



Observasi Dampak dan Kajian Pasca Gempa Bumi di Kabupaten Garut Menggunakan Analisis Mikrotremor

Merry Christina Natalia✉, Rahayu Robiana

Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Jl.Diponogoro No.57, Bandung

ARTICLE INFO

Article history:

Received: October 6, 2023

Accepted: February 1, 2024

Published: February 7, 2024

Keywords:

Gempa bumi Garut

Skala Intensitas

Mikrotremor

Kerentanan

Sesar Garsela

Corresponding author:

Merry Christina Natalia

Email: merry.cn2@gmail.com

Read online:



Scan this QR code with your smart phone or mobile device to read online.

Copyright © 2023 Authors



This work is licensed under a Creative Commons

Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRAK (STYLE ABSTRAK)

Hari Rabu, 1 Februari 2023, pukul 22:57:21 WIB, guncangan gempa bumi terjadi di Kabupaten Garut dan sekitarnya berkekuatan M4,3 dengan kedalaman 3 km. Gempa ini diduga terkait dengan sistem sesar Garsela yang memiliki mekanisme sesar mendatar. Peristiwa ini menyebabkan bencana di dua Kecamatan, yaitu Samarang dan Pasirwangi. Intensitas maksimum gempa di Pasirwangi mencapai tingkat V MMI (*Modified Mercalli Intensity*). Salah satu metode yang digunakan adalah mengukur mikrotremor untuk memperkirakan respons lapisan tanah terhadap guncangan gempa, di mana variasi karakteristik gempa diwakili di permukaan tanah. Berdasarkan hasil pengukuran mikrotremor, potensi kerentanan terhadap guncangan gempa di Pasirwangi dan Samarang termasuk dalam kategori kerentanan menengah dengan nilai kerentanan antara $e10^{-4}$ - $e10^{-5}$.

ABSTRACT

On Wednesday, February 1, 2023, at 22:57:21 WIB (Western Indonesia Time), an earthquake occurred in Garut Regency and surrounding areas with a magnitude of M 4.3 at a depth of 3 km. This earthquake is thought to be associated with the Garsela fault system with a strike-slip fault mechanism. This earthquake has caused disasters in the Samarang sub-district and Pasirwangi sub-district. The maximum intensity scale of this earthquake in Pasirwangi District reached V MMI (Modified Mercalli Intensity). One of the methods used is to conduct microtremor measurements to estimate the response of soil layers to earthquake excitation, where variations in earthquake characteristics are represented at the ground surface. Based on microtremor measurements, the potential vulnerability of earthquake shaking in Pasirwangi and Samarang sub-districts is categorized as medium vulnerability, with vulnerability values between $e10^{-4}$ and $e10^{-5}$.

How to cite: Natalia, M. C. dan Robiana, R. (2023). Observasi dampak dan kajian pasca gempa bumi di Kabupaten Garut menggunakan analisis mikrotremor. *OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan*, 5(2), p78-86. <https://doi.org/10.56099/ ophi.v5i2.p78-86>

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Bagian selatan Pulau Jawa adalah salah satu daerah dengan aktivitas gempa yang tinggi di Indonesia. Konvergensi melintasi palung Jawa antara wilayah baratdaya Jawa dan Jawa Barat mempunyai orientasi N11°E dan dengan laju sekitar 6,7 cm/tahun (DeMets dkk., 1994), telah menghasilkan efek berupa struktur geologi sesar aktif di Daerah selatan Jawa dan sekitarnya. Dengan mengacu pada situasi tektonik ini, aktivitas gempa bumi di Jawa Barat sangat dipengaruhi oleh dua penyebab utama, yakni kegiatan subduksi lempeng dan peristiwa sesar aktif di daratan.

Secara umum, struktur geologi aktif di Jawa didominasi oleh sesar geser dan sesar naik dengan sesar turun sebagai struktur minor (Pusgen, 2017). Beberapa sesar utama di Jawa Barat yang sudah banyak diketahui antara lain Sesar Cimandiri (Supartoyo dkk., 2005, Setyadji dkk., 1997, Dardji dkk., 1994, Katili dan Soetadi, 1971), Sesar Lembang (Supartoyo dkk., 2005, Setyadji dkk., 1997, Tjia, 1968), Sesar Baribis Citanduy (Supartoyo dkk., 2005, Setyadji dkk., 1997, Katili dan Soetadi, 1971), Sesar Garsela, dan Sesar Cileunyi Tanjungsari. Salah satu gempa bumi merusak terbaru di Kabupaten Garut terjadi pada hari Rabu, tanggal 1 Februari 2023 22:57:21 WIB. Berdasarkan informasi dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), pusat gempa bumi berada di darat pada koordinat 107,73° BT dan 7,27° LS, pusat gempa berada di darat, 19,4 km baratdaya Kota Garut, magnitudo M 4,3 pada kedalaman 3 km. Berdasarkan lokasi dan kedalamannya gempa bumi ini diperkirakan akibat aktivitas sesar Garsela.

Metode yang digunakan untuk menganalisis peristiwa gempa bumi di Garut ini melibatkan pengumpulan parameter kejadian gempa, penyelidikan lapangan untuk mengevaluasi dampak akibat gempa bumi, pembuatan peta intensitas gempa, dan pengukuran data mikrotremor untuk mengevaluasi respons lapisan tanah terhadap rangsangan gempa. Dalam hal ini, variasi karakteristik gempa bumi direpresentasikan pada permukaan tanah. Penyelidikan kejadian gempa bumi bertujuan mengetahui faktor utama penyebab terjadinya bencana dengan menginventarisir kerusakan bangunan dan kerusakan geologi yang terjadi melalui metode visual, serta pengukuran mikrotremor untuk mengetahui besaran faktor amplifikasi dan kontribusinya terhadap kerusakan yang ditimbulkan akibat guncangan gempa bumi.

Lokasi penelitian ini difokuskan pada wilayah yang paling terdampak oleh gempa bumi, yaitu Kecamatan Pasirwangi dan Kecamatan Samarang. Penyelidikan gempa bumi Garut dilaksanakan selama

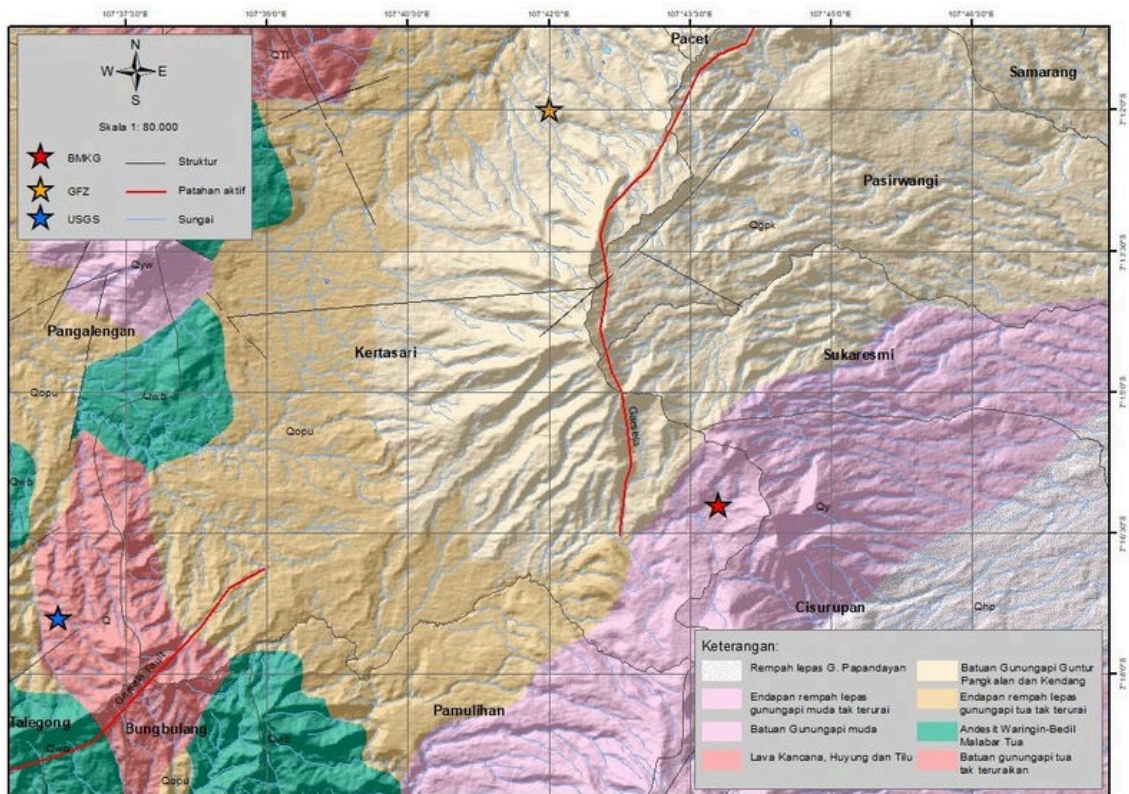
6 hari dari tanggal 5 – 10 Februari 2023. Pada saat survey lapangan peneliti juga melakukan wawancara dengan 10 warga yang terdampak akibat gempa bumi tanggal 1 Februari 2023. Pemilihan warga dikhususkan pada warga yang rumahnya mengalami kerusakan baik ringan maupun berat.

1.2 Kondisi Geologi

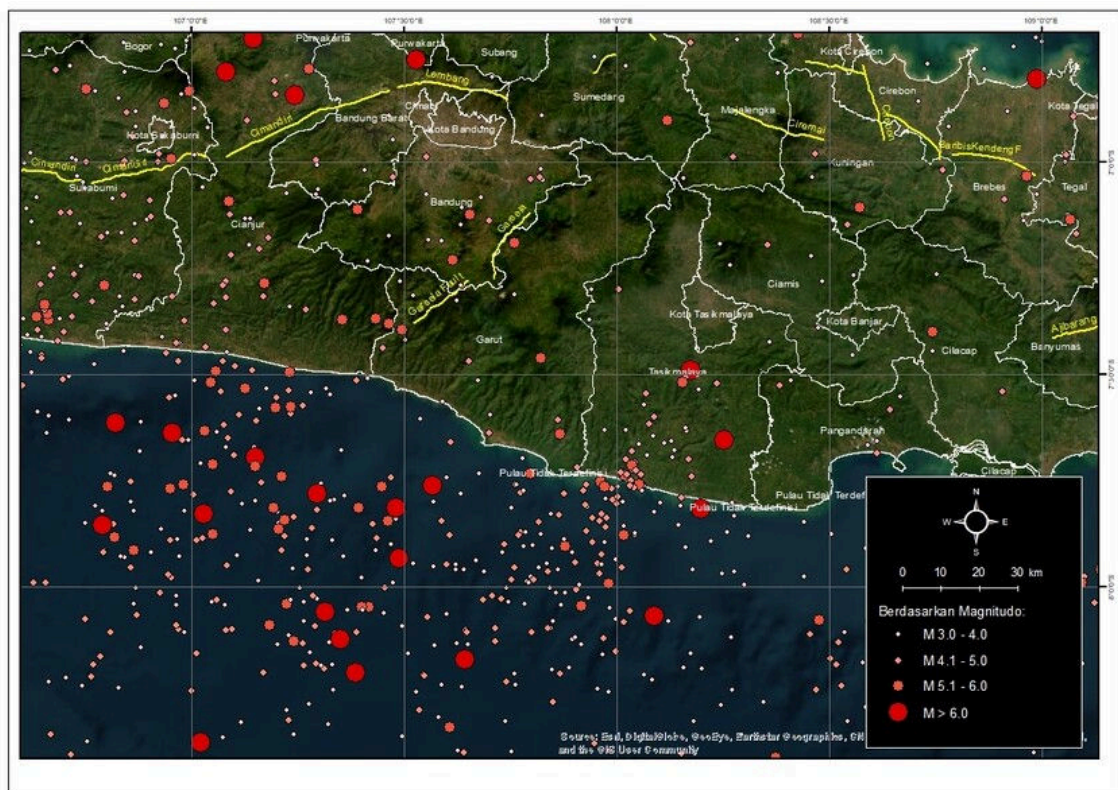
Subduksi Samudera Hindia ke bawah Paparan Sunda, di mana Pulau Jawa berada, telah aktif sejak kala Eosen (Hall, 2002, Hamilton, 1979, van Bemmelen, 1970). Sebagian besar Pulau Jawa disusun oleh kompleks zona akresi berumur Cretaceous-Eosen Akhir dan busur vulkanik Paleogen. Hall dan Smyth (2008) menyampaikan interpretasinya tentang struktur Jawa, di mana zona fisiografi timur-barat secara luas berkaitan dengan zona struktural. Jawa dapat dipisahkan menjadi tiga sektor struktural yaitu Jawa bagian barat, tengah dan timur (Hall dan Smyth, 2008, Sribudiyani dkk., 2003). Jawa bagian tengah menampilkan tingkat struktur terdalam dari pensesaran naik dan eksposur dari batuan dasar berumur Kapur. Di Jawa bagian barat dan timur, batuan busur vulkanik yang berdesak-desakan masih dipertahankan.

Di Jawa Barat, batuan busur vulkanik didorong ke urutan paparan sedimen yang terbentuk di tepi benua dari Sundaland. Di tengah Jawa, batuan busur vulkanik yang terdesak telah banyak hilang karena proses erosi. Daerah penyelidikan berada di Kecamatan Pasirwangi dan Kecamatan Samarang, secara litologi (Gambar 1) tersusun oleh Satuan Batuan Gunungapi Kuarter Tua, Satuan Batuan Gunungapi Kuarter Muda dan Satuan Endapan Permukaan (Alzwar dkk., 1992). Satuan batuan gunungapi Kuarter Tua terdiri dari produk gunungapi berumur Kuarter yang berasal dari beberapa sumber erupsi. Satuan batuan gunungapi Kuarter Muda (Qy(w, p, c, m, h, k)) merupakan satuan batuan gunungapi berumur Kuarter yang bersumber dari gunungapi muda. Satuan endapan permukaan berumur paling muda (Holosen) yang terdiri dari endapan kolovium (Ok), endapan danau (Od), dan endapan alluvium (Oa) (Gambar 1)

Tektonik pulau Jawa terutama dipengaruhi oleh aktivitas penunjaman lempeng samudra Hindia di bawah pulau Jawa, yang menyebabkan pelipatan berarah timurlaut-baratdaya dan pensesaran berarah baratlaut-tenggara atau timurlaut-baratdaya. Salah satu sesar aktif yang teridentifikasi di wilayah penyelidikan adalah sesar Garsela yang berarah relatif timurlaut-baratdaya. Dalam peta sumber dan bahaya gempa Indonesia 2017, sesar ini terbagi menjadi dua segmen yaitu segmen Kencana di bagian selatan dengan mekanisme geser, dan segmen Rakutai di bagian utara yang memiliki mekanisme turun.



Gambar 1 Peta geologi wilayah penyelidikan memperlihatkan litologi berdasarkan [Alzwar dkk. \(1992\)](#)



Gambar 2 Sebaran pusat gempa bumi dari data USGS dari tahun 1900 hingga 2023, ukuran titik menunjukkan perbedaan magnitudo gempa bumi ([USGS, 2023](#))

1.3 Sejarah Kegempaan Kabupaten Garut

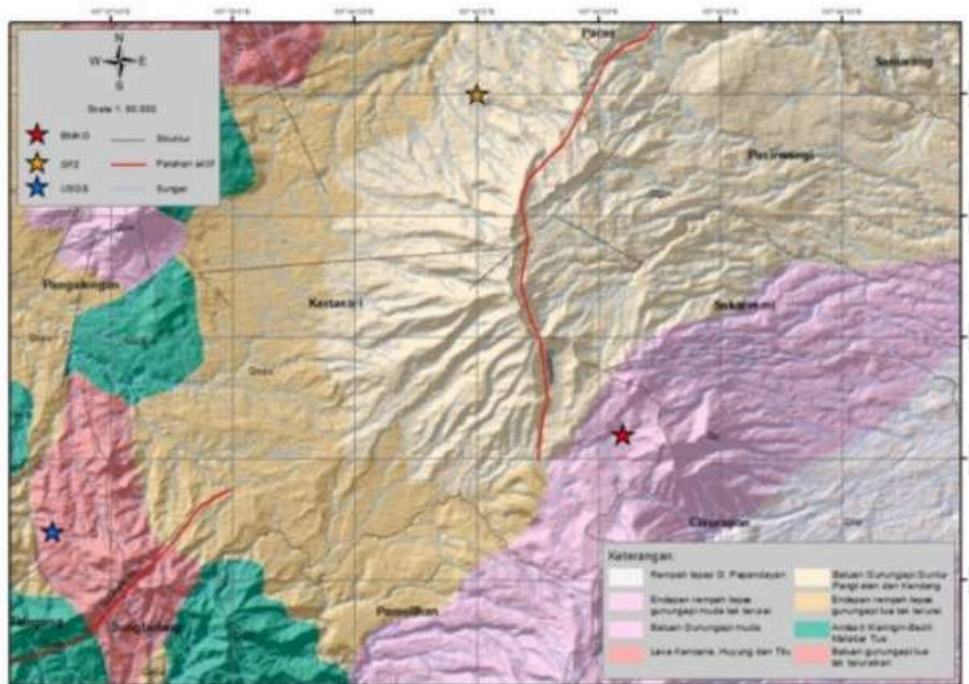
Jawa Barat merupakan wilayah yang rentan terhadap bencana gempa bumi, sebagaimana terbukti dari beberapa kejadian gempa sebelumnya. Berdasarkan sebaran pusat gempa bumi dari tahun 1900 hingga 2022 (**Gambar 2**), kegempaan di wilayah Jawa Barat sebagian besar berasosiasi dengan aktivitas subduksi atau penunjaman Lempeng Indo-Australia ke bawah Lempeng Eurasia. Selain itu, terdapat gempa-gempa yang bersumber dari sesar-sesar aktif yang berada di Pulau Jawa. Salah satu kejadian gempa bumi merusak yang bersumber dari sesar aktif terjadi di Kabupaten Cianjur, Jawa Barat pada tanggal 21 November 2022 dengan magnitudo 5.6 Mw dan kedalaman 10 km (**BMKG, 2023**).

Berdasarkan data Katalog Gempa Bumi Merusak oleh **Supartoyo dkk. (2014)** di wilayah Kabupaten Garut, setidaknya sejak tahun 1822 hingga 2022 telah terjadi 18 gempa merusak. Sumber gempa-gempa merusak tersebut bervariasi dari subduksi di sisi

selatan Jawa Barat serta bersumber dari sesar aktif di Kabupaten Garut.

1.4 Parameter gempa bumi

Gempa bumi signifikan terjadi pada hari Rabu, 1 Februari 2023, pukul 22:57:21 WIB. Menurut informasi dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), episentrum gempa berada di darat pada koordinat 107,73° BT dan 7,27° LS, terletak 19,4 km baratdaya dari Kota Garut, dengan magnitudo M 4,3 serta kedalaman 3 km. Geo Forschungs Zentrum (GFZ) Jerman juga menyatakan bahwa episentrum gempa berada di koordinat 107,7° BT dan 7,20° LS, dengan magnitudo M 4,5 dengan kedalaman 10 km. The United State Geological Survey (USGS) juga merilis informasi bahwa episentrum gempa berada di koordinat 107,613° BT dan 7,290° LS, memiliki magnitudo M 4,4 dengan kedalaman 10 km (**Gambar 3**).



Gambar 3 Peta pusat gempa bumi Garut 1 Februari 2023 (**BMKG, 2023, GFZ, 2023, USGS, 2023**)

2 Metode

Dalam penelitian ini, tim peneliti melakukan identifikasi dampak gempa bumi dengan melakukan inventarisasi kerusakan bangunan, kerusakan geologi, serta wawancara dengan masyarakat untuk dapat menilai besaran guncangan gempa bumi yang akan dikonversi ke dalam skala intensitas. Skala MMI (*Modified Mercalli Intensity*) yang dicetuskan oleh Giuseppe Mercalli pada tahun 1902, digunakan sebagai acuan dalam penentuan intensitas gempa bumi berdasarkan tingkat kerusakan dan kekuatan getaran gempa yang dirasakan masyarakat.

Selain itu, pengukuran mikrotremor dilakukan di wilayah terdampak guncangan, baik yang mengalami kerusakan maupun yang tidak. Memanfaatkan teknik Rasio Spektral Horizontal/Vertikal (HVSr) dari data yang direkam menunjukkan bahwa rasio spektral antara komponen horizontal dan vertikal dari rekaman mikrotremor berhubungan dengan frekuensi resonansi dasar di lokasi penyelidikan (**Nakamura, 1989, Nogoshi dan Igarashi, 1971**). Dengan menggunakan perangkat lunak geopsy (dapat diunduh secara gratis di <http://www.geopsy.org/>) dapat diperoleh kurva eliptisitas untuk mengetahui

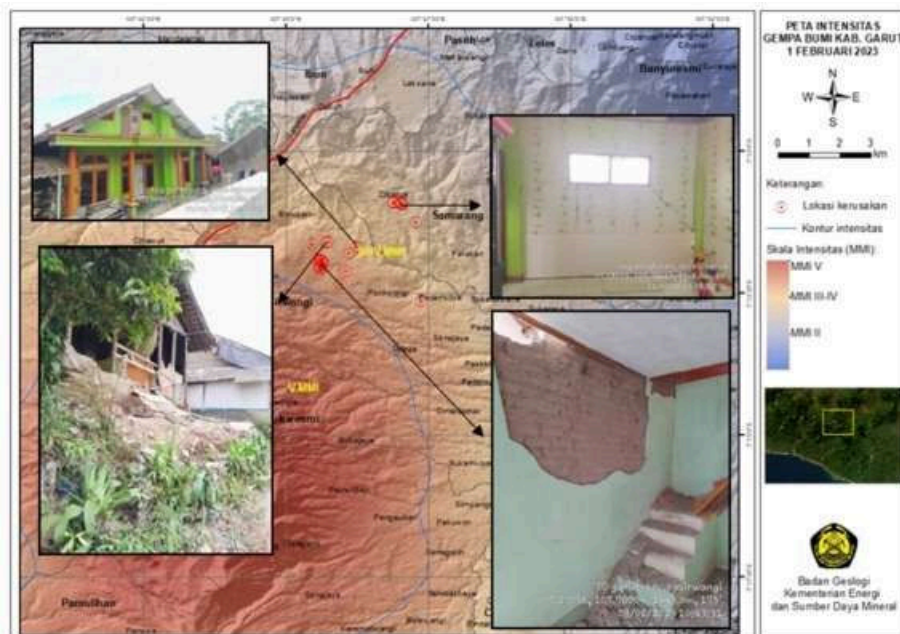
frekuensi dominan, baik di frekuensi rendah maupun di frekuensi tinggi, serta peak amplitude frekuensi rendah dan peak amplitude frekuensi tinggi. Konsep dasar fenomena amplifikasi gelombang seismik adalah keberadaan batuan sedimen/tanah permukaan (*soft soil*) di atas batuan dasar (*basement*) dengan perbedaan densitas (ρ) dan cepat rambat gelombang S (V_s) yang mencolok di antara keduanya. Frekuensi resonansi banyak ditentukan oleh fisik dari lapisan sedimen yaitu ketebalan h dan kecepatan gelombang S (V_s).

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Dampak Gempa bumi

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dampak gempa bumi di Kabupaten Garut. Kejadian gempa bumi tersebut telah mengakibatkan bencana di Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat. Secara umum, terdapat dua kecamatan yang terdampak akibat kejadian gempa bumi ini yaitu Kecamatan Pasirwangi dan Kecamatan Samarang. Kerusakan pada kedua area ini didominasi oleh

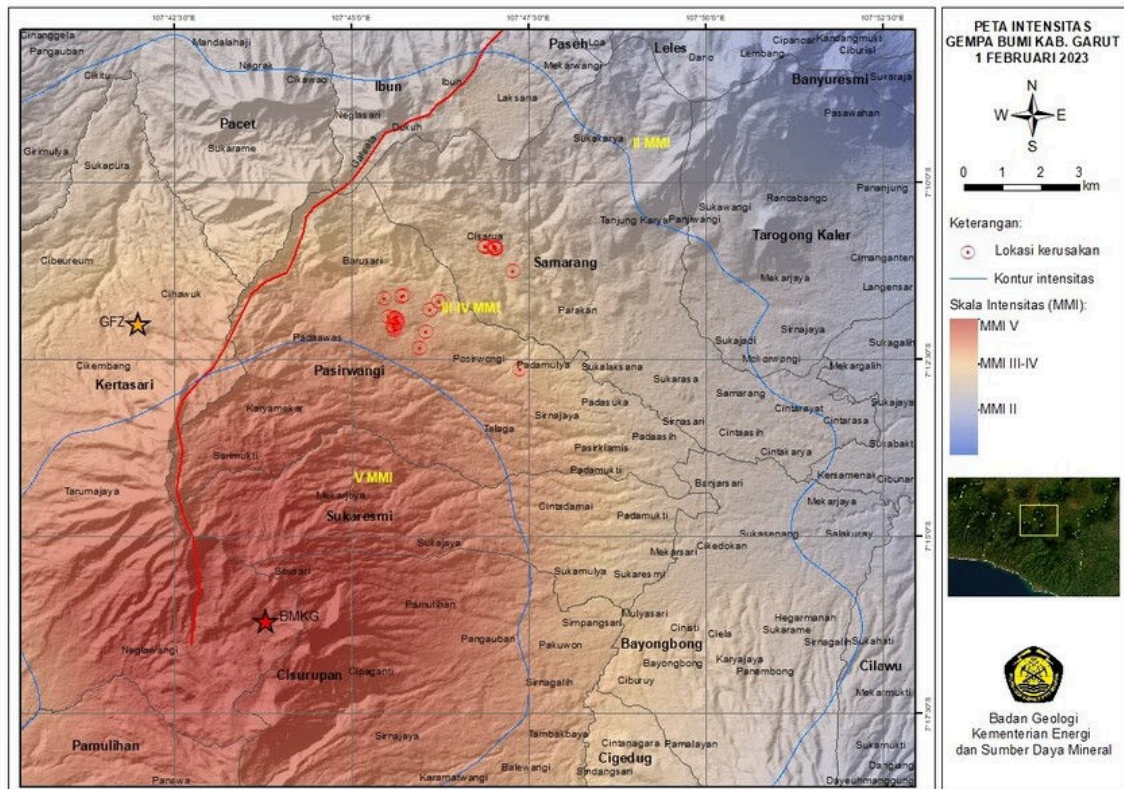
kerusakan bangunan ringan hingga sedang (**Gambar 4**). Kerusakan bangunan di kedua Kecamatan ini lebih banyak disebabkan oleh kurangnya kualitas konstruksi bangunan, yang terpengaruh oleh endapan Kuarter, serta posisi bangunan yang berada di lereng, yang dapat memperkuat dampak getaran gempa bumi. Getaran yang dihasilkan akibat gempa bumi tersebut telah menyebabkan kerusakan bangunan/rumah penduduk, sarana pendidikan, dan sarana kesehatan di wilayah Kecamatan Samarang dan Pasirwangi (sumber: BPBD Kab. Garut) (**Gambar 5**). Jumlah kerusakan bangunan, baik dengan intensitas ringan, sedang ataupun berat, tercatat sebanyak 174 rumah di Kecamatan Samarang dan 490 rumah di Kecamatan Pasirwangi. Selain itu, di Kecamatan Pasirwangi mengalami kerusakan 8 sarana pendidikan dan 9 sarana kesehatan, sedangkan di Kecamatan Samarang hanya tercatat kerusakan 1 sarana pendidikan. Kerusakan geologi akibat terjadinya gempa bumi teridentifikasi dalam dimensi kecil di Kampung Mulyasari, Desa Padaawas, berupa retakan tanah.



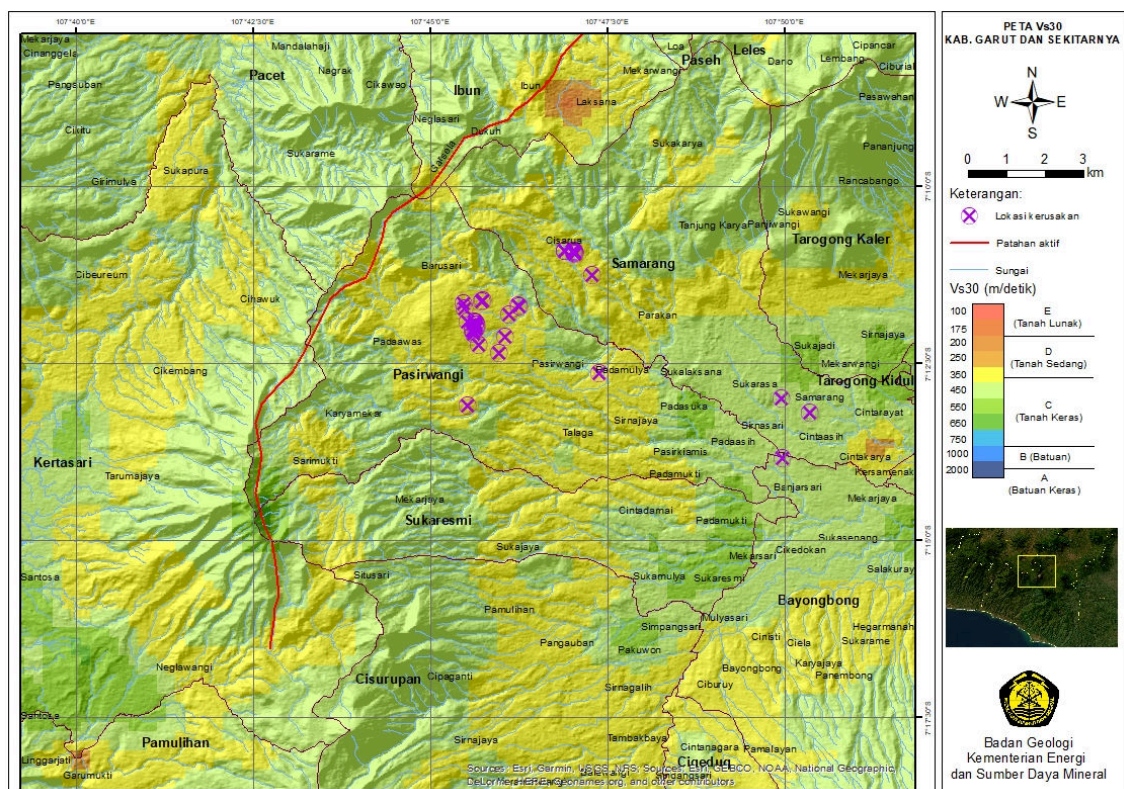
Gambar 4 Beberapa kerusakan bangunan dari rusak sedang hingga berat. Beberapa bangunan bahkan hancur rata dengan tanah. Salah satu bangunan yang hancur adalah Masjid Raya Kajai



Gambar 5 Beberapa bangunan yang mengalami kerusakan akibat gempa bumi di Kecamatan Pasirwangi



Gambar 6 Peta intensitas gempa bumi Garut



Gambar 7 Sebaran titik-titik kerusakan yang ditumpang susun dengan peta Vs30 Kabupaten Garut dan sekitarnya

Berdasarkan besar guncangan yang dirasakan oleh masyarakat, efek yang ditimbulkan pada bangunan yang mengalami kerusakan hingga rusak

sedang, serta ditemukan retakan tanah berdimensi kecil akibat guncangan gempa maka skala intensitas akibat gempa bumi Garut 1 Februari 2023 memiliki

skala intensitas maksimal mencapai V MMI (*Modified Mercalli Intensity*) (**Gambar 6**).

3.2 Kondisi Geologi Area Terdampak Gempa Bumi

Dengan mempertimbangkan sebaran area yang mengalami kerusakan dan memperhatikan kondisi geologi setempat, terlihat bahwa daerah yang paling terdampak oleh gempa bumi ini adalah Kecamatan Pasirwangi dan Samarang. Pada lokasi penyelidikan, bangunan yang mengalami kerusakan rata-rata berada pada morfologi lereng. Batuan penyusun daerah ini yang teramati di lapangan adalah batuan endapan berumur Kuarter yang merupakan produk aliran rombakan gunung api muda berupa breksi gunung api dan material berbutir halus. Batuan tersebut memiliki sifat lepas, lunak, urai, dan belum terkonsolidasi (*unconsolidated*), sehingga pada kasus adanya guncangan yang diakibatkan oleh gempa bumi, dapat memperkuat guncangan tersebut (Supartoyo dkk., 2020). Batuan yang mengalami pelapukan pada daerah dengan morfologi perbukitan bergelombang dan perbukitan terjal berpotensi menyebabkan gerakan tanah yang dipicu oleh guncangan gempa bumi kuat dan curah hujan tinggi (Supartoyo dkk., 2020). Berdasarkan atlas Vs30 Indonesia (2022) yang diterbitkan oleh PVMBG, wilayah yang terdampak gempa bumi teridentifikasi memiliki kategori kelas tanah sedang/Kelas D ($200 < V_{s30} < 350$ m/detik) dan tanah keras/ Kelas C ($450 < V_{s30} < 750$ meter/detik) (**Gambar 7**).

3.3 Kajian Mikrotremor

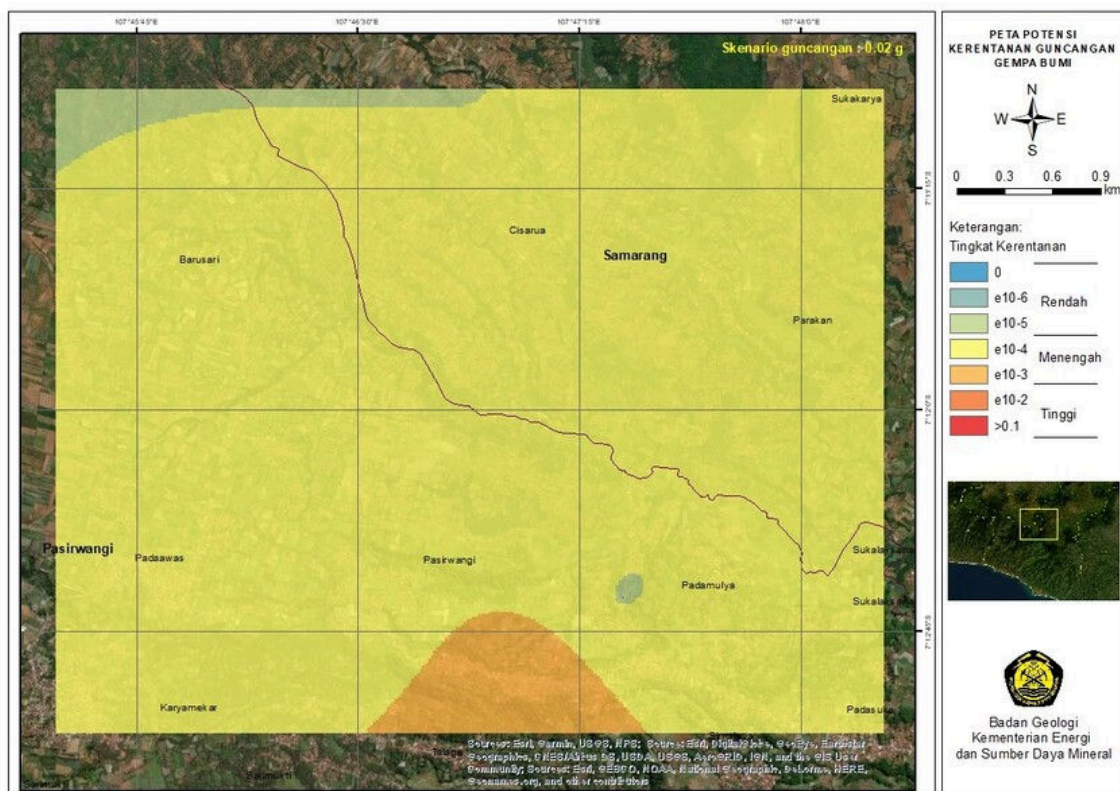
Frekuensi dominan yang diperoleh dari data pengukuran mikrotremor di lokasi terdampak memperlihatkan nilai yang rendah yaitu berkisar 1-2 Hz. Daerah yang memiliki nilai frekuensi rendah diinterpretasikan memiliki sedimen tebal yang berpotensi tinggi terhadap bahaya gempa bumi, sehingga bangunan yang berdiri di atasnya harus memperhatikan kaidah bangunan tahan gempa. Pemodelan menggunakan metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA) menunjukkan nilai *peak ground acceleration* (PGA) di wilayah kerusakan sebesar 0,02 g. Perhitungan secara numerik nilai

frekuensi dominan hasil pengukuran mikrotremor dengan nilai PGA, didapatkan nilai potensi kerentanan guncangan gempa bumi di Kecamatan Pasirwangi dan Samarang termasuk ke dalam kerentanan menengah (**Gambar 8**). Dengan kategori kerentanan menengah menyebabkan wilayah tersebut berpotensi mengalami kerusakan bangunan jika terjadi gempa bumi dengan kekuatan yang sama atau lebih besar. Skenario kejadian gempa bumi dengan potensi kerusakan berupa bangunan rubuh maupun gerakan tanah di wilayah ini baru akan terjadi jika guncangan gempa bumi mencapai nilai percepatan minimal sebesar 0,2 g (**Gambar 9**).

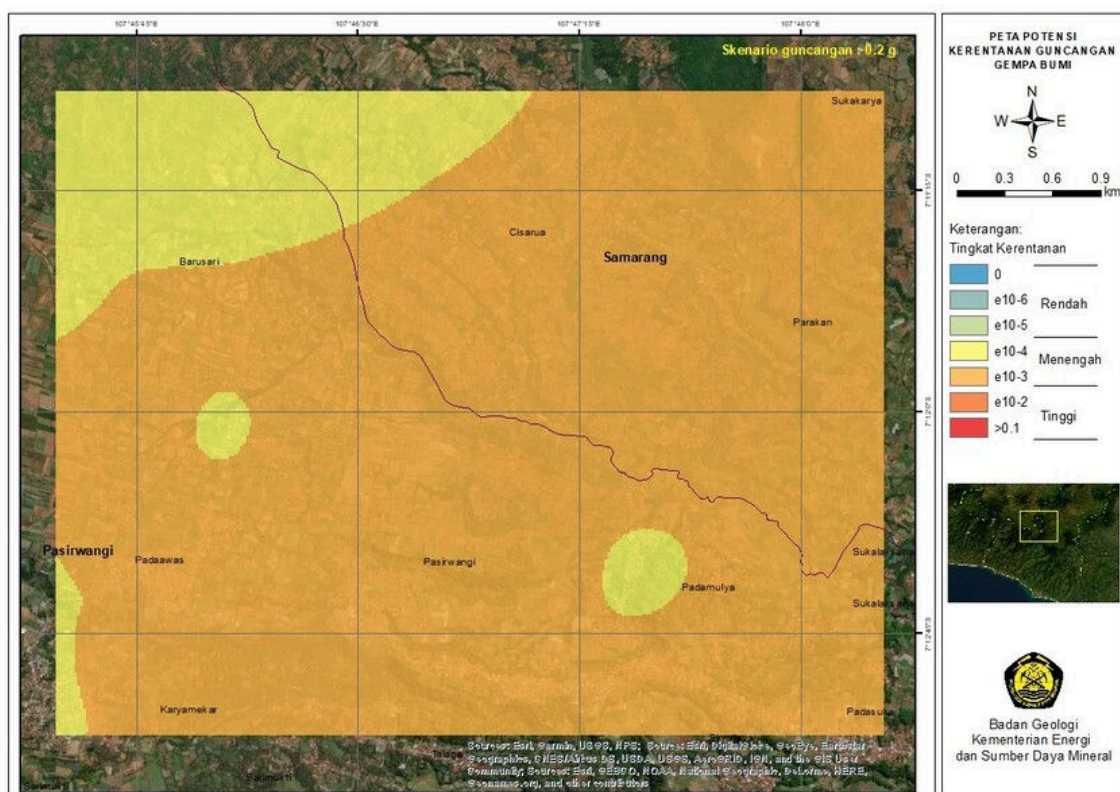
Peta potensi bahaya gempa bumi yang dihitung berdasarkan parameter faktor amplifikasi, frekuensi dominan, serta percepatan tanah puncak (PGA) pada batuan dasar, menunjukkan bahwa dengan besar guncangan yang sama, wilayah penyelidikan akan memiliki potensi bahaya yang relatif sama di semua wilayah, sehingga perbedaan dampak kerusakan bangunan yang ditimbulkan oleh guncangan gempa lebih dipengaruhi oleh faktor kondisi bangunan yang dibangun dengan kualitas yang kurang baik, lokasi yang berada pada endapan Kuarter, dan berada di daerah dengan morfologi lereng.

4 Kesimpulan

Kabupaten Garut merupakan wilayah dengan tingkat kerawanan tinggi terhadap bahaya gempa bumi, karena posisinya dekat dengan sesar aktif. Kejadian gempa bumi Garut 1 Februari 2023 telah mengakibatkan bencana di Kecamatan Pasirwangi dan Samarang berupa kerusakan bangunan serta retakan tanah. Perhitungan numerik berdasarkan nilai frekuensi dominan dan nilai PGA gempa bumi menunjukkan potensi kerentanan guncangan gempa bumi di Kecamatan Pasirwangi dan Kecamatan Samarang termasuk ke dalam kategori kerentanan menengah. Kerusakan bangunan yang terjadi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: jarak daerah terdampak dengan sumber gempa bumi yang dekat, kondisi bangunan yang tidak tahan gempa bumi, lokasi yang terletak pada endapan kuarter, dan morfologi lereng.



Gambar 8 Peta potensi kerentanan dengan skenario guncangan gempa bumi 0.02g



Gambar 9 Peta potensi kerentanan saat gempa bumi menghasilkan guncangan sebesar 0.2g

Referensi

- Alzwar, M., Akbar, N. & Bachri, S. 1992. Peta Geologi Lembar Garut Pameungpeuk skala 1:100.000. Bandung, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- BMKG. 2023. Parameter gempabumi Garut [Online]. Badan Metereologi dan Klimatologi. Available: <https://www.bmkg.go.id/> [diakses pada 01-02- 2023].
- Dardji, N., Villemain, T. & Rampnoux, J. P. 1994. Paleostresses and strike-slip movement: the Cimandiri Fault Zone, West Java, Indonesia. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 9(1-2), pp. 3-11. [https://doi.org/10.1016/0743-9547\(94\)90061-2](https://doi.org/10.1016/0743-9547(94)90061-2)
- DeMets, C., Gordon, R. G., Argus, D. F. & Stein, S. 1994. Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time scale on estimates of current plate motions. *Geophysical Research Letters*, 21(20), pp. 2191-2194. <https://doi.org/10.1029/94gl02118>
- GFZ. 2023. Parameter gempabumi Garut [Online]. Geoforschungszentrums. Available: <https://geofon.gfz-potsdam.de/> [diakses pada 01-02- 2023].
- Hall, R. 2002. Cenozoic geological and plate tectonic evolution of SE Asia and the SW Pacific: computer-based reconstructions, model and animations. *Journal of Asian Earth Sciences*, 20(4), pp. 353-431. [https://doi.org/10.1016/s1367-9120\(01\)00069-4](https://doi.org/10.1016/s1367-9120(01)00069-4)
- Hall, R. & Smyth, H. R. 2008. Cenozoic arc processes in Indonesia: Identification of the key influences on the stratigraphic record in active volcanic arcs. *In*: Draut, A. E., Clift, P. D. & Scholl, D. W. (eds.) Special Paper 436: Formation and Applications of the Sedimentary Record in Arc Collision Zones. Geological Society of America. pp. 27-54. [https://doi.org/10.1130/2008.2436\(03\)](https://doi.org/10.1130/2008.2436(03))
- Hamilton, W. B. 1979. Tectonics of the Indonesian Region (Report No. 1078). Professional Paper, U.S. Govt. Print. Off. <https://doi.org/10.3133/pp1078>
- Katili, J. A. & Soetadi, R. 1971. Neotectonics and seismic zones of the Indonesian Archipelago. *In*: Collins, B. W. & Fraser, R., eds. Proc. Int. Symposium Recent crustal movements and associated seismicity. Bull. Royal Soc. New Zealand. pp. 39-45.
- Nakamura, Y. 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quarterly Report of Railway Technical Research*, 30, pp. 25-33.
- Nogoshi, M. & Igarashi, T. 1971. On the Amplitude Characteristics of Microtremor (Part 2). *Zisin (Journal of the Seismological Society of Japan. 2nd ser.)*, 24(1), pp. 26-40. https://doi.org/10.4294/zisin1948.24.1_26
- Pusgen 2017. Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Jakarta, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Setyadji, I., Murata, I., Kahar, J., Suparka, S. & Tanaka, T. 1997. Analysis of GPS measurements in West-Java, Indonesia. *Annals of Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University*. 40 (B-1). pp. 27-33.
- Sribudiyani, Muchsin, N., Ryacudu, R., Kunto, T., Astono, P., Prasetya, I., Sapiie, B., Asikin, S., Harsolumakso, A. H. & Yulianto, I. 2003. The collision of The East Java Microplate and Its Implication for hydrocarbon occurrences in The East Java Basin. *Proceedings, Indonesian Petroleum Association 29th Annual Convention & Exhibition, Jakarta. Indonesian Petroleum Association (IPA)*. pp. IPA03-G-085.
- Supartoyo, Putranto, E. T. & Djadja 2005. Active Faults and Destructive Earthquake Epicenter Distribution Map of Indonesia. Bandung, Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Supartoyo, Robiana, R., Natalia, M. C. & Hespianoro, S. 2020. Dampak Gempa Bumi Lombok Tahun 2018. *Jurnal Geominerba (Jurnal Geologi, Mineral Dan Batubara)*, 5(1), pp. 61-76. <https://doi.org/10.58522/ppsdm22.v5i1.65>
- Supartoyo, Surono & Putranto, E. T. 2014. Katalog gempa bumi merusak di Indonesia Tahun 1612 – 2014. Bandung, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Tjia, H. D. 1968. The Lembang Fault, West Java. *Geologie En Mijnbouw*, 47(2), pp. 126-130.
- USGS. 2023. Parameter gempabumi Garut [Online]. Available: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/> [diakses pada 01-02- 2023].
- van Bemmelen, R. W. 1970. The Geology of Indonesia (2 ed.). The Hague, Martinus Nijhoff.