

# KAJIAN ( $\Delta$ )KERENTANAN BENCANA GEMPA BUMI BERDASARKAN PERSPEKTIF MULTITEMPORAL Studi Kasus Kabupaten Malang

Widiyanto Hari Subagyo Widodo<sup>1</sup>, Annisaa Hamidah Imaduddina<sup>2</sup>, Ibnu Sasongko<sup>3</sup>

Institut Teknologi Nasional Malang<sup>1</sup>

Institut Teknologi Nasional Malang<sup>2</sup>

Institut Teknologi Nasional Malang<sup>3</sup>

Jln. Bendungan Sigura-gura No.2 Malang

E-mail: [harry\\_4444@rocketmail.com](mailto:harry_4444@rocketmail.com), [nisa\\_pwk@yahoo.com](mailto:nisa_pwk@yahoo.com), [koko\\_is@yahoo.com](mailto:koko_is@yahoo.com)

## ABSTRAK

Daerah yang dilalui oleh lempeng Indo-Australia, termasuk Kabupaten Malang di Provinsi Jawa Timur, memiliki potensi kerentanan bencana gempa bumi yang signifikan. Contoh konkret terjadi pada April 2021 ketika gempa bumi dengan kekuatan 6,1 mengguncang Kabupaten Malang dan sekitarnya, dengan pusat gempa berlokasi di Samudera Indonesia di selatan wilayah Jawa Timur. Ancaman gempa bumi di daerah ini menimbulkan kerentanan bencana, yang mencakup potensi kerugian seperti kematian, luka-luka, kehilangan harta benda, pemindahan penduduk, dan gangguan terhadap kehidupan komunitas. Untuk mengatasi kerentanan bencana ini, pengkajian kerentanan menjadi langkah penting, terutama di daerah yang mengalami perubahan penggunaan lahan yang berdampak pada kerentanan bencana. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memahami Delta ( $\Delta$ ) Kerentanan Bencana Gempa Bumi dengan pendekatan multitemporal di Kabupaten Malang. Penelitian ini merupakan gabungan antara metode kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif digunakan untuk menggambarkan situasi eksisting di daerah penelitian, sementara metode kuantitatif digunakan untuk mengevaluasi kerentanan bencana. Selain itu, Cellular Automata digunakan untuk memprediksi perubahan penggunaan lahan. Penelitian ini mencakup 33 kecamatan di Kabupaten Malang yang berada di wilayah rentan terhadap bencana gempa bumi. Melalui analisis prediksi perubahan penggunaan lahan, penelitian ini bertujuan untuk memahami bagaimana kerentanan bencana gempa bumi di daerah tersebut berubah seiring waktu. Hasil akhir dari penelitian ini adalah pemahaman yang lebih baik tentang perubahan kerentanan bencana gempa bumi di Kabupaten Malang yang dapat menjadi landasan untuk pengambilan keputusan dalam mitigasi bencana di masa depan.

**Kata kunci:** Cellular Automata, Delta Kerentanan, Kerentanan, Gempa Bumi

## ABSTRACT

*The region traversed by the Indo-Australian tectonic plate, including Malang Regency in East Java Province, faces significant vulnerability to earthquakes. A concrete example occurred in April 2021 when an earthquake with a magnitude of 6.1 struck Malang Regency and its surroundings, with the epicenter located in the Indonesian Ocean to the south of East Java. Vulnerability to earthquakes in this area poses risks such as loss of life, injuries, property damage, population displacement, and disruption of community life. To address this vulnerability, assessing vulnerability becomes a crucial step, especially in areas experiencing land use changes that impact vulnerability to disasters. The objective of this research is to understand the Delta ( $\Delta$ ) Vulnerability to Earthquake Disasters from a multi-temporal perspective in Malang Regency. This study combines qualitative and quantitative methods. Qualitative methods are used to depict the existing situation in the research area, while quantitative methods are employed to evaluate vulnerability to disasters. Additionally, Cellular Automata is used to predict land use changes. This research covers 33 districts in Malang Regency located in earthquake-prone areas. Through an analysis of land use change predictions, this study aims to comprehend how vulnerability to earthquake disasters in this region changes over time. The ultimate outcome of this research is a better understanding of changes in vulnerability to earthquake disasters in Malang Regency, which can serve as a foundation for decision-making in disaster mitigation in the future.*

**Keywords:** Cellular Automata, Delta Vulnerability, Vulnerability, earthquake

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Permukaan bumi terbagi menjadi beberapa lempeng tektonik besar yang merupakan sepotong keras dari kerak bumi yang mengambang di atas lapisan astenosfer cair dan panas. Sebagai hasil dari karakteristik ini, lempeng-lempeng tektonik memiliki kebebasan untuk bergerak dan saling berinteraksi. Indonesia adalah kawasan yang memiliki risiko gempa bumi karena terletak di persilangan tiga lempeng tektonik utama: Lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Lempeng Indo-Australia bergerak ke arah utara dan menyusup di bawah lempeng Eurasia, sementara lempeng Pasifik bergerak ke arah barat. Pertemuan antara lempeng-lempeng ini terjadi di bawah permukaan laut, sehingga gempa bumi besar dengan kedalaman dangkal dapat terjadi di daerah ini.

Salah satu wilayah yang dilalui oleh lempeng Indo-Australia adalah Kabupaten Malang, yang terletak di Provinsi Jawa Timur. Keberadaan lempeng Indo-Australia ini membawa potensi bahaya, terutama bagi warga yang tinggal di dekat pusat gempa. Contohnya, pada April 2021, Kabupaten Malang dan sekitarnya mengalami dampak bencana gempa bumi dengan kekuatan 6,1. Episentrum gempa berada di Samudera Indonesia, di selatan wilayah Jawa Timur. Wilayah yang berdekatan dengan pusat gempa adalah bagian selatan Jawa Timur yang terdiri dari berbagai jenis batuan, termasuk batuan Tersier seperti sedimen, batuan karbonat, dan batuan vulkanik, serta batuan Kuartar yang terdiri dari batuan vulkanik dan sedimen. Guncangan ini mengakibatkan kerusakan pada bangunan di wilayah Kabupaten Malang. Hingga saat informasi ini disusun, belum ada laporan mengenai korban jiwa akibat gempa bumi ini.

Kabupaten Malang juga termasuk dalam kategori kabupaten yang luas di Provinsi Jawa Timur dengan populasi yang cukup signifikan. Pertumbuhan jumlah penduduk yang terus meningkat telah menyebabkan permintaan akan ruang semakin besar, yang pada gilirannya mengakibatkan berkurangnya lahan yang tersedia. Situasi ini telah menghasilkan keterbatasan dalam menentukan lokasi permukiman atau tempat tinggal, dengan perhatian yang kurang terhadap potensi rentan terhadap bencana di masa mendatang, khususnya gempa bumi.

Dari tantangan tersebut, diperlukan sebuah kajian untuk mengenali kerentanan wilayah yang rawan terhadap bencana gempa di Kabupaten Malang, dengan pendekatan yang mempertimbangkan berbagai periode waktu. Ini melibatkan analisis prediksi perubahan penggunaan lahan berdasarkan tren, sehingga kita dapat mengarahkan perkembangan pembangunan

pada wilayah yang memiliki potensi rendah terdampak oleh bencana gempa di masa depan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman lebih dalam kepada pembaca mengenai wilayah-wilayah yang memiliki risiko tinggi terhadap gempa bumi di Kabupaten Malang, memungkinkan langkah-langkah antisipatif dalam bentuk tindakan pencegahan dan persiapan yang lebih baik.

### Rumusan Masalah

Berkembangnya jumlah penduduk yang semakin tinggi dan berbagai proyek pembangunan yang direncanakan di Kabupaten Malang menyebabkan kebutuhan akan lahan yang semakin terbatas. Akibatnya, pemilihan lokasi untuk hunian tidak lagi memprioritaskan pertimbangan terhadap kerentanan bencana yang mungkin timbul, terutama gempa bumi. Berdasarkan kerangka latar belakang dan permasalahan yang diuraikan, dapat diajukan pertanyaan Bagaimana menentukan  $\Delta$ kerentanan kawasan bencana gempa bumi Di Kabupaten Malang berdasarkan perspektif multitemporal?

### Tujuan Penelitian

Dengan merujuk pada konteks awal dan perumusan masalah yang telah diuraikan, peneliti memiliki tujuan untuk memahami  $\Delta$ Kerentanan wilayah yang rawan terhadap bencana gempa di Kabupaten Malang, dengan pendekatan multitemporal.

### METODE

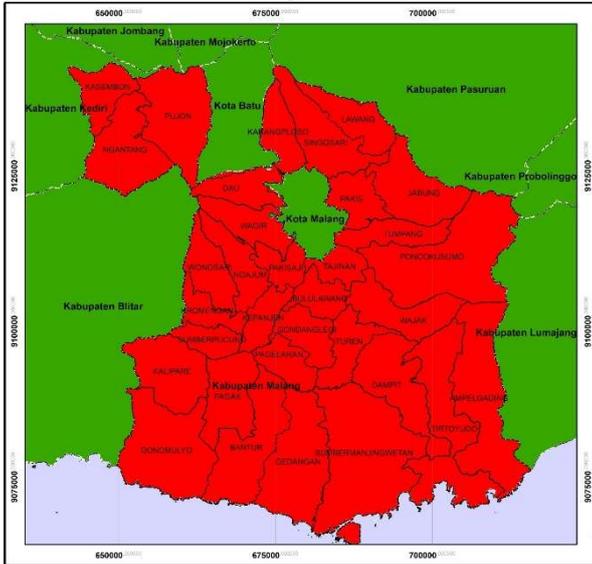
Penelitian ini difokuskan di Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur, yang dikenal memiliki potensi bencana gempa bumi. Metode penelitian yang diterapkan adalah metode penelitian kombinasi, yang mengintegrasikan aspek kualitatif dan kuantitatif. Dalam penelitian ini, beberapa konsep dapat diuraikan secara deskriptif melalui kalimat-kalimat, namun juga terdapat aspek-aspek tertentu yang memerlukan penjelasan matematis.

Metode pengumpulan data melibatkan dua pendekatan utama, yaitu observasi dan wawancara. Selanjutnya, metode analisis yang digunakan mencakup identifikasi perubahan penggunaan lahan dan penerapan Geographic Information System (GIS).

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah menentukan tingkat kerentanan penggunaan lahan dengan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP). AHP, yang diperkenalkan oleh Thomas L. Saaty, adalah model pendukung pengambilan keputusan yang membentuk struktur hirarkis. Teknik ini memecah masalah kompleks menjadi komponen-komponen



Sebelah : Samudera Indonesia  
Selatan  
Sebelah Barat : Kabupaten Blitar, Kediri, & Mojokerto



Gambar 1 Lokasi Kabupaten Malang

**Perubahan Penggunaan Lahan**

Pada langkah pertama dari proses pengenalan transformasi wilayah, dilakukan interpretasi visual terhadap citra resolusi tinggi Quickbird 1:5.000 yang diambil dari Google Earth pada tahun 2012, 2018, dan 2022. Skema proses interpretasi citra dari teknologi penginderaan jauh diilustrasikan dalam diagram alur di bawah ini.



Gambar 2 Bagan Alir Interpretasi Penggunaan Lahan

Mengacu pada peta penggunaan lahan yang sah, dilaksanakan evaluasi terhadap arah kecenderungan perubahan penggunaan lahan. Hasil evaluasi ini diterapkan pada tahap prediksi perubahan penggunaan lahan, menghasilkan data peta probabilitas perubahan penggunaan lahan dan informasi luas perubahan penggunaan lahan tiap kelas. Ilustrasi skema analisis kecenderungan perubahan penggunaan lahan diperlihatkan dalam diagram di bawah ini.



Gambar 3 Alur Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

**Metode Sistem Informasi Geografis (SIG)**

Pada garis besar, sistem informasi geografis adalah suatu entitas yang terdiri dari unsur perangkat keras, perangkat lunak, tim manusia, serta data yang bekerja secara sinergis untuk secara efisien melaksanakan tugas-tugas seperti pengumpulan, pengelolaan, integrasi, penyajian, analisis, penyimpanan, perbaikan, dan manipulasi data yang memiliki komponen berbasis informasi geografis.

Sesuai dengan (Aronoff, 1989) sebagaimana dikutip dalam (NTB, 2013), Geographic Information System (GIS) atau dikenal sebagai Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sebuah sistem informasi yang berbasis komputer yang berfungsi untuk mengolah data atau informasi yang memiliki dimensi geografis. Kemunculan Sistem Informasi Geografis (SIG) pertama kali dikenali pada dekade awal tahun 1980-an. Kemajuan SIG ini sejalan dengan perkembangan komputer, baik dalam hal perangkat lunak maupun perangkat keras. Pada tahun 1990, pertumbuhan SIG ini mulai menunjukkan perkembangan yang signifikan dan hingga kini terus mengalami kemajuan yang pesat.

Data yang diolah di dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) pada dasarnya terdiri dari dua jenis utama: data spasial dan data atribut yang diperoleh dari berbagai sumber. Mayoritas data yang dikelola dalam SIG adalah data spasial, yang memiliki orientasi geografis dan tergantung pada suatu sistem koordinat yang digunakan sebagai acuan. Data ini memiliki dua komponen penting yang membedakannya dari data lainnya, yaitu informasi lokasi (spasial) dan informasi deskriptif (atribut), yang dijelaskan berikut:

1. Informasi lokasi (spasial) berkaitan dengan koordinat tertentu, baik itu koordinat geografis seperti lintang dan bujur, atau koordinat XYZ. Informasi ini juga mencakup elemen seperti datum dan proyeksi yang menjadi dasar referensi, umumnya dalam bentuk peta.
2. Informasi deskriptif (atribut) atau informasi non-spasial, mencakup detail tentang suatu lokasi. Data atribut ini diorganisir dalam bentuk tabel dan menjelaskan berbagai aspek objek yang ada. Contohnya meliputi jenis

vegetasi, jumlah populasi, luas area, kode pos, dan lain sebagainya.

Dalam Metode SIG ini lebih spesifik menggunakan metode *overlay*. Proses *overlay* adalah tahapan penting dalam analisis Sistem Informasi Geografis (SIG). *Overlay* merujuk pada kemampuan untuk menempatkan elemen grafis dari satu peta di atas peta lainnya dan mempresentasikan hasilnya pada layar komputer atau dalam bentuk cetakan. Secara esensial, *overlay* menggabungkan informasi dari suatu peta digital dengan peta digital lainnya beserta atribut-atributnya, sehingga terbentuk peta gabungan yang mencakup informasi atribut dari kedua peta tersebut.

*Overlay* melibatkan penggabungan data dari berbagai lapisan layer yang berbeda. Secara sederhana, *overlay* bisa diartikan sebagai operasi visual yang memerlukan lebih dari satu lapisan layer untuk digabungkan secara fisik.

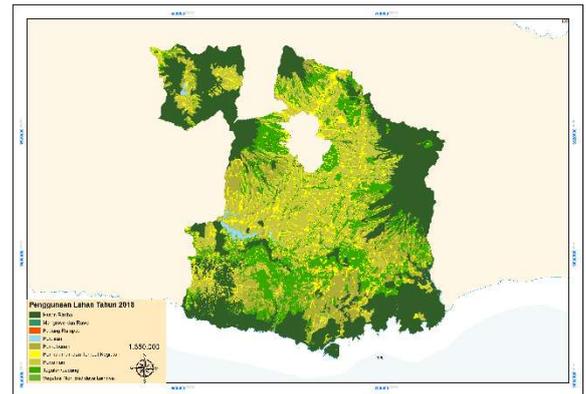
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan lahan pada kabupaten malang berubah secara signifikan terutama pada bagian permukiman dan tempat kegiatan yang merupakan pusat dari kegiatan manusia. Dari tahun 2018 – 2022 perubahan lahan yang terjadi di Kabupaten Malang berdasarkan peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) bisa dilihat di tabel 1, gambar 4 dan 5 berikut.

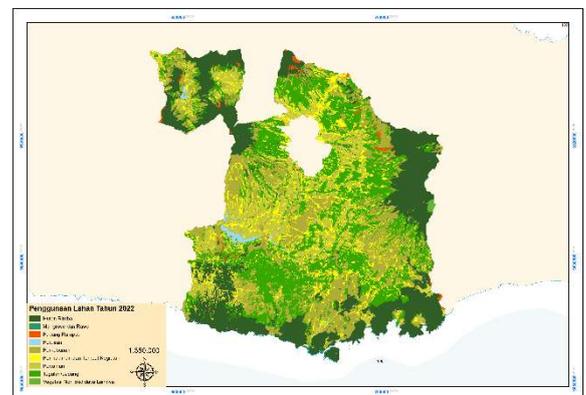
**Tabel 1** Luas Penggunaan Lahan Kabupaten Malang

Penggunaan Lahan	Luas Penggunaan Lahan (Ha)	
	2018	2022
Hutan Rimba	121.093,92	86.430,97
Mangrove dan Rawa	516,20	937,05
Padang Rumput	532,81	3.327,27
Perairan	3.076,13	3.410,46
Perkebunan	51.378,04	81.051,86
Permukiman dan Tempat Kegiatan	36.112,07	36.685,77
Pertanian	71.422,94	43.620,94
Tegalan/Ladang	66.396,06	94.344,00
Vegetasi Non Budidaya Lainnya	518,82	1.234,68
Jumlah	353.065	353.065

Sumber: Peta Rupa Bumi Indonesia



**Gambar 4** Peta Penggunaan Lahan Kabupaten Malang Tahun 2018



**Gambar 5** Peta Penggunaan Lahan Kabupaten Malang Tahun 2022

Perubahan penggunaan lahan berdasarkan peta diatas yang mengalami perubahan paling besar yaitu Padang rumput dengan penambahan sebesar 524%, sedangkan untuk pengurangan paling besar terjadi pada pertanian dengan -39%.

**Tabel 2** Persentase Perubahan Penggunaan Lahan Kabupaten Malang Tahun 2018-2022

Penggunaan Lahan	Selisih Perubahan
Hutan Rimba	-29%
Mangrove dan Rawa	82%
Padang Rumput	524%
Perairan	11%
Perkebunan	58%
Permukiman dan Tempat Kegiatan	2%
Pertanian	-39%
Tegalan/Ladang	42%
Vegetasi Non Budidaya Lainnya	138%

Sumber: Hasil Analisis, 2023

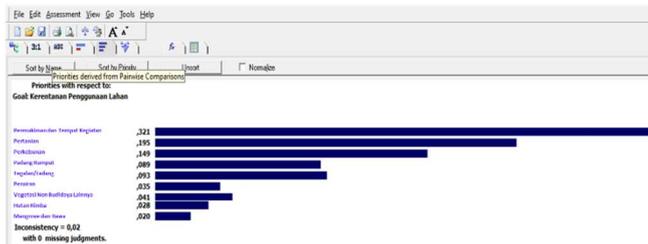
Identifikasi faktor kerentanan Diawali dengan melakukan penyebaran *questioner* ahp untuk mengetahui variabel apa yang prioritas jika terjadi kerentanan bencana gempa bumi di Kabupaten Malang dan didapatkan hasil sebagai berikut.

**Tabel 3** Bobot Prioritas Faktor Kerentanan Kawasan Rawan Bencana Gempa Bumi

Indikator	Urutan Kepentingan	Bobot	Inconsistency
Permukiman Dan Tempat Kegiatan	1	0,321	0,02
Pertanian	2	0,195	
Perkebunan	3	0,149	
Padang Rumput	4	0,089	
Tegalan/Ladang	5	0,093	
Perairan	6	0,035	
Vegetasi Non Budidaya Lainnya	7	0,041	
Hutan Rimba	8	0,028	
Mangrove dan Rawa	9	0,02	

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Berdasarkan tabel Bobot Prioritas Faktor Kerentanan Kawasan Rawan Bencana Gempa Bumi Kabupaten Malang tersebut, diketahui bahwa dalam penentuan kerentanan bencana, indikator permukiman merupakan indikator yang paling diprioritaskan hal tersebut cukup masuk akal dikarenakan didalam permukiman terdapat manusia yang harus diutamakan keselamatannya. Dari bobot tersebut, dapat diketahui hirarki penentuan Faktor Kerentanan Kawasan Rawan Bencana gempa bumi Kabupaten Malang yang dapat dilihat pada gambar berikut ini:

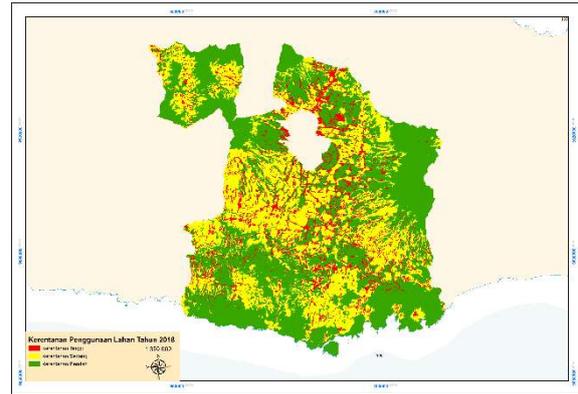


**Gambar 6** Bobot Prioritas Faktor Kerentanan Bencana Gempa Bumi Kabupaten Malang

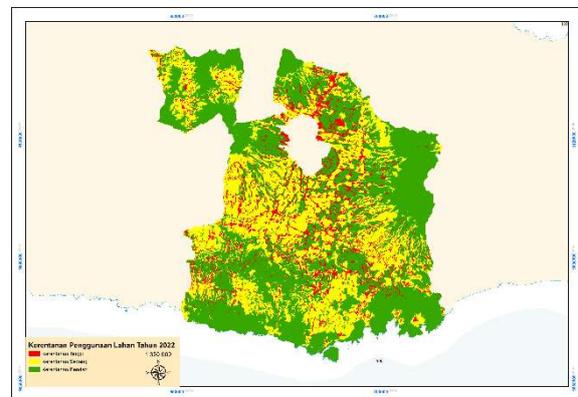
**Tabel 4** Kerentanan Bencana Gempa Bumi Kabupaten Malang

Kerentanan	Luas (Ha)	
	2018	2022
Kerentanan Rendah	192.133,95	189.684,42
Kerentanan Sedang	122.800,98	124.672,80
Kerentanan Tinggi	36.112,07	36.685,77
<b>Jumlah</b>	<b>353.065,00</b>	<b>353.065,00</b>

Sumber: Hasil Analisis, 2023



**Gambar 7** Peta Kerentanan Gempa Bumi Kabupaten Malang Tahun 2018



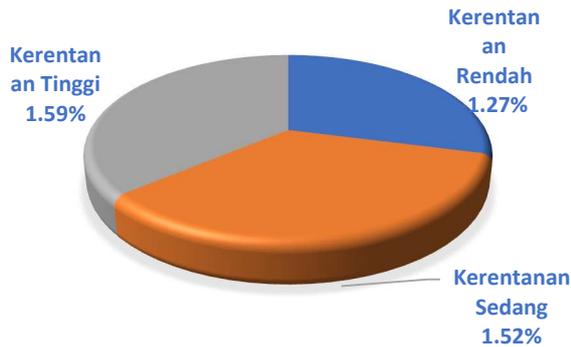
**Gambar 8** Peta Kerentanan Gempa Bumi Kabupaten Malang Tahun 2022

Dari tabel dan gambar diatas diatas dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan pada kerentanan rendah dan kerentanan tinggi bencana gempa bumi di Kabupaten Malang hal ini tentu saja sangat berbahaya jika tidak diperhatikan arah pengembangannya dan hanya mengikuti tren perubahannya.

**Tabel 5** Persentase(%) Delta( $\Delta$ ) Kerentanan Bencana Gempa Bumi Kabupaten Malang

Kerentanan	Persentase
Kerentanan Rendah	-1%
Kerentanan Sedang	2%
Kerentanan Tinggi	2%

Sumber: Hasil Analisis, 2023



**Gambar 9** Grafik Persentase (Δ)Kerentanan Bencana Gempa Bumi Kabupaten Malang

Berdasarkan tabel diatas (Δ)Kerentanan Bencana Gempa Bumi Kabupaten Malang untuk kerentanan tinggi meningkat sebesar 2% begitu pula dengan kerentanan sedang yang meningkat kurang lebih sebesar 2%. Hal ini harus diperhatikan mengingat Kabupaten Malang merupakan salah satu Kabupaten yang berpotensi terjadi bencana gempa bumi karena berada didekat lempeng tektonik utama.

Namun untuk memberi masukan yang lebih valid, diperlukan satu tahapan lagi agar bisa mempertimbangkan atau memberi masukan terhadap arah perkembangan kabupaten malang dengan menghitung risiko yang ada.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menyoroti perubahan penggunaan lahan yang signifikan di Kabupaten Malang antara tahun 2018 dan 2022. Perubahan paling mencolok terjadi pada kategori padang rumput dengan peningkatan drastis sebesar 524%, sementara pertanian mengalami pengurangan signifikan mencapai -39%. Penelitian juga mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kerentanan terhadap gempa bumi di wilayah ini.

Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor permukiman mendominasi dalam penentuan kerentanan terhadap gempa bumi di Kabupaten Malang, yang sesuai dengan kebutuhan untuk melindungi keselamatan manusia di permukiman. Dalam struktur hirarki faktor kerentanan, permukiman menduduki posisi paling tinggi.

Selanjutnya, penelitian ini mengungkapkan peningkatan kerentanan rendah dan tinggi terhadap gempa bumi di Kabupaten Malang. Terdapat kenaikan sebesar 2% dalam kategori kerentanan tinggi dan sedang. Temuan ini menggarisbawahi urgensi pengembangan wilayah yang harus mempertimbangkan potensi bahaya gempa bumi di daerah ini. Kabupaten Malang, berada di dekat lempeng tektonik utama, merupakan area berpotensi tinggi terhadap gempa bumi.

Saran kedepannya mengingat hasil penelitian ini, perencanaan dan pengembangan wilayah di Kabupaten Malang harus memperhitungkan perubahan signifikan dalam penggunaan lahan dan fokus pada mitigasi risiko gempa bumi untuk melindungi penduduk dan aset wilayah. Selain itu dapat juga dilakukan penelitian lanjutan yang menghitung delta risiko gempa bumi berdasarkan tren maupun target.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini, kami ingin mengungkapkan rasa terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah mendukung dan berkontribusi dalam penelitian ini. Terima kasih kepada kolega dan teman-teman atas diskusi yang inspiratif, serta pihak yang memberikan izin dan data. Keluarga, teman-teman, dan responden juga kami haturkan terima kasih atas dukungan dan partisipasinya. Kepada Tuhan, kami sampaikan rasa syukur atas berkat dan kesempatan yang diberikan, dengan harapan hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu dan masyarakat.

## DAFTAR PUSTAKA

### Artikel dalam Jurnal (Jurnal Primer)

- Dosen Pendidikan. (2020, 03 27). *Mitigasi*. Retrieved from *DosenPendidikan.Com*: <https://www.dosenpendidikan.co.id/mitigasi-adalah/>
- Trigus, E., & Sri, R. (2012). *Perubahan Penggunaan Lahan dan Kesesuaiannya terhadap RDTR di Wilayah Peri-Urban Studi Kasus: Kecamatan Mlati*. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, 330-340.

### Buku

- NTB, B. P. (2013). *Tutorial Arc GIS Tingkat 10*. Mataram: Bappeda Provinsi NTB.
- Pribadi, Khrisna S, dkk. 2008. *Buku Pegangan Guru Pendidikan Siaga Bencana*. Bandung: Pusat Mitigasi Bencana ITB.
- Bakornas PB. (2007). *Pengenalan Karakteristik Bencana Dan Upaya Mitigasinya Di Indonesia*. Indonesia: Direktorat Mitigasi, Lakhar Bakornas PB, ISBN 978-979-96016.

### Skripsi/Tesis/Disertasi

- idtesis. (2018, 12 7). *Pembahasan Lengkap Teori Analytical Hierarchy Process (AHP) Menurut Ahli dan Contoh Tesis Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Diambil kembali dari idtesis.com: <https://idtesis.com/pembahasan-lengkap-teori-analytical-hierarchy-process-ahp-menurut-parahli-dan-contoh-tesis-analytical-hierarchy-process-ahp/>
- rachmawati, T. a., Rachmawati, D., & Susilo, d. A. (2018). *Pengurangan Risiko Bencana Berbasis Tata Ruang*. In T. a. rachmawati, D. Rachmawati, & d. A. Susilo, *Pengurangan Risiko Bencana Berbasis Tata Ruang* (p. 8). Malang: UB Press.
- Setiawan, F. (2016). *Arahan Pengaturan Zonasi Pada Kawasan Risiko Bencana Gunung Semeru*.

Sutaryo, A. Z. (2022). Kajian Delta ( $\Delta$ ) Risiko Kawasan Rawan Bencana Tsunami Di Kabupaten Banyuwangi Berdasarkan Perpektif Multitemporal Tahun 2019-2039 (Using Cellular Automata).