

## Mitigasi Bencana Gempa Bumi dengan Integrasi Analisis Geofisika dan Data Mining

I Putu Putra Wira Sarwa Yudha<sup>1</sup>, Marzuki Sinambela<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

<sup>2</sup>Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika  
wira.sarwa.yudha26@gmail.com

Diterima: 12-08-2024

Disetujui: 15-09-2024

Publish: 31-12-2024

### Abstrak

Kabupaten Cianjur merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Barat yang rentan terhadap bencana gempa bumi karena dilewati sesar Cimandiri. Pada akhir tahun 2022, misalnya, telah terjadi insiden gempa bumi besar yang menghantam Kabupaten Cianjur. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki aktivitas gempa bumi di Kabupaten Cianjur, Jawa Barat, Indonesia, dengan mengintegrasikan analisis multimetode Geofisika dan data resmi dari Portal Satu Data Indonesia. Aspek yang akan diteliti meliputi pola distribusi, frekuensi kejadian, karakteristik gempa bumi, dan faktor-faktor yang mempengaruhi aktivitas seismik di wilayah tersebut. Sebagai referensi, penelitian ini akan menyertakan kajian pustaka dari penelitian-penelitian yang membahas kasus gempa bumi dari seluruh dunia. Diharapkan, informasi yang komprehensif tentang karakteristik gempa bumi di wilayah Cianjur ini dapat berkontribusi dalam membangun mitigasi bencana yang efektif.

**Kata kunci:** gempa bumi, Cianjur, multimetode Geofisika, analisis data, mitigasi bencana

### Abstract

*Cianjur Regency is one of the regencies in West Java Province that is vulnerable to earthquakes due to the Cimandiri fault. At the end of 2022, for example, there was a major earthquake incident that hit Cianjur Regency. This study aims to investigate earthquake activity in Cianjur District, West Java, Indonesia, by integrating Geophysical multimethod analysis and official data from the One Data Indonesia Portal. Aspects to be investigated include distribution patterns, frequency of occurrence, earthquake characteristics, and factors affecting seismic activity in the region. As a reference, this research will include a literature review of studies addressing earthquake cases from around the world. It is hoped that comprehensive information on earthquake characteristics in the Cianjur region can contribute to building effective disaster mitigation.*

**Keywords:** earthquake, Cianjur, Geophysical multimethod, data analysis, disaster mitigation

## 1. PENDAHULUAN

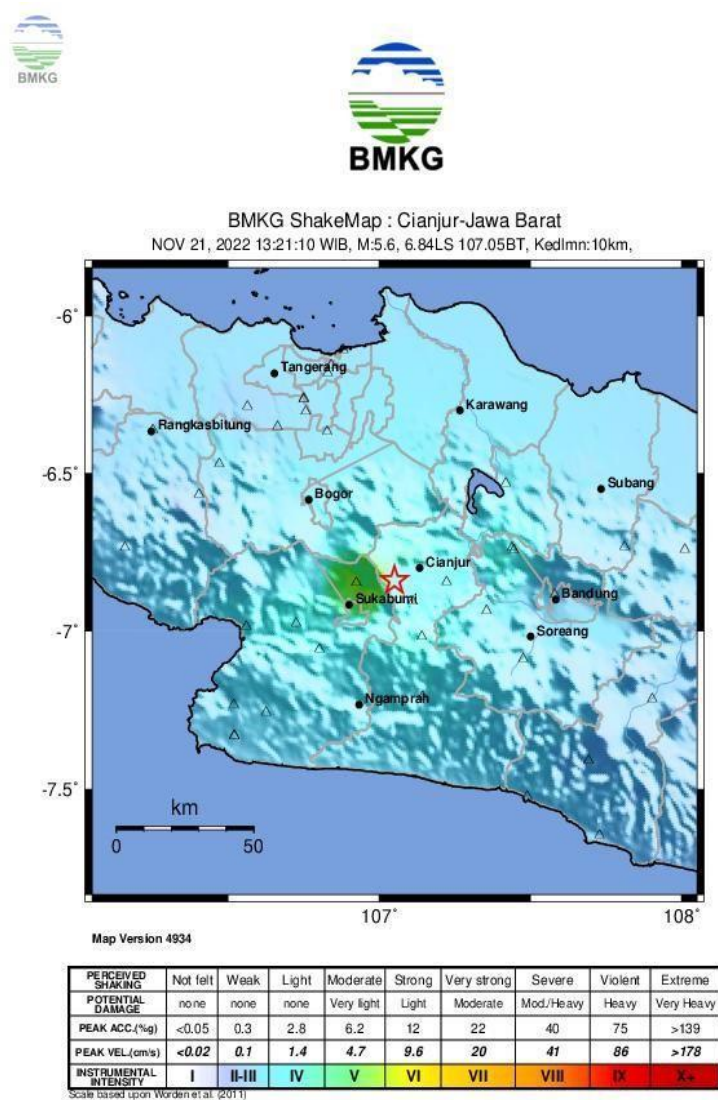
Indonesia terletak di pertemuan tiga lempeng tektonik besar yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia dan lempeng Pasifik sehingga rawan mengalami gempa bumi (Labudasari & Rochmah, 2020). Salah satu daerah yang rawan terhadap bencana gempa bumi adalah Kabupaten Cianjur, Jawa Barat, karena dilintasi oleh Sesar Cimandiri yang cukup aktif (Astuty et al., 2023). Kondisi tersebut memungkinkan Kabupaten Cianjur mengalami gempa bumi seperti yang terjadi pada tanggal 21 November 2022. Berdasarkan data BMKG, (Supendi et al., n.d.) menyebutkan bahwa gempa utama pada gempa bumi Cianjur ini berkekuatan 5.6 Mw. Kemudian, terdapat 140 gempa susulan berkekuatan antara 1.2 – 4.2 Mw yang menghantam Kabupaten Cianjur sampai 22 November 2022. Berdasarkan data BNPB, (Mardalena et al., 2023) menyebutkan bahwa area cakupan gempa bumi Cianjur meliputi 16 kecamatan dengan 180 desa. Bencana ini menelan korban jiwa sebanyak 338 orang dan menyebabkan kerusakan pada 59.889 unit rumah. Dari 16 kecamatan tersebut, kerusakan paling parah terjadi di Kecamatan Cugenang. Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan multimetode Geofisika dalam menganalisis kompleksitas aktivitas seismik di Cianjur. Temuan dari analisis ini akan dijadikan bahan evaluasi untuk sistem mitigasi bencana di Cianjur agar kejadian serupa dapat diantisipasi nantinya.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengambil banyak data dari banyak sumber. Pertama, data episenter dan hiposenter gempa bumi Cianjur hasil relokasi tanggal 21 November 2022 yang dipetakan oleh BMKG. Kedua, data hasil pengamatan gempa bumi yang diberitakan oleh BMKG. Ketiga, data jumlah kejadian bencana alam gempa bumi di Kabupaten Cianjur yang diunduh dari portal Satu Data Indonesia dalam bentuk dataset. Data hasil pengamatan dari BMKG akan dipadukan dengan penggalian data (*data mining*) pada dataset sumber. Analisis data dari BMKG bertujuan untuk mengidentifikasi sumber, penyebab, dan karakteristik gempa. Adapun, *data mining* pada dataset bertujuan untuk mengelola informasi dari data yang besar menjadi ringkas dan mudah dipahami (Faridzi et al., 2024).

### 2.1. Lokasi Penelitian

Wilayah yang diteliti pada penelitian ini adalah Kabupaten Cianjur, Jawa Barat, Indonesia. Kabupaten terbesar kedua di Pulau Jawa yang sebagian besar wilayahnya merupakan pegunungan. Dampak dari Gempa Bumi Cianjur 2022 yang begitu parah menjadi faktor utama pemilihan wilayah ini.



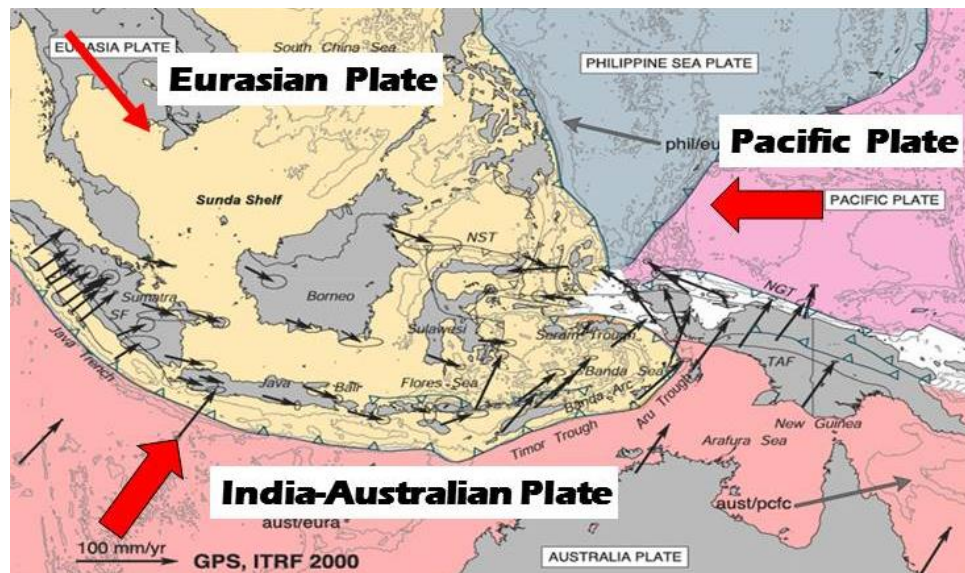
**Gambar 1.** Peta lokasi Gempa Bumi Cianjur 2022

Sumber: BMKG ShakeMap: Cianjur, Jawa Barat, 21 November 2023  
(<https://www.bmkg.go.id/berita/?p=42632&lang=ID&tag=cianjur>)

## 2.2. Tinjauan Pustaka

### 2.2.1. Konsep Dasar Gempa Bumi

(Nur, 2010) menyebutkan bahwa gempa bumi merupakan getaran murni dari dalam bumi akibat pecahnya rekahan bumi. Pergeseran patahan tersebut cukup keras untuk menggetarkan permukaan tanah di atasnya. Gempa bumi bisa terjadi akibat aktivitas tektonik, aktivitas gunung berapi, hantaman meteor, tanah longsor, bahkan dari kegiatan manusia seperti ledakan bom. Namun, penyebab utama terjadinya gempa bumi tetaplah aktivitas tektonik, yaitu pergerakan tanah di dalam kerak bumi.



Gambar 2. Peta Tektonik Indonesia

Sumber: Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III  
(<https://bbmkg3.bmkg.go.id/tentang-gempa>)

Secara geologis, Indonesia merupakan pertemuan lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Jalur subduksi lempeng bumi di kepulauan Indonesia merupakan penyebab gempa tektonik berskala besar dengan tingkat destruktif yang sangat tinggi. Sebagian jalur seismiknya berada di bawah laut sehingga potensi bencana tsunami cukup besar. Untuk meminimalisasi dampak kerusakan akibat gempa bumi, upaya yang dapat dilakukan adalah mitigasi gempa bumi dengan cara mendengarkan arahan dari BMKG apabila terjadi gempa bumi.

### 2.2.2 Anomali Pra-Seismik Dalam Kegempaan dan Deformasi Kerak Bumi: Studi Kasus Rangkaian Gempa *Chuetsu* M6,8 pada Oktober 2004, lalu Gempa *Noto Hanto* M6,9 pada Maret 2007 dan Gempa *Chuetsu-Oki* M6,8 pada Juli 2007, Jepang

Penelitian yang dilakukan oleh (Ogata, 2011) menemukan bahwa pra-seismik adalah periode sebelum terjadinya gempa bumi. Pada periode ini, terjadi beberapa perubahan di kerak bumi yang dapat diamati dan diukur. Salah satu perubahan yang paling umum adalah deformasi kerak bumi. Adapun deformasi kerak bumi adalah perubahan bentuk dan ukuran kerak bumi. Deformasi ini dapat terjadi secara horizontal, vertikal, atau keduanya. Deformasi horizontal dapat menyebabkan pergerakan tanah, seperti retakan dan patahan. Deformasi vertikal dapat menyebabkan perubahan ketinggian tanah, seperti penurunan atau pendakian. Dalam kasus gempa bumi *Noto Hanto*, *Chuetsu-Oki*, dan *Chuetsu* yang terjadi secara berturut-turut, gempa susulan terjadi secara acak dan independen satu sama lain. Hal ini disebabkan oleh pergerakan kerak bumi sementara di sekitar sumber gempa yang mendahului terjadinya gempa bumi. Pergerakan ini disebabkan oleh pelepasan tekanan yang terakumulasi selama gempa utama dan proses-proses geologis lainnya yang terjadi setelahnya. mengubah kondisi stres dan kekuatan di sepanjang patahan-patahan yang ada

dalam kerak bumi. Kompleksitas dinamika kerak bumi ini mempengaruhi area sekitar sumber gempa, termasuk mengubah kondisi stres dan kekuatan di sepanjang patahan yang ada dalam kerak bumi. Sehingga, tidak dapat diketahui pasti jumlah, magnitudo, maupun waktu terjadinya gempa susulan setelah gempa utama.

### **2.2.3 Pengaruh Kondisi Geografis Wilayah terhadap Tingkat Kerusakan akibat Bencana: Studi Kasus Gempa-Tsunami Tohoku pada tahun 2011, Jepang**

(Koshimura et al., 2014) memprediksi bahwa tsunami setinggi 40 meter di Prefektur Iwate, Tohoku, dipicu oleh gempa bumi berkekuatan 9,1 Mw di bawah laut utara Jepang. Insiden ini menyebabkan kerusakan yang sangat parah di daerah pesisir utara Jepang, terutama di prefektur Iwate, Miyagi, dan Fukushima. Insiden ini menelan korban jiwa yang sangat signifikan, dengan 19.759 orang dilaporkan tewas dan 2.553 orang dinyatakan hilang. Total area yang terkena dampak dilaporkan seluas 561 km<sup>2</sup> di sepanjang pantai Pasifik Jepang dengan total kerugian diperkirakan mencapai USD 360 miliar. Wilayah Tohoku rentan terhadap aktivitas seismik karena terletak di cincin api Pasifik. Padahal, sebagian besar wilayah ini terdiri dari batuan sedimen seperti batu pasir, lempung, dan endapan sungai. Tanah lempung yang lunak cenderung meningkatkan amplitudo getaran gempa dan endapan sungai yang mudah bergerak saat terjadi gempa bumi. Terbukti, penelitian ini juga menyebutkan bahwa kerusakan bangunan dan infrastruktur paling banyak disebabkan oleh pergerakan lempeng tektonik. Tingkat kerusakannya pun bervariasi, tergantung pada jenis tanah dan batuan yang mendominasi area tersebut.

### **2.2.4 Perhitungan Ketidakpastian Geometri Sesar dalam Inversi Sumber Gempa Bumi: Studi Kasus Gempa Amatrice M<sub>6,2</sub> pada tahun 2016, Italia Tengah**

(Ragon et al., 2019) meneliti gempa bumi yang meluluhlantakkan kota perbukitan Amatrice pada dini hari, tanggal 24 Agustus 2016. Pusat gempa terletak di dekat kota perbukitan Amatrice, sekitar 100 km timur laut Roma. Pusat kedalaman gempa ini terbilang dangkal, hanya sekitar 5,1 km. Jarak yang relatif dekat dengan permukaan tanah akan membuat energi gempa lebih terkonsentrasi. Tercatat bahwa gempa ini menyebabkan 299 orang tewas dan sekitar 400 orang luka-luka. Selain itu, Sekitar 80% bangunan di kota ini hancur atau rusak parah, termasuk banyak bangunan bersejarah. Insiden ini juga menyebabkan kerusakan di kota-kota Accumoli, Arquata del Tronto, dan Pescara del Tronto. Total kerugian pada bencana ini diperkirakan mencapai lebih dari 20 miliar euro. Kota Amatrice terletak di wilayah Lazio, Italia tengah. Berada di kaki Gunung Terminillo membuat datarannya relatif mudah bergetar dengan keras. Oleh sebab itu, penelitian mereka berlandaskan pada teori bahwa geometri sesar dapat menentukan bagaimana gelombang seismik merambat melalui kerak bumi. Mereka menemukan bahwa ketidakpastian dalam geometri sesar seperti lokasi, bentuk, dan sudut sesar dapat berdampak signifikan pada akurasi penentuan lokasi sumber gempa bumi. Dengan mengetahui lokasi sumber gempa bumi, tim penyelamat dapat memetakan area yang paling terkena dampak dan memprioritaskan upaya pencarian dan penyelamatan sehingga proses evakuasi pun dapat berjalan dengan lebih lancar.

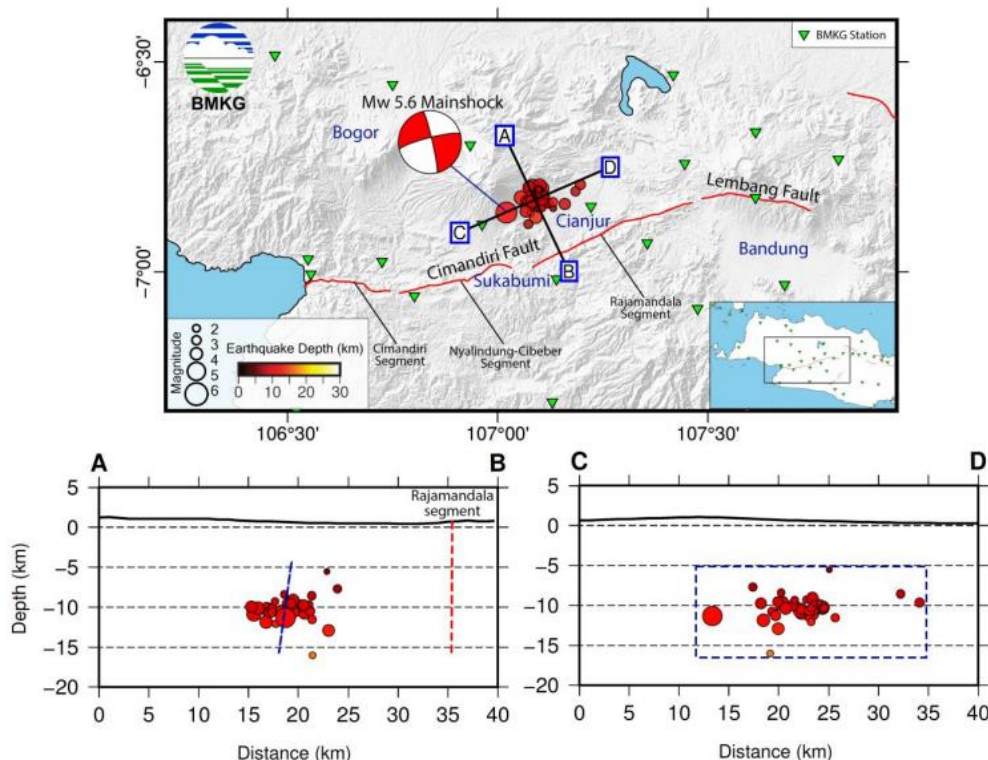
### **2.2.5 Rentetan Gempa Bumi akibat Sistem Patahan: Studi Kasus Rangkaian Gempa Kahramanmaraş pada Februari 2023, Turki dan Suriah**

(Dal Zilio & Ampuero, 2023) mencatat dan menganalisis rentetan gempa bumi yang terjadi di Turki dan Suriah pada tanggal 6 Februari 2023. Gempa pertama berkekuatan 7,8 SR, melanda Turki bagian selatan dan tengah, serta Suriah bagian utara dan barat. Sekitar 9 jam kemudian, gempa berkekuatan Mw 7,6 terjadi di sebelah utara-timur laut dari gempa pertama, di Provinsi Kahramanmaraş. Gempa kedua merupakan bagian dari rangkaian gempa bumi Kahramanmaraş 2023. Insiden ini menyebabkan lebih dari 45.000 orang tewas di Turki dan lebih dari 52.000 orang tewas secara keseluruhan, termasuk di Suriah. Kedua gempa bumi tersebut merupakan bagian dari siklus super yang melampaui siklus seismik biasa. Guncangan utama memiliki panjang rekahan sekitar 300 km dan pergeseran rekahan

permukaan hingga 5 meter. Guncangan susulan berkekuatan 7,6 SR terjadi di dua cabang Zona Patahan Anatolia Timur sampai patahan Surgu dan Cardak. Meskipun gempa susulan ini menghasilkan rupture yang lebih pendek, yaitu sekitar 100 km, gempa ini menyebabkan pergeseran tanah sejauh 7-8 meter. Kedua gempa tersebut lebih besar dari gempa yang pernah tercatat sebelumnya, baik di Turki maupun di Suriah. Lempeng Anatolia, tempat Turki berada, dibatasi oleh dua patahan utama, yaitu Zona Patahan Anatolia Utara dan Zona Patahan Anatolia Timur. Urutan Gempa Bumi Kahramanmaraş 2023 terjadi di Zona Sesar Anatolia Timur, sebuah sesar geser lateral kiri yang membagi Lempeng Anatolia dari bagian utara Lempeng Arab, tempat Suriah berada. Rangkaian Gempa Bumi Kahramanmaraş merupakan bagian dari daftar panjang contoh di mana sistem patahan telah menghasilkan rentetan gempa bumi dalam jangka waktu berjam-jam hingga puluhan tahun, dan peningkatan seismisitas diperkirakan akan terjadi di wilayah yang terkena dampak hingga puluhan tahun.

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Analisis Peta Episenter dan Hiposenter pada Gempa Bumi Cianjur 2022



**Gambar 3.** Peta Episenter dan Hiposenter gempa bumi Cianjur hasil relokasi tanggal 21 November 2022

Sumber: BMKG dalam Supendi et al., 2022

([https://cdn.bmkg.go.id/Web/Analisis-gempabumi-Cianjur\\_Supendi-dkk-2022\\_rev-1.pdf](https://cdn.bmkg.go.id/Web/Analisis-gempabumi-Cianjur_Supendi-dkk-2022_rev-1.pdf))

Berdasarkan pemetaan di atas, terlihat bahwa titik episenter pada gempa bumi Cianjur 2022 berada di darat, kira-kira 10 kilometer barat daya Kabupaten Cianjur. Adapun, kedalaman hiposenter gempa tersebut sekitar 10 kilometer di bawah permukaan tanah. Mekanisme gempa ini diperkirakan lebih condong ke arah patahan lokal daripada patahan lempeng besar. Perkiraan ini memperkuat dugaan bahwa gempa bumi Cianjur 2022 dipicu oleh aktivitas Sesar Cimandiri.

#### 3.2 Analisis Metode Pengamatan Seismisitas pada Gempa Bumi Cianjur 2022

Metode Geofisika yang dianalisis pada Gempa Bumi Cianjur 2022 adalah Multimetode Geofisika. Metode ini meliputi *Hypocenter Relocation*, *Moment Tensor Inversion*, *Gravity Method*, dan *Geoelectrical*

*Resistivity*. Multimetode Geofisika digunakan karena mampu menganalisis gempa bumi secara komprehensif.

a) *Hypocenter Relocation*

Metode *Hypocenter Relocation* digunakan untuk menentukan titik asal gempa bumi secara presisi agar dapat mengidentifikasi zona-zona aktif yang berpotensi bahaya (Supendi et al., 2019). Dalam kasus ini, pusat gempa pada Gempa Bumi Cianjur 2022 terletak pada kedalaman 10 kilometer sehingga tergolong gempa dangkal.

b) *Moment Tensor Inversion*

(Petersen et al., 2021) menyebutkan bahwa metode *Moment Tensor Inversion* digunakan untuk memperkirakan mekanisme patahan dan proses tektonik terkait. Ada berbagai jenis mekanisme patahan, yaitu patahan dorong (*reverse faults*), patahan geser (*strike-slip faults*), dan patahan normal (*normal faults*). Dalam kasus ini, mekanisme patahan pada sumber Gempa Bumi Cianjur 2022 adalah patahan geser.

c) *Gravity Method*

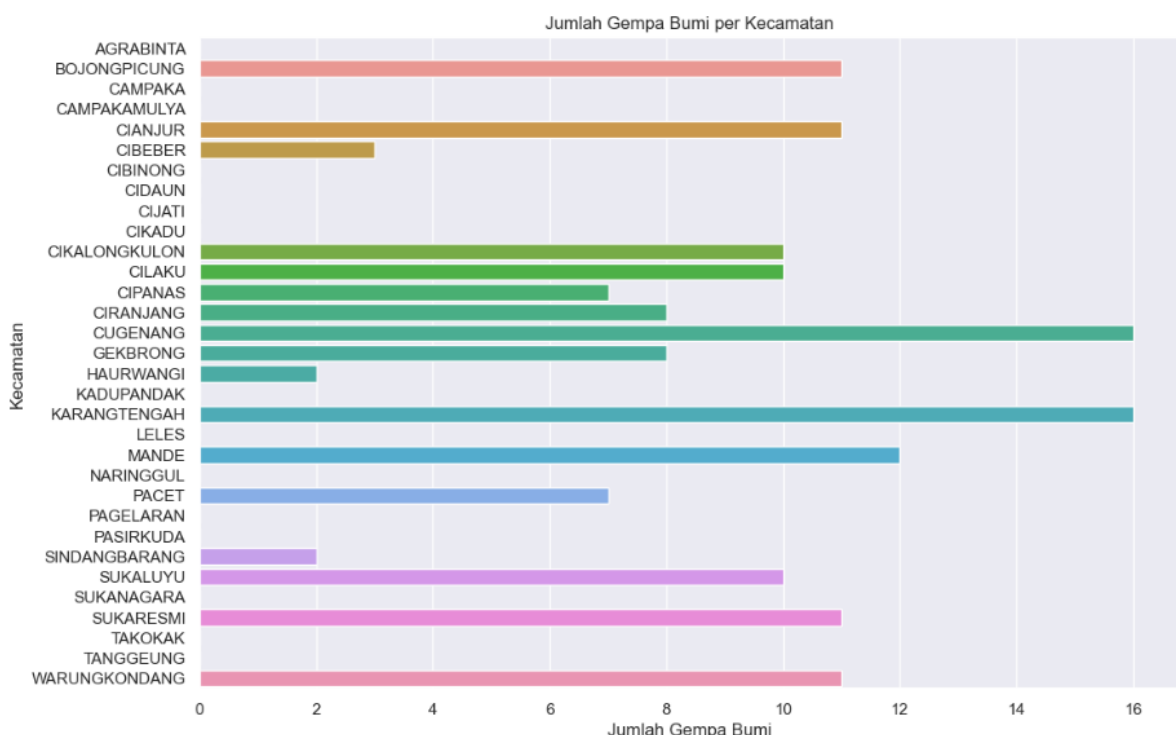
Sesuai namanya, *Gravity Method* memanfaatkan perubahan medan gravitasi untuk memperkirakan magnitudo gempa, memantau gempa susulan, dan mengkaji struktur bawah permukaan bumi (Sotelo, n.d.). Berkat metode ini, dapat diketahui bahwa Gempa Bumi Cianjur 2022 berkekuatan 5.6 Mw dan diikuti 140 gempa susulan. Bahkan, metode ini juga mendeteksi adanya anomali berupa penurunan massa batuan di bawah permukaan tanah, di sepanjang Sesar Cimandiri.

d) *Geoelectrical Resistivity*

Metode *Geoelectrical Resistivity* digunakan untuk memperkirakan magnitudo gempa dan memantau gempa susulan dengan mengukur perubahan selisih potensial antara dua titik pada tanah (Rouf Hasan et al., 2022). Perbedaan resistivitas batuan menyebabkan perbedaan dalam amplifikasi getaran dan penyebaran gelombang gempa pada Gempa Bumi Cianjur 2022.

### 3.3 Distribusi Gempa Bumi Cianjur 2022 di Setiap Kecamatan di Kabupaten Cianjur

Berdasarkan informasi dari dataset sumber, terdapat variasi jumlah kejadian gempa di Kabupaten Cianjur. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, variasi ini disebabkan oleh perbedaan kondisi geografis dan topografi. Berikut ini diagram persebaran gempa bumi Cianjur 2022 yang menunjukkan jumlah gempa bumi per kecamatan.



**Gambar 4.** Jumlah Gempa Bumi berdasarkan Kecamatan di Kabupaten Cianjur

Sumber: Dataset dari Jumlah Kejadian Bencana Alam Gempa Bumi di Kabupaten Cianjur  
(<https://katalog.data.go.id/dataset/jumlah-kejadian-bencana-alam-gempa-bumi-di-kabupaten-cianjur1/resource/80ae991d-97ce-4f7f-beff-8ee7e8a8980f>)

Kejadian gempa bumi paling tinggi terjadi di kecamatan Cugenang dan Karangtengah, yaitu 16 kejadian. Jumlah yang cukup tinggi dibandingkan rata-rata kecamatan lain yang berkisar antara 7 sampai 10 kejadian. Bahkan, ada juga kecamatan yang tidak terdampak gempa bumi seperti Agrabinta, Campaka, Campakamulya, Cibinong, dan Cidaun.

### 3.4 Upaya Mitigasi Gempa Bumi

Untuk mengurangi korban jiwa dan kerugian material, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah mengevaluasi konstruksi bangunan. (Kencanawati et al., 2020) meneliti bangunan di Jepang yang menggunakan isolasi dasar tipe *Lead Rubber Bearing* (LRB). Teknologi isolasi dasar ini memungkinkan bangunan untuk bergerak secara horizontal saat terjadi gempa, mengurangi tekanan pada struktur dan meminimalkan kerusakan. Dengan menggunakan bantalan isolasi seismik yang dirancang khusus, gaya gempa yang diterima oleh bangunan dapat dikurangi secara signifikan, bersamaan dengan penurunan simpangan antar lantai dan peningkatan kemampuan struktural untuk menanggulangi getaran. Parameter-parameter desain seperti periode getar, gaya gempa, simpangan antar lantai, dan karakteristik isolator seperti diameter, tebal layer rubber, dan kekakuan geser menjadi kunci dalam mengoptimalkan efektivitas isolasi dasar tipe LRB guna meningkatkan ketahanan bangunan terhadap gempa bumi.

Adapun, (Indriasari, 2018) menambahkan bahwa pendidikan mitigasi bencana pada anak-anak juga tidak kalah penting. Melalui pendidikan mitigasi, anak-anak diajari bagaimana cara menyelamatkan diri ketika terjadi bencana alam. Penelitian ini menunjukkan bahwa pendidikan ini secara signifikan meningkatkan tingkat kesiapsiagaan anak-anak dalam menghadapi gempa bumi, yang tercermin dari peningkatan persentase anak-anak yang siap siaga setelah mengikuti pelatihan. (Dian Agustina et al., 2020) pun menunjukkan bahwa sosialisasi meningkatkan pengetahuan masyarakat dalam pemahaman mitigasi bencana, khususnya gempa bumi dan tsunami. Melalui sosialisasi ini, masyarakat yang semula tidak tahu apa-apa tentang mitigasi bencana menjadi tahu apa yang harus dilakukan sebelum dan sesudah terjadi bencana alam. Dari sini, dapat dilihat betapa pentingnya pendidikan mitigasi bencana pada masyarakat dan anak-anak.

## 4 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil tiga kesimpulan. Pertama, Kabupaten Cianjur rawan mengalami gempa bumi karena adanya Sesar Cimandiri yang melintasi wilayah tersebut. Kedua, data hasil pengamatan BMKG yang menggunakan multimetode geofisika dan hasil *data mining* dari portal Satu Data Indonesia mampu memberikan informasi yang lengkap, jelas, dan aktual. Ketiga, evaluasi terhadap konstruksi bangunan dan pendidikan mitigasi bencana dapat mengurangi korban jiwa maupun kerugian material.

Kepada pihak-pihak yang berwenang, dimohon dengan sangat untuk mengevaluasi tata ruang dan desain seismik bangunan, mulai dari skala lokal hingga nasional. Konstruksi bangunan juga harus dievaluasi dan disesuaikan dengan kondisi geologi lokal. Adapun pelatihan serta sosialisasi mitigasi bencana kepada masyarakat dan anak-anak harus semakin gencar dan merata.

## 5 REFERENSI

- Astuty, Y. I., Mardalena, A., & Wibowo, A. (2023). Analysis of Land Use Changes in Cianjur Regency. <https://doi.org/10.1186/s40562-019-0148-9>
- Dal Zilio, L., & Ampuero, J.-P. (2023). Earthquake doublet in Turkey and Syria. *Communications Earth & Environment*, 4(1), 71. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00747-z>

- Dian Agustina, Sunandi, E., & Nugroho, S. (2020). Pendampingan Mitigasi Bencana Gempa Bumi dan Tsunami Berbasis Pengetahuan Lokal pada Masyarakat Rentan Bencana di Kabupaten Mukomuko Bengkulu. *Engagement: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1), 87–99. <https://doi.org/10.29062/engagement.v4i1.102>
- Faridzi, S. A., Faza Shafa Azizah, Mustafa, F., Nindya Putri, A., Ramadhika, G., Rizky Aditya, F., Sherli Fadilah, R., Habibi, Y., Sutrisno, M., Jumail, J., Dewi Risanty, R., & Rosanti, N. (2024). PENGOLAHAN DATA: PEMAHAMAN GEMPA BUMI DI INDONESIA MELALUI PENDEKATAN DATA MINING. *Jurnal Pengabdian Kolaborasi dan Inovasi IPTEKS*, 2(1), 262–270. <https://doi.org/10.59407/jpki2.v2i1.506>
- Indriasari, F. N. (2018). Pengaruh Pemberian Metode Simulasi Siaga Bencana Gempa Bumi terhadap Kesiapsiagaan Anak di Yogyakarta. *Jurnal Keperawatan Soedirman*, 11(3), 199. <https://doi.org/10.20884/1.jks.2016.11.3.700>
- Kencanawati, N. N., Hariyadi, H., & Wathoni, S. (2020). STUDY ON SEISMIC DESIGN PARAMETERS OF LEAD RUBBER BEARING TYPE BASE ISOLATION STRUCTURE. *Spektrum Sipil*, 7(1), 51–60. <https://doi.org/10.29303/spektrum.v6i2.142>
- Koshimura, S., Hayashi, S., & Gokon, H. (2014). The impact of the 2011 Tohoku earthquake tsunami disaster and implications to the reconstruction. *Soils and Foundations*, 54(4), 560–572. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2014.06.002>
- Labudasari, E., & Rochmah, E. (2020). LITERASI BENCANA DI SEKOLAH: SEBAGAI EDUKASI UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KEBENCANAAN. 16(1).
- Mardalena, A., Astuty, Y. I., & Wibowo, A. (2023). Analisis Spasial Temporal Lahan Terbangun Terhadap Rawan Bencana Gempa Bumi di Kabupaten Cianjur. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi*, 7(1), 86–95. <https://doi.org/10.29408/geodika.v7i1.10558>
- Nur, A. M. (2010). GEMPA BUMI, TSUNAMI DAN MITIGASINYA. 7(1).
- Ogata, Y. (2011). Pre-seismic anomalies in seismicity and crustal deformation: Case studies of the 2007 Noto Hanto earthquake of M6.9 and the 2007 Chuetsu-oki earthquake of M6.8 after the 2004 Chuetsu earthquake of M6.8: 2007 Noto Hanto and Chuetsu-oki earthquakes. *Geophysical Journal International*, 186(1), 331–348. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2011.05033.x>
- Petersen, G. M., Cesca, S., Heimann, S., Niemi, P., Dahm, T., Kühn, D., Kummerow, J., Plenefisch, T., & the AlpArray and AlpArray-Swath-D working groups. (2021). Regional centroid moment tensor inversion of small to moderate earthquakes in the Alps using the dense AlpArray seismic network: Challenges and seismotectonic insights. *Solid Earth*, 12(6), 1233–1257. <https://doi.org/10.5194/se-12-1233-2021>
- Ragon, T., Sladen, A., & Simons, M. (2019). Accounting for uncertain fault geometry in earthquake source inversions – II: Application to the Mw 6.2 Amatrice earthquake, central Italy. *Geophysical Journal International*, 218(1), 689–707. <https://doi.org/10.1093/gji/ggz180>
- Rouf Hasan, M. F., Salimah, A., Susilo, A., Rahmat, A., Nurtanto, M., & Martina, N. (2022). Identification of Landslide Area Using Geoelectrical Resistivity Method as Disaster Mitigation Strategy. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 12(4), 1484. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.12.4.14694>
- Sotelo, C. T. (n.d.). GRAVITY METHOD: ENVIRONMENTAL AND ENGINEERING APPLICATIONS. 3rd International Conference on Applied Geophysics, Hotel Royal Plaza, Orlando, FL.
- Supendi, P., Jatnika, J., Sianipar, D., Ali, Y. H., Adi, S. P., Karnawati, D., Anugerah, S. D., Fatchurochman, I., & Sudrajat, A. (n.d.). Analisis Gempabumi Cianjur (Jawa Barat) Mw 5.6 Tanggal 21 November 2022.
- Supendi, P., Nugraha, A. D., Widiyantoro, S., Abdullah, C. I., Puspito, N. T., Palgunadi, K. H.,

Daryono, D., & Wiyono, S. H. (2019). Hypocenter relocation of the aftershocks of the Mw 7.5 Palu earthquake (September 28, 2018) and swarm earthquakes of Mamasa, Sulawesi, Indonesia, using the BMKG network data. *Geoscience Letters*, 6(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s40562-019-0148-9>