

## ANALISIS POTENSI RAWAN GEMPA BUMI DI PULAU BALI MENGUNAKAN METODE POLYGON PADA QGIS

◆ Nurika <sup>1)</sup>, Gedeon <sup>2)</sup>, Anin Dita Mahatmanti <sup>3)</sup>, Novera Kristianti <sup>4)</sup>

<sup>1)2)</sup> Jurusan Teknik Informatika, Universitas Palangka Raya

Jl. Yos Sudarso, Palangka Raya

<sup>1)</sup> [nurikarika120@gmail.com](mailto:nurikarika120@gmail.com) <sup>2)</sup> [sdrgedeon@gmail.com](mailto:sdrgedeon@gmail.com) <sup>3)</sup> [ditamahadmanti2003@gmail.com](mailto:ditamahadmanti2003@gmail.com)

<sup>4)</sup> [noverara@gmail.com](mailto:noverara@gmail.com)

### Abstract

Bali Island is an island in Indonesia that is famous for its natural beauty, rich culture, and rapidly growing tourism. Located between Java Island and Lombok Island, Bali Island has an area of around 5,780 km<sup>2</sup> and is one of the most popular tourist destinations in the world. The island of Bali is one of the areas prone to earthquakes in Indonesia. This research aims to analyze the potential for earthquake hazards on the island of Bali using the polygon method in QGIS software. Spatial data in the form of geological maps, bathymetric maps and fault activity maps are used to evaluate potential earthquake hazards. The analysis was carried out by identifying zones that are vulnerable to earthquakes using the polygonal technique in QGIS. This method involves collecting seismic and geological data to identify areas that are vulnerable to earthquakes. The analysis is carried out by dividing the study area into polygons that represent certain geological and seismic characteristics. Next, these polygons are evaluated to determine the level of potential earthquake hazard in each area. The results of this research can provide a better understanding of the distribution of potential earthquake hazards on the island of Bali, which can be a basis for disaster mitigation planning and safer infrastructure development.

### Article History

*Submitted: 7 Mei 2024*

*Accepted: 13 Mei 2024*

*Published: 14 Mei 2024*

### Key Words

Effectiveness,  
Garment,  
Manufacturing,  
Material, Warehouse

### Abstrak

Pulau Bali adalah sebuah pulau di Indonesia yang terkenal karena keindahan alamnya, budaya yang kaya, dan pariwisata yang berkembang pesat. Terletak di antara Pulau Jawa dan Pulau Lombok, Pulau Bali memiliki luas sekitar 5.780 km<sup>2</sup> dan merupakan salah satu destinasi wisata paling populer di dunia. Pulau Bali merupakan salah satu daerah yang rawan terhadap gempa bumi di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis potensi rawan gempa bumi di Pulau Bali menggunakan metode polygon pada perangkat lunak QGIS. Data spasial berupa peta geologi, peta batimetri, dan peta aktivitas sesar digunakan untuk mengevaluasi potensi rawan gempa bumi. Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi zona-zona yang rentan terhadap gempa bumi menggunakan teknik polygonal di QGIS. Metode ini melibatkan pengumpulan data seismik dan geologis untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang rentan terhadap gempa bumi. Analisis dilakukan dengan membagi wilayah studi menjadi poligon-poligon yang mewakili karakteristik geologis dan seismik tertentu. Selanjutnya, poligon-poligon tersebut dievaluasi untuk menentukan tingkat potensi rawan gempa bumi di setiap daerah. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang distribusi potensi rawan gempa bumi di Pulau Bali, yang dapat menjadi landasan untuk perencanaan mitigasi bencana dan pembangunan infrastruktur yang lebih aman.

### Sejarah Artikel

*Submitted: 7 Mei 2024*

*Accepted: 13 Mei 2024*

*Published: 14 Mei 2024*

### Kata Kunci

Efektivitas,  
Manufaktur,  
Warehouse  
Garmen,  
Material,

### Abstrak

Pulau Bali adalah sebuah pulau di Indonesia yang terkenal karena keindahan alamnya, budaya yang kaya, dan pariwisata yang berkembang pesat. Terletak di antara Pulau Jawa dan Pulau Lombok, Pulau Bali memiliki luas sekitar 5.780 km<sup>2</sup> dan merupakan salah satu destinasi wisata paling populer di dunia. Pulau Bali merupakan salah satu daerah yang rawan terhadap gempa bumi di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis potensi rawan gempa bumi di Pulau Bali menggunakan metode polygon pada perangkat lunak QGIS. Data spasial berupa peta geologi, peta batimetri, dan peta aktivitas

sesar digunakan untuk mengevaluasi potensi rawan gempa bumi. Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi zona-zona yang rentan terhadap gempa bumi menggunakan teknik polygonal di QGIS. Metode ini melibatkan pengumpulan data seismik dan geologis untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang rentan terhadap gempa bumi. Analisis dilakukan dengan membagi wilayah studi menjadi poligon-poligon yang mewakili karakteristik geologis dan seismik tertentu. Selanjutnya, poligon-poligon tersebut dievaluasi untuk menentukan tingkat potensi rawan gempa bumi di setiap daerah. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang distribusi potensi rawan gempa bumi di Pulau Bali, yang dapat menjadi landasan untuk perencanaan mitigasi bencana dan pembangunan infrastruktur yang lebih aman.

**Kata kunci:** Pulau Bali, Gempa Bumi, Potensi Rawan, Metode Polygon, QGIS

### *Abstract*

**Keywords:** *Bali Island, Earthquake, Potential Hazards, Polygon Method, QGIS*

#### **1. PENDAHULUAN**

Bali adalah sebuah pulau di sebelah timur pulau Jawa dan di sebelah barat pulau Lombok. Terdapat atas beberapa pulau, yaitu Pulau Bali, Pulau Nusa Penida, Pulau Nusa Ceningan, Pulau Nusa Lembongan, Pulau Nusa Serangan, dan Pulau Menjangan. Luas wilayah Pulau Bali secara keseluruhan 5.632,86 km<sup>2</sup> dan jumlah penduduknya kurang lebih 3,7 – 4 juta jiwa (Badan Pusat Statistik Provinsi Bali, 2012). Pulau Bali, sebagai bagian dari wilayah Indonesia, merupakan daerah yang rentan terhadap gempa bumi. Permasalahan keamanan dan mitigasi risiko bencana gempa bumi menjadi fokus utama di Pulau Bali. Meskipun telah ada upaya-upaya dalam pengembangan sistem mitigasi, masih diperlukan analisis yang lebih mendalam untuk memahami potensi rawan gempa bumi secara spesifik di Pulau Bali.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis potensi rawan gempa bumi di Pulau Bali menggunakan metode polygon pada perangkat lunak QGIS. Dengan memanfaatkan data spasial seperti peta geologi, peta batimetri, dan peta aktivitas sesar, analisis ini akan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang zona-zona yang berpotensi rawan gempa di Pulau Bali. Melalui identifikasi zona-zona potensi rawan gempa, diharapkan dapat dikembangkan strategi mitigasi yang lebih efektif untuk mengurangi dampak bencana gempa bumi di wilayah tersebut.

Pendekatan yang digunakan dalam studi ini didasarkan pada kajian teoritik yang relevan dengan pemetaan potensi rawan gempa bumi menggunakan teknologi GIS. Berbagai literatur telah menggarisbawahi pentingnya penggunaan teknologi GIS dalam analisis bahaya gempa bumi dan pembuatan peta potensi rawan. Dengan memanfaatkan teknologi ini, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam upaya mitigasi risiko bencana gempa bumi di Pulau Bali.

Kajian teoritik yang relevan dengan subjek penelitian telah mengidentifikasi berbagai metode analisis yang dapat digunakan untuk memetakan potensi rawan gempa bumi, termasuk metode polygon yang akan digunakan dalam penelitian ini. Selain itu, literatur juga menyoroti pentingnya pemahaman tentang faktor-faktor geologi, topografi, dan aktivitas sesar dalam menentukan potensi rawan gempa suatu wilayah. Dengan merangkum kajian teoritik tersebut, penelitian ini akan mengintegrasikan pengetahuan yang ada untuk memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang potensi rawan gempa bumi di Pulau Bali.

Dengan demikian, tujuan dari penulisan ini adalah untuk menyajikan hasil analisis potensi rawan gempa bumi di Pulau Bali menggunakan metode polygon pada QGIS, serta untuk menyoroti pentingnya pemahaman yang lebih baik tentang faktor-faktor yang mempengaruhi potensi rawan gempa. Semoga hasil penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan strategi mitigasi yang lebih efektif dalam menghadapi risiko bencana gempa bumi di Pulau Bali.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Parawisata

Menurut definisi yang lebih luas pariwisata adalah perjalanan dari satu tempat ke tempat lain bersifat sementara dilakukan oleh perorangan ataupun kelompok sebagai usaha mencari keseimbangan atau keserasian dan kebahagiaan dengan lingkungan hidup dalam dimensi social, budaya, alam dan imu (Spillane, dalam Pitana, 2001) [1]. Dan secara bebas diberikan pengertian bahwa Pariwisata adalah merupakan gejala abad modern yang didasarkan atas kebutuhan akan kesehatan dan penggantian hawa, penikmatan terhadap keindahan alam, kesenangan dan pada khususnya disebabkan oleh bertambahnya pergaulan berbagai bangsa dan peningkatan perekonomian masyarakat sebagai hasil dari berkembangnya hasil perkembangan niaga, industri dan transportasi [1].

### 2.2 Bali

Provinsi Bali sebagai salah satu tujuan Pariwisata Budaya akan membangun Pusat Kebudayaan Budaya Bali (PKB) untuk memperkenalkan aneka ragam budayanya secara terpusat. Tempatnya di bekas Galian C pada hilir daerah aliran Sungai Unda di Kabupaten Klungkung dengan luasan areal 300 Ha. Pulau Bali secara umum sangat berpotensi sekaligus rawan bahaya karena secara geografis berada pada pertemuan dua lempeng tektonik yaitu Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia dan juga berada di antara dua benua dan samudera yaitu Benua Asia dan Australia serta Samudera Pasifik dan Hindia [12].

Berdasarkan kondisi tektonik, geografi, topografi, iklim serta sejarah kebencanaan yang pernah terjadi di wilayah Provinsi Bali khususnya di area rencana pembangunan Pusat Kebudayaan Bali, setidaknya terdapat 5 (lima) potensi bencana alam. Lima potensi bencana tersebut diantaranya potensi bencana gempa bumi, tsunami, likuifaksi, letusan gunung api dan cuaca ekstrem. Dalam tulisan ini dibatasi pada analisis potensi bahaya gempa bumi dan tsunami. Kedua bahaya ini sering terjadi secara beriringan dan dengan indeks risiko paling besar dibandingkan dengan bahaya yang lainnya. Pengurangan dampak bahaya gempa bumi dapat dilakukan dengan analisis PGA (Peak Ground Acceleration) dan PGV (Peak Ground Velocity) sebagai dasar analisis kinerja struktur bangunan. Ketinggian dan inundasi tsunami perlu diketahui sebagai dasar mitigasinya [13].

### 2.3 Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan bencana alam paling mematikan yang berdampak terhadap lingkungan manusia, bahkan bencana gempa bumi telah menandai seluruh sejarah umat manusia. Risiko seismik global dan khususnya kerentanan terus meningkat seiring dengan urbanisasi dan pembangunan yang menempati lebih banyak wilayah yang rentan terhadap dampak gempa bumi kuat. Selain itu, pertumbuhan perkotaan yang tidak terkendali di wilayah dengan tingkat gempa tinggi sering kali dikaitkan dengan pembangunan bangunan dan infrastruktur yang tidak aman terhadap gempa, dan dilakukan tanpa pengetahuan yang memadai mengenai kekhasan kegempaan dan bahaya gempa di wilayah tersebut. Penilaian bahaya seismik merupakan mata rantai pertama dalam rantai pencegahan dan langkah pertama dalam evaluasi risiko seismik. Penerapan estimasi risiko gempa bumi ke dalam kebijakan pengurangan risiko seismik akan memungkinkan fokus pada pencegahan dampak gempa bumi dibandingkan pada penanggulangan/penindakan bencana [5].

### 2.4 QGIS

Sistem Informasi Geografis (SIG) atau Geographic Information System (GIS) menurut Irwansyah (2013:1) adalah sebuah sistem yang didesain untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menganalisa, mengatur dan menampilkan seluruh jenis data geografis. Kata GIS yang terkadang dipakai sebagai istilah untuk geographical information science atau geospatial information studies yang merupakan ilmu studi atau pekerjaan yang berhubungan dengan Geographic Information System. Sistem informasi geografis dapat disimpulkan sebagai gabungan kartografi, analisis statistik dan teknologi sistem basis data (database).

### 2.5 Metode Polygon

Poligon (poly=banyak; gonos=sudut) atau disebut traverse, adalah metode pengadaan kerangka dasar pemetaan horisontal dengan membuat bangun segi banyak yang diukur semua jarak dan sudutnya. Metode ini sering digunakan karena sifatnya yang fleksibel dan kesederhanaan hitungannya. Fleksibel dalam arti bahwa poligon dapat mengikuti berbagai bentuk medan pengukuran, mulai dari yang paling sederhana, misalnya berupa segitiga, sampai bentuk kompleks misalnya segi n dengan variasi loop (n adalah jumlah titik poligon yang tak terbatas). Wongsotjitra (1980) menggunakan istilah poligon pada

bahasannya tentang penentuan koordinat titik-titik suatu tempat dengan cara membuat bangun segi banyak yang panjang dan terhubung satu sama lain.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini mengadopsi pendekatan analisis spasial untuk memetakan potensi rawan gempa bumi di Pulau Bali. Rancangan penelitian mencakup langkah-langkah berikut:

- Identifikasi tujuan penelitian dan pertanyaan penelitian yang akan dijawab.
- Pemilihan metode analisis spasial yang sesuai dengan tujuan penelitian.
- Penentuan parameter-parameter yang akan digunakan dalam analisis.
- Penyusunan rencana kerja berdasarkan tahapan-tahapan yang diperlukan dalam penelitian.

#### 3.2 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- Peta geologi Pulau Bali.
- Peta batimetri wilayah sekitar Pulau Bali.
- Peta aktivitas sesar di Pulau Bali.
- Data ini diperoleh dari <https://satudata.denpasarkota.go.id/dataset>.

#### 3.3 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah:

- Perangkat lunak QGIS untuk analisis spasial.
- Komputer dengan spesifikasi yang memadai untuk menjalankan perangkat lunak tersebut.

#### 3.4 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini telah tersedia dalam bentuk peta yang dapat diunduh dari sumber data yang terpercaya. Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengunduh peta-peta tersebut dari situs web resmi sumber data.

#### 3.5 Teknik Penganalisisan Data

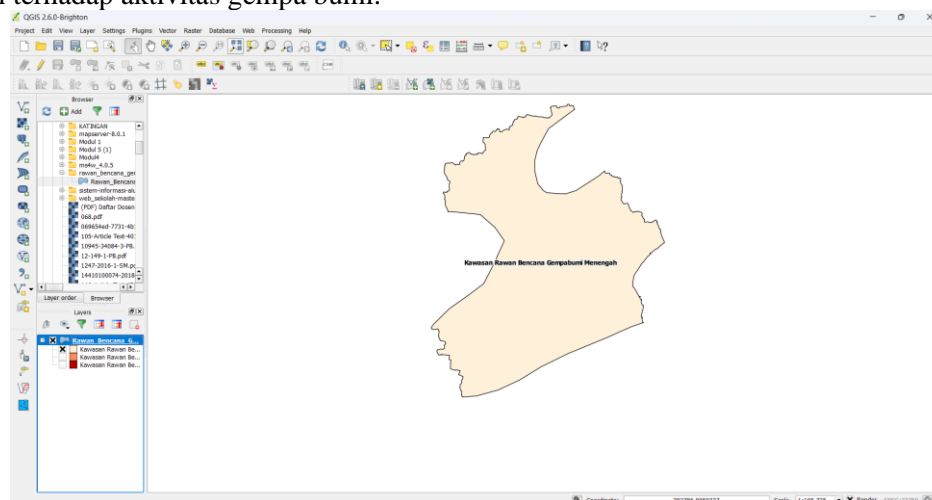
Data yang telah terkumpul akan dianalisis menggunakan teknik analisis spasial dalam perangkat lunak QGIS. Teknik analisis ini meliputi pembuatan layer-layer spasial, overlay layer, analisis atribut spasial, dan pembuatan peta tematik untuk memvisualisasikan hasil analisis.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

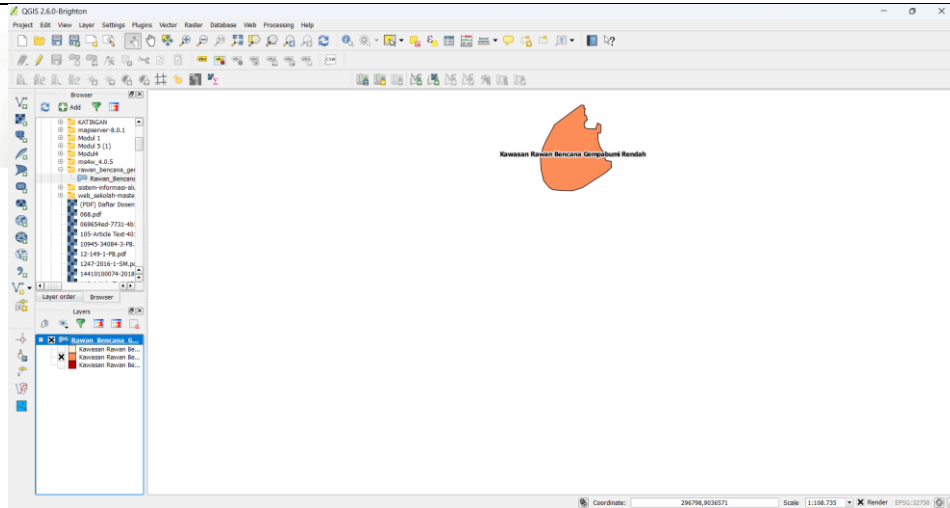
Hasil analisis potensi rawan gempa bumi di Pulau Bali menggunakan metode polygon pada QGIS menghasilkan temuan-temuan sebagai berikut:

#### 1. Identifikasi Zona Rawan Gempa

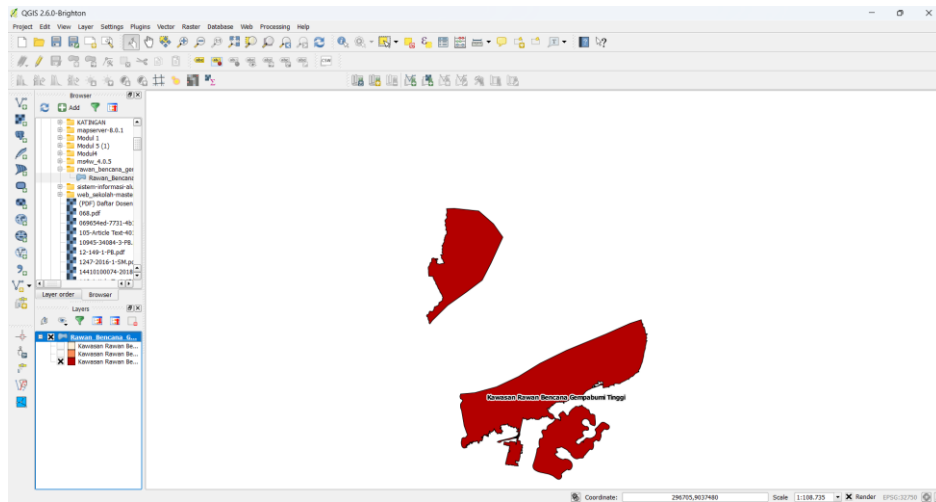
- Berdasarkan analisis spasial, zona-zona dengan potensi rawan gempa bumi telah berhasil diidentifikasi. Zona-zona ini mencakup wilayah-wilayah dengan karakteristik geologi yang rentan terhadap aktivitas gempa bumi.



Gambar 1. Kawasan Rawan Bencana Gempabumi Menengah

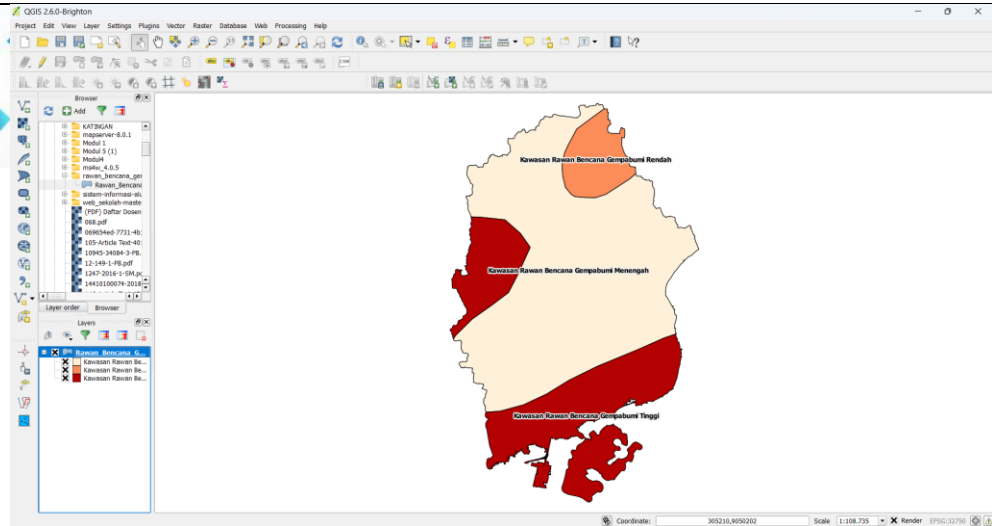


**Gambar 2.** Kawasan Rawan Bencana Gempabumi Rendah



**Gambar 3.** Kawasan Rawan Bencana Gempabumi Tinggi

- Zona-zona dengan tingkat rawan yang tinggi telah ditetapkan berdasarkan kombinasi faktor-faktor seperti jenis batuan, elevasi, dan keberadaan sesar aktif.
2. Pemetaan Potensi Rawan Gempa
- Hasil analisis telah dipetakan dalam bentuk peta potensi rawan gempa bumi di Pulau Bali. Peta ini memberikan visualisasi yang jelas tentang zona-zona dengan tingkat rawan yang berbeda di Pulau Bali.



**Gambar 4.** Rawan Bencana Gempa Bumi

Pembahasan dari hasil penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menjawab Tujuan Penelitian:

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis potensi rawan gempa bumi di Pulau Bali menggunakan metode polygon pada QGIS. Hasil analisis telah berhasil memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang zona-zona dengan potensi rawan gempa di Pulau Bali.

2. Menunjukkan Bagaimana Temuan-temuan Itu Diperoleh:

Temuan-temuan dalam penelitian ini diperoleh melalui analisis spasial menggunakan data geospasial yang tersedia. Penggunaan metode polygon pada QGIS memungkinkan identifikasi zona-zona potensi rawan gempa dengan akurat.

3. Menafsirkan Temuan-temuan:

Hasil analisis menunjukkan bahwa wilayah-wilayah dengan jenis batuan tertentu, elevasi tertentu, dan keberadaan sesar aktif cenderung memiliki potensi rawan gempa yang lebih tinggi. Temuan ini dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan strategi mitigasi risiko bencana di Pulau Bali.

4. Mengaitkan Hasil Temuan Penelitian dengan Struktur Pengetahuan yang Telah Mapan:

Temuan penelitian ini konsisten dengan pengetahuan yang telah mapan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi potensi rawan gempa bumi. Integrasi data geologi, topografi, dan aktivitas sesar dalam analisis spasial telah memperkuat validitas hasil penelitian.

5. Memunculkan Teori-teori Baru atau Modifikasi Teori yang Telah Ada:

Berdasarkan temuan penelitian ini, dapat diusulkan untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang pengembangan model prediksi gempa bumi yang lebih akurat untuk wilayah Pulau Bali. Selain itu, penelitian mendatang juga dapat memperdalam pemahaman tentang interaksi antara berbagai faktor geologis dalam menentukan potensi rawan gempa.

## 5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini, kami dapat menyimpulkan bahwa analisis potensi rawan gempa bumi di Pulau Bali menggunakan metode polygon pada QGIS memberikan pemahaman yang mendalam tentang distribusi spasial potensi rawan gempa di wilayah tersebut. Berdasarkan analisis yang dilakukan, kami berhasil mengidentifikasi zona-zona dengan potensi rawan gempa bumi yang berbeda di Pulau Bali, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti karakteristik geologi, topografi, dan aktivitas sesar. Temuan kami menunjukkan bahwa daerah-daerah dengan ketinggian relatif rendah, terutama dataran rendah, cenderung memiliki potensi rawan gempa yang lebih tinggi. Hal ini konsisten dengan pemahaman bahwa daerah dataran rendah lebih rentan terhadap gempa bumi karena tekanan tektonik yang lebih besar. Selain itu, kami juga menemukan bahwa daerah-daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi dan infrastruktur yang padat memiliki potensi rawan gempa yang tinggi, karena kerusakan struktural yang lebih besar dapat terjadi akibat gempa bumi di daerah tersebut.

Analisis kami juga menyoroti pentingnya memperhatikan aktivitas seismik yang tinggi, seperti patahan-patahan aktif atau zona subduksi, dalam menentukan potensi rawan gempa di suatu wilayah. Zona-zona ini cenderung memiliki potensi rawan gempa yang sangat tinggi, dan oleh karena itu perlu mendapat perhatian khusus dalam pengembangan strategi mitigasi risiko bencana. Kesimpulannya, penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam pemahaman tentang potensi rawan gempa bumi di Pulau Bali. Informasi yang diperoleh dapat menjadi dasar untuk pengembangan kebijakan mitigasi risiko bencana yang lebih efektif, serta perencanaan pembangunan yang lebih berkelanjutan di wilayah tersebut. Dengan demikian, penelitian ini memberikan landasan yang kuat untuk upaya mitigasi risiko bencana yang lebih baik di Pulau Bali, dengan tujuan akhir meningkatkan ketahanan dan keamanan masyarakat setempat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Ketut, Ri, "Parawisata Adalah Pisau Bermata 2" *Jurnal Inovasi Penelitian*, vol. 2, no. 5, pp. 1469, 2021
- [2] V. Steinritz, S. Pena-Castellnou, G.I. Marliyani, K. Reicherter, "Studi risiko tsunami berbasis GIS di Daerah Istimewa Yogyakarta (Jawa Tengah, Indonesia)", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 851, no. 1, pp. 1-8.
- [3] Abdurrohman, *Analisis Tingkat Risiko Bencana Gempabumi Di Kabupaten Pacitan Provinsi Jawa Timur*, Surakarta, 2020
- [4] T. Erden dan H. Karaman, "Analisis parameter gempa untuk menghasilkan peta bahaya dengan mengintegrasikan AHP dan GIS untuk wilayah K üçükçekmece", *Natural Hazards and Earth System Science*, vol. 12, no. 1, pp. 475-483.
- [5] S. Silvia, C. Leonita, V. Virginia, Y. J. Candra, and N. Sevani, "Penerapan GIS dalam Penilaian Bahaya Seismik dan Integrasi Data untuk Manajemen Bencana" *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography.*, pp. 349-355.
- [6] Wahyu Luqmanul Hakim dan Chang Wook Lee, "Review Aplikasi Penginderaan Jauh dan SIG untuk Pemantauan Bencana Alam di Indonesia", *Jurnal Penginderaan Jauh Korea*, Vol.36, No.6-1, 2020.
- [7] W. E. Prasetyo, L. Y. Irawan, R. Hartono, E. B. Santosa, "Analisis bahaya seismik menggunakan deterministic seismic hazard Metode Analisis (DSHA): Studi kasus di Malang Selatan Kabupaten, Jawa Timur," *Jurnal Pendidikan Geografi: Kajian, Teori, dan Praktik dalam Bidang Pendidikan dan Ilmu Geografi*, vol. 28, no. 2, hal. 209-227, 2023.
- [8] Nathan Kurniawardana Ricky, Moh. Abdul Basyid, *Pemetaan Potensi Kerawanan Bencana Gempa Bumi Akibat Sesar Lembang di Kawasan Kabupaten Bandung Barat*, Bandung, 2021.
- [9] A.M. Sari, A. Fakhurrozi, "Metode Analisis Bahaya Gempa Bumi: Suatu Tinjauan," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 118, no. 1, pp. 4-9.
- [10] I Wayan Sengara, Engkon K.Kertapati, dan I Gede Mahardika Susila, *KAJIAN BAHAYA SEISMİK DI DENPASAR – BALI Lokakarya Regional tentang Praktik Terbaik dalam Mitigasi Bencana*, Bandung, 2020
- [11] N. Sutarja, M.D.W. Ardana, P.C.P.K. Kardita, *Analisis Bahaya Gempa dan Tsunami pada Area Rencana Pembangunan Pusat Kebudayaan Bali di Kabupaten Klungkung*, 2023.
- [12] N. Horspool, I. Pranantyo, J. Griffin, H. Latief, D. H. Natawidjaja, W. Kongko, A. Cipta, B. Bustaman, S. D. Anugrah, and H. K. Thio, 2013, *A National Tsunami Hazard Assessment for Indonesia*, Publisher: Australia Indonesia Facility for Disaster reduction
- [13] Sutarja, I. N., Pringgana, G., & Wikrama, I. M. A. S. (2020). The effects of earthquake and tsunami loadings on structural behavior of reinforced concrete building. *Journal of Applied Engineering Science*, in review, 1-10.