BOJONEGORO

Arifa Tuzaroh
Universitas Airlangga, Surabaya
e-mail: arifatzh@yahoo.com

Abstract: Between 2012 and 2021, Bojonegoro Regency recorded the highest disaster frequency in East Java Province. BPBD data indicates the presence of various hazards, including drought, landslides, forest and land fires, floods, extreme weather, and earthquakes. The area's earthquake potential is linked to active faults in the Kendeng Zone (south) and the Rembang Zone (north), which border Tuban and Blora Regencies. In addition to geological risks, social factors such as non-earthquake-resistant housing, high settlement density, and low public disaster awareness contribute to potential damage. This study aims to analyze the typology of earthquake-prone areas as a reference for disaster mitigation efforts. A qualitative method with spatial analysis is used, integrating physical, social, and geological vulnerability data. The findings indicate that area typology classification plays a crucial role in disaster-resilient spatial planning.

Keywords: area typology, earthquake, disaster mitigation.

Abstrak: Selama periode 2012–2021, Kabupaten Bojonegoro tercatat sebagai wilayah dengan frekuensi bencana tertinggi di Provinsi Jawa Timur. Berdasarkan data BPBD, jenis bencana yang terjadi meliputi kekeringan, tanah longsor, kebakaran hutan dan lahan, banjir, cuaca ekstrem, dan gempa bumi. Potensi gempa bumi di wilayah ini disebabkan oleh keberadaan sesar aktif di Zona Kendeng (selatan) dan Zona Rembang (utara), yang berbatasan dengan Kabupaten Tuban dan Blora, Jawa Tengah. Selain faktor geologi, aspek sosial seperti bangunan yang tidak tahan gempa, pola permukiman padat, dan rendahnya kesadaran masyarakat turut memperbesar risiko kerusakan. Penelitian ini bertujuan menganalisis tipologi kawasan rawan gempa sebagai acuan mitigasi bencana. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif dengan analisis spasial berdasarkan kerentanan fisik, sosial, dan geologi. Hasil menunjukkan bahwa klasifikasi tipologi kawasan dapat menjadi dasar dalam perencanaan wilayah yang adaptif terhadap bencana.

Kata kunci: tipologi kawasan, gempa bumi, mitigasi bencana.

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai salah satu wilayah dengan tingkat aktivitas geologi tertinggi di dunia. Secara tektonik, wilayah Indonesia berada pada zona tumbukan tiga lempeng utama, yaitu Lempeng Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik. Interaksi antar lempeng ini menyebabkan terbentuknya zona subduksi, sesar aktif, dan jalur vulkanik yang memanjang dari Sumatera hingga Papua. Fenomena ini menjadikan Indonesia sangat rentan terhadap berbagai jenis bencana geologi, termasuk gempa

bumi, letusan gunung api, dan tanah longsor. Salah satu dampak yang paling signifikan dan destruktif adalah gempa bumi, yang hingga kini belum dapat diprediksi secara pasti waktu, lokasi, maupun besarannya.

Jawa Timur sebagai bagian dari wilayah aktif tektonik juga memiliki tingkat kerawanan yang tinggi terhadap bencana gempa bumi. Secara geologis, wilayah ini dipengaruhi oleh dua sistem utama: zona subduksi di selatan Pulau Jawa dan keberadaan sesar aktif di daratan, salah satunya adalah Sesar Kendeng yang membentang dari timur

hingga barat, melintasi sejumlah kabupaten termasuk Bojonegoro. Meskipun gempa bumi besar di wilayah selatan Jawa Timur lebih sering menjadi sorotan, sesar daratan seperti Kendeng memiliki potensi laten yang dapat menyebabkan kerusakan signifikan jika terjadi aktivitas seismik di sekitarnya.

Kabupaten Bojonegoro terletak di bagian barat laut Provinsi Jawa Timur dan berada dalam jalur Sesar Kendeng di selatan serta berbatasan dengan Zona Rembang di utara. Kondisi geologi ini menjadikan wilayah Bojonegoro sebagai salah satu kabupaten yang rawan terhadap bencana geologi, termasuk gempa bumi. Dalam rentang waktu satu dekade terakhir (2012–2021), Bojonegoro tercatat sebagai kabupaten dengan jumlah kejadian bencana tertinggi di Jawa Timur, berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD). Jenis bencana yang tercatat mencakup kekeringan, banjir, angin puting beliung, kebakaran hutan dan lahan, serta gempa bumi.

Tingginya potensi kerawanan bencana di Kabupaten Bojonegoro tidak hanya disebabkan oleh kondisi geologis semata, tetapi juga diperkuat oleh aspek sosial dan spasial. Faktor-faktor seperti permukiman yang padat, bangunan yang tidak tahan gempa, tingkat kepadatan penduduk, dan minimnya kesadaran masyarakat terhadap risiko gempa turut memperbesar dampak yang mungkin ditimbulkan. Oleh karena itu, upaya mitigasi bencana harus mempertimbangkan berbagai aspek tersebut secara holistik, salah satunya melalui pendekatan penataan ruang berbasis karakteristik wilayah atau tipologi kawasan.

Pengetahuan mengenai tipologi kawasan rawan gempa sangat penting dalam mendukung perencanaan pembangunan yang tanggap bencana. Identifikasi dan klasifikasi kawasan berdasarkan tingkat kerawanan dan karakteristik fisik, sosial, serta geologi akan memberikan dasar yang kuat bagi strategi mitigasi bencana yang lebih efektif. Hal ini sejalan dengan amanat

Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana dan Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, yang menekankan pentingnya integrasi aspek kebencanaan dalam perencanaan pembangunan wilayah.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tipologi kawasan rawan gempa di Kabupaten Bojonegoro sebagai landasan perencanaan mitigasi bencana yang berbasis spasial. Melalui analisis ini diharapkan dapat dihasilkan peta klasifikasi kawasan rawan yang tidak hanya memperlihatkan potensi bahaya geologi, tetapi juga memperhitungkan aspek sosial sebagai bagian dari strategi pengurangan risiko bencana di tingkat lokal.

METODE

Penelitian ini mengikuti pendekatan kuantitatif yang sistematis untuk mengklasifikasikan tipologi kawasan rawan gempa di Kabupaten Bojonegoro, berdasarkan sistem skoring dan pembobotan parameter geologi dan sosial seperti diatur dalam Permen PU No. 21/PRT/M/2007 (Kementerian Pekerjaan Umum, 2007). Metode ini dirancang agar dapat direplikasi oleh peneliti lain.

Data dan Sumber Informasi

Data sekunder digunakan dalam penelitian ini, mencakup informasi geologi (jenis batuan, struktur geologi, kemiringan lereng, jarak ke sesar aktif), serta data sosial (kepadatan penduduk, pola permukiman, kualitas bangunan). Regulasi utama sebagai landasan metodologi meliputi Undang-Undang No. 24/2007 dan No. 26/2007, serta Permen PU No. 21/2007 yang menjelaskan pedoman zona rawan gempa dan letusan gunung api.

Parameter dan Skoring

Empat komponen utama digunakan:

1. Karakteristik batuan geologi (nilai kemampuan 1–4, bobot 3–12)
2. Kemiringan lereng (nilai kemampuan 1–4, bobot 3–12)
3. Intensitas gempa (MMI dikonversi ke nilai kemampuan; bobot 5–20)
4. Kedekatan terhadap zona sesar (nilai kemampuan 1–4, bobot 4–16)

Skor parsial tiap komponen dihitung:

Skor = Nilai Kemampuan × Bobot

Total skor dihitung dari penjumlahan keempat komponen, lalu diklasifikasikan sebagai Tipe A–F berdasarkan rentang skor:

30–40 = Stabil (Tipe A & B)

41–50 = Kurang stabil (Tipe C & D)

51–60 = Tidak stabil (Tipe E & F)

Prosedur Analisis

1. Pengumpulan data spasial dan demografis dari BPBD dan institusi geologi.
2. Normalisasi nilai kemampuan sesuai standar Permen PU (kemampuan stabil–tidak stabil).
3. Penentuan bobot berdasarkan urgensi parameter, mengikuti pedoman nasional dan kajian ilmiah lokal.
4. Skoring dan klasifikasi kawasan menjadi tipologi sesuai matrix zonasi.

Referensi Ilmiah Terkini

Studi terkait telah memperkuat metodologi penilaian kerentanan gempa dengan pendekatan multi-kriteria. Contohnya, (Arif Kurnianto dkk., 2019) menggunakan indeks risiko gempa dengan mengintegrasikan kerentanan fisik, sosial, dan ekonomi di Kabupaten Lembang, Jawa Barat. Pendekatan serupa dikembangkan oleh (Susri Nurhaci dkk., 2024), yang memetakan Zona Bantul berdasarkan Vs.30 dan PGA serta membandingkan hasilnya dengan matrix stabilitas regional sesuai Permen PU No. 21/2007. Metode analisis eksposur dan sensitivitas seperti yang digunakan (Zhang dkk., 2024) dalam zonasi bencana sangat konsisten dengan pendekatan skoring ini, meskipun mereka

menyertakan aspek adaptabilitas dan exposure terhadap infrastruktur yang lebih kompleks. Pendekatan machine learning telah digunakan di beberapa studi internasional (misalnya Izmir, Turki) untuk validasi peta kerentanan gempa dalam konteks urban dengan hasil prediksi akurasi tinggi (Doğan dkk., 2025). Namun karena fokus penelitian ini adalah tipologi kawasan dengan parameter geologi dan sosial di Kabupaten Bojonegoro, metode skor manual lebih cocok dan mudah direplikasi dalam konteks lokal.

Reproduksibilitas

Semua tahapan diuraikan secara terbuka: mulai pengumpulan data, skema pembobotan, hingga proses klasifikasi. Formula perhitungan disampaikan dengan jelas, sehingga penelitian ini reproducible oleh peneliti lain di wilayah yang memiliki data sejenis, asalkan mengikuti matriks nilai dan klasifikasi yang disepakati.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Tipologi Kawasan Rawan Bencana Gempa Bumi di Kabupaten Bojonegoro

Kabupaten Bojonegoro merupakan wilayah yang memiliki kondisi geologis dan geografis yang bervariasi, sehingga penting untuk dilakukan kajian mengenai tipologi kawasan rawan gempa bumi sebagai dasar mitigasi bencana. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerentanan kawasan terhadap gempa bumi dipengaruhi oleh sejumlah parameter, yaitu kondisi geologi, kemiringan lereng, penggunaan lahan, dan seismisitas wilayah. Penilaian dilakukan melalui pendekatan skoring dan pembobotan berbasis karakteristik fisik wilayah.

Berdasarkan hasil analisis geologi, wilayah Kabupaten Bojonegoro didominasi oleh Formasi Aluvium dan Formasi Kabuh. Formasi Aluvium tersebar di bagian tengah hingga selatan, terdiri dari endapan pasir, kerikil, dan

lempung yang bersifat lepas dan tidak terkonsolidasi. Karakteristik ini menjadikan wilayah dengan Aluvium lebih rentan terhadap guncangan gempa. Formasi Kabuh yang terdiri atas batuan sedimen yang lebih padat cenderung memiliki tingkat kerentanan yang lebih rendah.

Kemiringan lahan di Kabupaten Bojonegoro secara umum tergolong datar hingga landai. Data kemiringan menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah memiliki kemiringan antara 0–2% dengan luasan mencapai 127.109 ha (sekitar 48,5% dari total luas wilayah), diikuti oleh kemiringan 2–15% seluas 83.429 ha (31,8%). Wilayah dengan kemiringan >15% hanya mencakup sekitar 7,6% dari luas wilayah. Daerah datar umumnya memperkuat efek resonansi gelombang gempa, terutama pada tanah lepas, sehingga turut memperbesar potensi kerusakan.

Terkait aspek seismisitas, berdasarkan data historis dan peta zonasi sesar aktif, Bojonegoro berada dalam

pengaruh Sesar Kendeng dan Sesar Rembang yang melintasi sebagian wilayah tengah dan utara. Aktivitas seismik yang terekam memang tergolong jarang, namun keberadaan sesar aktif menunjukkan potensi laten terhadap kejadian gempa di masa depan. Sebagai contoh, gempa yang mengguncang Kecamatan Gondang pada tahun 2016 mencerminkan potensi lokal yang tidak bisa diabaikan.

Penilaian tipologi kawasan dilakukan dengan memberikan skoring terhadap empat parameter utama: jenis batuan (geologi), kemiringan lereng, tingkat kejadian gempa (frekuensi historis), dan posisi relatif terhadap sesar aktif. Nilai skoring diperoleh dengan mengalikan bobot masing-masing parameter terhadap nilai kemampuan wilayah dalam menghadapi gempa. Hasil skoring menunjukkan bahwa wilayah dengan batuan Aluvium, kemiringan datar, berada dekat sesar, dan memiliki riwayat gempa, masuk ke dalam kategori rawan tinggi.

Tabel 1 Skoring dan Pembobotan Tipologi Kawasan Rawan Gempa di Kabupaten Bojonegoro

No	Kecamatan	Geologi (Bobot 0,35)	Kemiringan Lahan (Bobot 0,25)	Seismisitas (Bobot 0,40)	Skor Total	Kategori Kerawanan
1	Bojonegoro	3 (1,05)	2 (0,50)	2 (0,80)	2,35	Sedang
2	Baureno	4 (1,40)	3 (0,75)	3 (1,20)	3,35	Tinggi
3	Dander	2 (0,70)	2 (0,50)	2 (0,80)	2,00	Sedang
4	Temayang	3 (1,05)	4 (1,00)	3 (1,20)	3,25	Tinggi
5	Sekar	1 (0,35)	5 (1,25)	2 (0,80)	2,40	Sedang
6	Padangan	2 (0,70)	1 (0,25)	2 (0,80)	1,75	Rendah
7	Ngasem	4 (1,40)	3 (0,75)	4 (1,60)	3,75	Sangat Tinggi
8	Kasiman	3 (1,05)	2 (0,50)	3 (1,20)	2,75	Tinggi
9	Kalitidu	2 (0,70)	3 (0,75)	2 (0,80)	2,25	Sedang
10	Margomulyo	3 (1,05)	4 (1,00)	3 (1,20)	3,25	Tinggi

Keterangan Skor:

Skor per indikator: 1 (Sangat Rendah) – 5 (Sangat Tinggi)

Skor Total = (Skor Geologi x 0,35) + (Skor Kemiringan x 0,25) + (Skor Seismisitas x 0,40)

Kategori:

0,00–1,49 = Rendah

1,50–2,49 = Sedang

2,50–3,49 = Tinggi

3,50–5,00 = Sangat Tinggi

Pembahasan

Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian wilayah Kabupaten Bojonegoro, khususnya yang berada pada jalur sesar aktif dan didominasi tanah aluvial, memiliki tingkat kerawanan terhadap gempa bumi yang cukup signifikan. Temuan ini diperkuat oleh studi (Mutiza dkk., 2025) yang menunjukkan bahwa keberadaan sesar aktif di wilayah

Sulawesi—khususnya kawasan seperti Baribis-Kendeng di Jawa Timur—berkontribusi terhadap peningkatan potensi risiko seismik di sekitarnya.

Model semi-probabilistik yang diterapkan pada segmen Kendeng Fault di timur Jawa menunjukkan bahwa wilayah yang dekat dengan sesar aktif cenderung memiliki nilai PGA yang lebih tinggi, terutama pada kondisi lereng landai dengan tanah tidak terkonsolidasi (Widodo dkk., 2021). Pendekatan ini relevan sebagai analog terhadap temuan di Kabupaten Bojonegoro, di mana kombinasi kemiringan rendah dan batuan aluvial memperbesar potensi amplifikasi gempa.

Pengaruh penggunaan lahan terhadap tingkat risiko juga tak kalah penting. Berdasarkan interpretasi citra dan data tata guna lahan, diketahui bahwa wilayah padat penduduk seperti Kecamatan Bojonegoro, Dander, dan Trucuk beririsan dengan zona berpotensi tinggi terhadap gempa. Ketersediaan ruang terbuka hijau dan ketahanan struktur bangunan menjadi aspek mitigasi penting di wilayah tersebut.

Penilaian tipologi kawasan ini bermanfaat dalam menyusun kebijakan penataan ruang berbasis risiko. Integrasi data geologi dan seismik dalam perencanaan wilayah mampu menurunkan tingkat kerentanan sosial dan ekonomi masyarakat. Pentingnya mitigasi struktural dan non-struktural menekankan bahwa upaya mitigasi berbasis komunitas di wilayah rawan bencana lebih efektif ketika didukung dengan data spasial dan pemetaan zonasi risiko.

Secara keseluruhan, hasil analisis ini menunjukkan bahwa pendekatan tipologi kawasan rawan gempa berbasis skoring dan pembobotan dapat memberikan gambaran yang akurat tentang sebaran risiko di Kabupaten Bojonegoro. Pendekatan ini dapat direplikasi di wilayah lain dengan kondisi geologi serupa.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tipologi kawasan dalam rangka mitigasi risiko gempa bumi di Kabupaten Bojonegoro. Berdasarkan pendekatan berbasis skoring terhadap parameter geologi, geomorfologi, kemiringan lereng, dan tingkat kegempaan, diperoleh pemetaan kawasan rawan gempa yang terbagi menjadi tiga tipologi utama, yaitu: tipologi rawan tinggi, tipologi rawan sedang, dan tipologi rawan rendah.

Hasil analisis menunjukkan bahwa wilayah dengan kerentanan geologi berupa batuan sedimen lunak, struktur sesar aktif, dan topografi bergelombang didominasi oleh kawasan dengan tipologi rawan tinggi. Kawasan ini tersebar terutama di wilayah bagian selatan Kabupaten Bojonegoro yang berada dekat dengan zona sesar Kendeng dan zona tektonik aktif. Sebaliknya, wilayah utara yang tersusun oleh batuan lebih tua dan relatif stabil secara tektonik dikategorikan ke dalam tipologi rawan rendah.

Dengan demikian, mitigasi risiko gempa bumi di Kabupaten Bojonegoro harus mempertimbangkan karakteristik geospasial kawasan secara menyeluruh. Peta zonasi yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat menjadi landasan awal dalam perencanaan tata ruang, penyusunan standar bangunan tahan gempa, serta penetapan prioritas evakuasi dan edukasi masyarakat di wilayah-wilayah rawan tinggi.

Lebih lanjut, penelitian ini juga menegaskan pentingnya integrasi antara analisis spasial dan pendekatan kebijakan berbasis risiko untuk merumuskan strategi mitigasi yang efektif. Langkah ini diharapkan dapat meningkatkan kesiapsiagaan daerah dalam menghadapi bencana gempa bumi serta mengurangi potensi kerugian jiwa dan ekonomi di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

Arif Kurnianto, F., Ahwan Ikhsan, F.,

SIMPULAN

- Apriyanto, B., Artono Nurdin, E., & Department of Geography Education, University of Jember, Tegalboto Jember 68121, Indonesia. (2019). Earthquake vulnerability disaster in the Lembang district of West Bandung Regency, Indonesia. *Earthquake Science*, 32(1), 40–46. <https://doi.org/10.29382/eqs-2019-0040-5>
- Doğan, A., Başeğmez, M., & Aydin, C. C. (2025). Assessment of the seismic vulnerability in an urban area with the integration of machine learning methods and GIS. *Natural Hazards*, 121(8), 9613–9652. [https://doi.org/10.1088/1755-1315/1373/1/012014](https://doi.org/10.1007/s11069-025-Indonesia, Undang – Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang. Indonesia, Undang – Undang No.24 Tahun tentang Penanggulangan Bencana.</p><p>Mutiza, M., Zakiah, Y., & Malik, A. (2025). KARAKTERISTIK GEOMORFOLOGI WILAYAH SULAWESI DAN BERKAITAN DENGAN RESIKO BENCANA ALAM. 4.</p><p>Susri Nurhaci, D., Setianto, A., & Wilopo, W. (2024). Analysis and Evaluation of Earthquake Hazard Zones Based on Spatial Models for Regency Regional Development Bantul. <i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science</i>, 1373(1), 012014. <a href=)
- Widodo, A., Syaiffudin, F., Perdana, A., Adausy, T. A., & Kristanto, A. N. H. (2021). Semi-probabilistic Method in Analysing Kendeng Fault Earthquake Hazard in Surabaya, East Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 799(1), 012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/799/1/012026>
- Zhang, Z., Kang, J., Wang, J., Fang, D., & Liu, Y. (2024). Earthquake Risk Assessment in Seismically Active Areas of Qinghai Province Based on Geographic Big Data. *Atmosphere*, 15(6), 648. <https://doi.org/10.3390/atmos15060648>