

BENCANA GEMPA BUMI DI PACITAN DAN UPAYA MITIGASI

Supartoyo¹, Arif Budiyo², dan Antonius Alex Harmoko²

¹) Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, KESDM.

²) Pusat Pengembangan Sumber Daya Mineral Geologi, Mineral dan Batubara, BPSDM, KESDM

Email: supartoyo@gmail.com

Naskah Diterima: Mei 2024 /Revisi: Mei 2024 /Disetujui: Juni 2024

ABSTRAK

Daerah Pacitan, Provinsi Jawa Timur tergolong rawan bencana gempa bumi bersumber dari zona penunjaman dan outer rise yang terletak di Samudera Hindia, serta sesar aktif Grindulu yang terletak di darat. Daerah Pacitan paling tidak telah terlanda empat kejadian gempa bumi merusak yaitu tahun 1973, 2003, 2023 dan 2024. Selain itu pada tahun 1994 diduga terdampak tsunami yang melanda pantai Banyuwangi. Pada hari Selasa tanggal 28 Mei 2024, pukul 02:53:54 WIB, daerah Pacitan dilanda kejadian gempa bumi merusak dengan magnitudo 5,5 Mw (moment magnitude) bersumber dari zona outer rise yang mengakibatkan terjadinya bencana berupa kerusakan bangunan di Dusun Krajan, Desa Borang, Kecamatan Arjosari. Skala intensitas gempa bumi di daerah tersebut adalah IV MMI (Modified Mercally Intensity). Kejadian gempa bumi merusak tersebut memberikan pelajaran betapa pentingnya upaya mitigasi bencana gempa bumi. Hasil pengamatan lapangan memperlihatkan bahwa upaya mitigasi gempa bumi belum optimal di daerah Pacitan. Oleh karena itu diperlukan peningkatan upaya mitigasi gempa bumi melalui mitigasi struktural dan non struktural harus ditingkatkan di daerah Pacitan yang bertujuan untuk mengurangi risiko apabila di kemudian hari terulang kembali kejadian gempa bumi.

Kata kunci: gempa bumi merusak, skala intensitas gempa bumi, mitigasi struktural, mitigasi non struktural

ABSTRACT

The Pacitan area, East Java Province is prone to the earthquake hazard which source from the subduction zone and outer rise located in the Indian Ocean, and the active Grindulu fault which is located on land. The Pacitan area has been hit by at least four destructive earthquakes, namely in 1973, 2003, 2023 and 2024. In 1994, the Pacitan coast was thought to have been affected by the tsunami that hit the Banyuwangi coast. On Tuesday 28 May 2024, at 02:53:54 local time, the Pacitan area was hit by a destructive earthquake with a magnitude of 5.5 Mw (moment magnitude) source from the outer rise zone which resulted in a disaster in the form of building damage at Krajan sub village, Borang village, Arjosari District. The earthquake intensity scale in the area is IV MMI (Modified Mercally Intensity). The destructive earthquake event give lessons learn of the importance for earthquake mitigation efforts. The results of field observations show that earthquake mitigation efforts have not been optimal in the Pacitan area. Therefore is needed increasing the earthquake mitigation efforts through structural and non-structural mitigation in the Pacitan area to reduce the risk if an earthquake repeat in the future.

Keywords: *destructive earthquake, earthquake intensity scale, structural mitigation, non structural mitigation.*

PENDAHULUAN

Daerah Kabupaten Pacitan, Provinsi Jawa Timur dikenal sebagai salah satu destinasi pariwisata karena keindahan obyek pariwisata seperti pantai, gua, air terjun yang dihasilkan oleh proses-proses geologi. Selain itu daerah Pacitan merupakan salah satu kawasan rawan bencana gempa bumi di Indonesia karena terletak dekat dengan lokasi sumber gempa bumi. Sumber gempa bumi ini terbentuk akibat proses tektonik yang terjadi, terletak di laut berupa zona penunjaman yang juga merupakan sumber pembangkit tsunami (*tsunamigenic*). Daerah Pacitan berhadapan langsung dengan sumber gempa bumi yang terletak di Samudera Hindia berupa zona penunjaman atau zona subduksi, terdiri – dari megathrust pada penunjaman bagian atas dan zona intraslab pada penunjaman dengan kedalaman lebih dari 40 km. Megathrust Jawa Timur yang membentang di selatan Jawa Timur hingga Bali dan Nusa Tenggara mempunyai potensi gempa bumi hingga magnitudo (M8,7) sehingga berpotensi untuk terjadi tsunami (Pusat Gempa Nasional/ Pusgen, 2017). Zona subduksi ini terbentuk akibat tumbukan antara Lempeng Benua Eurasia yang bergerak ke arah tenggara dengan kecepatan sekitar 0,4 cm/ tahun dan Lempeng Samudera Indo – Australia yang bergerak ke arah utara dengan kecepatan sekitar 7 cm/ tahun (Minster dan Jordan, 1978 dalam Yeats, 1997).

Selain itu terdapat sumber gempa bumi yang terletak di darat di daerah Pacitan, yaitu dari zona sesar Grindulu yang diperkirakan tergolong sesar aktif berdasarkan analisis morfometri (Hidayat dkk., 2023). Daerah Pacitan telah beberapa kali mengalami kejadian gempa bumi merusak yang telah mengakibatkan bencana (Supartoyo dkk., 2014), termasuk kejadian gempa bumi tanggal 28 Mei 2024.

Tulisan ini membahas dampak dan sumber penyebab dari kejadian gempa bumi merusak tanggal 28 Mei 2024. Metodologi untuk penulisan ini adalah dengan mengumpulkan data primer dan sekunder untuk menganalisis penyebab dan dampak guncangan gempa bumi merusak tanggal 28 Mei 2024. Data primer merupakan hasil pemeriksaan survei lapangan dampak kejadian gempa bumi merusak, sedangkan data sekunder adalah parameter kejadian gempa bumi tanggal 28 Mei 2024, referensi tektonik daerah Pacitan dan Jawa Timur, peta geologi, dan sejarah kejadian gempa bumi merusak. Hingga saat ini belum ditemukan ilmu dan teknologi yang tepat untuk memprediksi kejadian gempa bumi meliputi waktu, dimana dan berapa besar magnitudo atau kekuatan gempa bumi yang akan terjadi. Upaya terbaik yang dapat dilakukan adalah melalui serangkaian upaya mitigasi. Demikian pula halnya di daerah Pacitan perlu untuk meningkatkan upaya mitigasi gempa bumi.

1. Tektonik dan Geologi Daerah Pacitan

Daerah Pacitan merupakan bagian dari Lempeng Benua Eurasia yang bertumbukan dengan Lempeng Samudera Indo – Australia (Hall, 2002), sehingga membentuk pola tektonik berupa cekungan muka, jalur magmatik, cekungan belakang, dan pola struktur geologi. Selain itu terbentuk sumber gempa bumi zona subduksi di laut dan sesar aktif di darat. Tumbukan antar lempeng di Pulau Jawa mempunyai arah tegak lurus yang berbeda dengan di Pulau Sumatera. Hal ini berpengaruh terhadap pola struktur geologi. Berbeda dengan pulau Sumatera, di pulau Jawa tidak terbentuk sesar mendatar dalam dimensi panjang seperti sesar Sumatera, namun dominan sesar naik yang berarah relatif barat – timur. Menurut Pulunggono dan Martodjojo (1994), pola kelurusan struktur geologi pulau Jawa dapat dibagi menjadi tiga pola, yaitu Pola Meratus yang berarah timur laut – barat daya, Pola Sunda berarah utara – selatan dan Pola Jawa berarah barat – timur. Pola tersebut tercermin pada struktur geologi di wilayah Jawa Timur berdasarkan kenampakan peta geologi (Gafoer dan Ratman, 1999). Daerah Pacitan sebagian

besar tersusun oleh pegunungan kapur (karst) dan merupakan bagian dari zona pegunungan selatan (RW. Van Bemmelen, 1949).

Morfologi daerah Pacitan dari kenampakan peta topografi dan pengamatan lapangan dapat dibagi menjadi 3 satuan, yaitu: dataran, perbukitan karst, perbukitan yang tersusun oleh batuan rombakan gunungapi dan sedimen. Satuan morfologi dataran terdiri-dari dataran aluvial pantai dan aluvial sungai, tersusun oleh material lepas berukuran butir dari bongkah hingga lempung. Satuan morfologi ini terdapat di kota Pacitan, Teluk Pacitan, Lorog, Tanjung Kidul, Kebon Agung dan Panggul. Dataran pantai umumnya berbentuk teluk yang banyak dihuni oleh perkampungan nelayan, yaitu: teluk Pacitan, teluk Pagutan dan teluk Panggul. Daerah Pacitan kaya akan pantai yang dapat dijadikan sebagai obyek wisata, yaitu: pantai Nampu, pantai Klayar, pantai Watu Karang, pantai Srau, pantai Teleng Ria (teluk Pacitan), pantai Bakung, pantai Wawaran, pantai Jetak (teluk Pagutan), pantai Sidomulyo, pantai Taman, pantai Bawur dan pantai Pelang (teluk Panggul). Pantai Pelang termasuk wilayah Kabupaten Trenggalek. Satuan morfologi ini rawan terhadap guncangan gempa bumi karena bersifat urai, lepas, lunak, belum kompak (*unconsolidated*) dan memperkuat efek guncangan gempabumi.

Satuan morfologi perbukitan karst mendominasi daerah Pacitan yang telah terpotong oleh sesar, tersusun oleh batugamping terumbu, batugamping berlapis dan batugamping pasir. Kenampakan lapangan dari satuan morfologi ini adalah bentuk bukit karst yang khas (dapat dikenali dari peta topografi berupa bulatan kontur kecil) serta terdapatnya gua kapur yang saat ini telah dikelola oleh Pemerintah Daerah setempat menjadi obyek wisata, yaitu : Goa Gong di daerah Punung, Goa Tabuhan di desa Wereng, Kecamatan Punung dan Goa Somopuro di daerah Tulakan. Pantai perbukitan karst tersusun oleh batugamping terumbu, batugamping berlapis dan batugamping pasir.

Satuan morfologi perbukitan selain karst tersusun oleh batuan rombakan gunungapi dan sedimen. Morfologi ini terletak pada bagian utara dan tersebar cukup luas. Seperti halnya morfologi perbukitan karst, pada satuan morfologi ini juga dilalui oleh beberapa sesar yang berarah barat laut – Tenggara dan timur laut – barat daya.

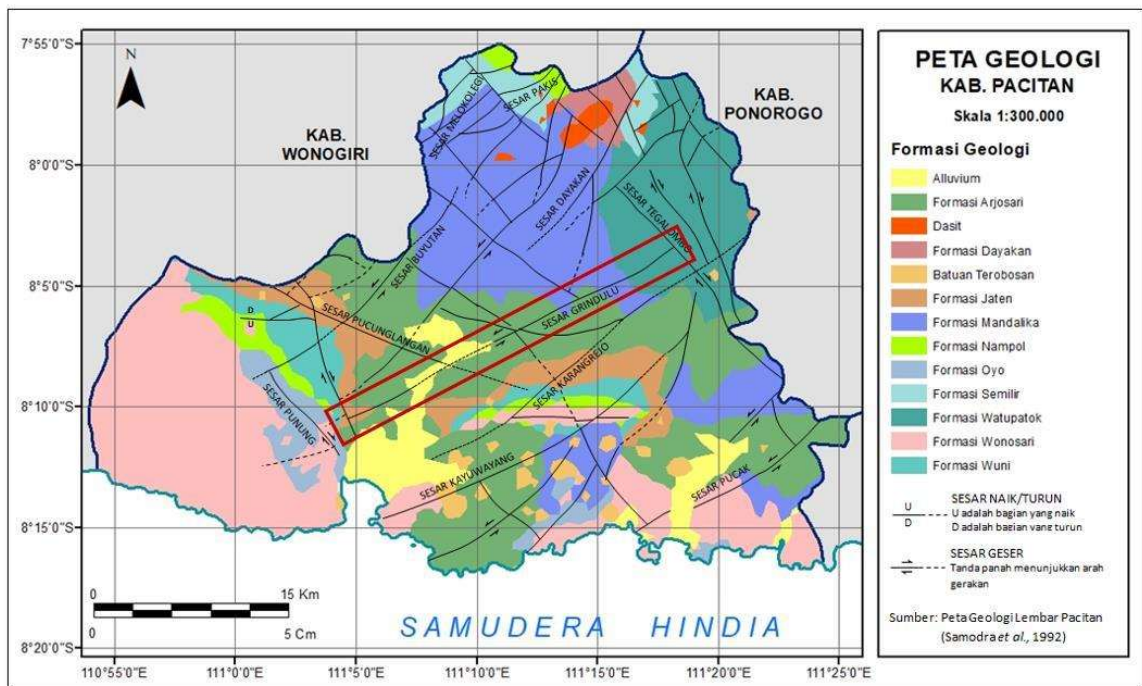
Berdasarkan peta geologi lembar Pacitan (Samodra dkk., 1992), daerah Pacitan didominasi oleh batuan berumur Tersier dari Oligosen hingga Pliosen, dan pada bagian paling atas merupakan endapan Kuartar. Batuan tertua yang tersingkap di daerah Pacitan berumur Oligosen berupa : Formasi Arjosari (konglomerat aneka bahan) yang bersilang jari (*interfingering*) dengan Formasi Watupatok (lava), Formasi Mandalika (perselingan breksi gunungapi, lava dan tuf), dan diterobos oleh batuan beku andesit, dasit, basal dan diorit.

Pada bagian atas secara selaras diendapkan Formasi Campurdarat berupa batugamping hablur pada kala Miosen awal. Diatasnya secara selaras diendapkan Formasi Jaten (konglomerat) pada kala Miosen awal. Kedua formasi ini bersilang jari dengan Formasi Semilir (Tuf, breksi berbatu apung). Selanjutnya secara selaras diendapkan Formasi Wuni (breksi gunungapi, tuf) yang bersilang jari pada bagian bawah Formasi Nampol (batupasir tufaan, batugamping tufaan) pada kala Miosen awal hingga Miosen tengah. Pada bagian atasnya secara selaras diendapkan Formasi Wonosari (batugamping terumbu, batugamping berlapis) yang bersilang jari dengan Formasi Oyo (batupasir gampingan, batugamping tufaan) pada kala Miosen akhir. Kemudian diatasnya secara tidak selaras diendapkan Formasi Kalipucang (konglomerat, lempung) pada kala Pleistosen hingga Holosen. Diatasnya secara bidang erosi diendapkan alluvium yang merupakan material lepas berukuran kerakal hingga lumpur.

Wilayah pantai daerah Pacitan didominasi oleh Formasi Arjosari dan Formasi Wonosari. Formasi Arjosari terdiri-dari: konglomerat aneka bahan, batupasir, batulanau, batugamping, batulempung, napal pasiran, batupasir berbataupung bersisipan breksi gunungapi, lava dan tuf yang bersilang jari (interfingering) dengan Formasi Mandalika, umur Oligosen. Formasi Wonosari terdiri-dari batugamping terumbu, batugamping berlapis, batugamping berkepingan, batugamping pasiran dan napal, umur Miosen akhir.

Secara setempat-setempat di wilayah pantai ini tersusun oleh Formasi Oyo (batupasir gampingan, batupasir tufaan, batulanau gampingan, batugamping tufaan, napal pasiran dan napal tufaan, umur Miosen akhir), Intrusi andesit, Formasi Campur Darat (terdiri dari: batugamping hablur dan sisipan batulempung tufaan, umur Oligosen), Formasi Mandalika (perselingan breksi gunungapi, lava, tuf bersisipan batupasir tufaan, batulanau dan batulempung, umur Oligosen) dan endapan Kuarter berupa aluvium. Endapan aluvial berupa endapan pantai terdapat di Teluk pacitan, Teluk Damas dan Teluk Panggul.

Struktur geologi yang terdapat di daerah Pacitan adalah lipatan dan sesar. Lipatan dengan arah barat-timur berupa antiklin Wangunan dan sinklin Wanajaya. Sesar yang terdapat di daerah ini didominasi oleh sesar mendatar geser kiri dan geser kanan. Sesar mendatar geser kiri arah sebarannya barat daya – timur laut, sedangkan sesar geser kanan berarah barat laut – tenggara. Kenampakan sesar di lapangan berupa : kelurusan bukit – lembah, gawir sesar serta bukit berbentuk triangular facet. Sedangkan kenampakan dari peta topografi berupa kelurusan garis kontur, kelurusan sungai dan pembelokan sungai. Kota Pacitan diapit oleh tiga sesar mendatar, yaitu : sesar Grendulu, sesar Karangrejo dan sesar Kayuwayang. Berdasarkan peta geologi lembar Pacitan terlihat bahwa sesar-sesar tersebut tidak memotong endapan Kuarter, tetapi hanya pada batuan berumur Tersier (Samodra dkk., 1992).



Gambar 1 Peta geologi wilayah lembar Pacitan (Samodra dkk., 1992 dalam Agustin dkk., 2023). Kotak merah merupakan zona sesar Grindulu.

2. Gempa Bumi Merusak di Kabupaten Pacitan

Berdasarkan data katalog kejadian gempa bumi merusak di Indonesia, daerah Pacitan paling tidak telah mengalami empat kejadian gempa bumi merusak yaitu tahun 1973, 2003, 2023 dan 2024 (modifikasi dari Supartoyo dkk., 2014) (Tabel 1). Sumber kejadian gempa bumi merusak tersebut pada umumnya adalah zona penunjaman. Kejadian tsunami tahun 1994 dipicu kejadian gempa bumi di Selatan Banyuwangi, dan mengakibatkan bencana parah di pantai Banyuwangi diperkirakan mencapai pantai Pacitan. Pada tulisan ini akan dijelaskan kejadian gempa bumi merusak terakhir yang melanda daerah Pacitan yaitu tanggal 28 Mei 2024. Kejadian gempa bumi tersebut penting untuk dibahas guna diambil pelajaran untuk meningkatkan upaya mitigasi gempa bumi di daerah Pacitan.

Tabel 1 Katalog kejadian gempa bumi merusak daerah Pacitan
(modifikasi dari Supartoyo dkk., 2014).

NO.	NAMA GEMPA	TANGGAL	PUSAT GEMPA	KDLM (KM)	MAG	MMI	DAMPAK
1.	Pacitan	1973	-	-	-	IV	Kerusakan rumah penduduk di Desa Borang, Kec. Arjosari.
2.	Banyuwangi (Tsunami)	03/06/1994	10,477°LS 112,835° BT	18	7,2	VIII	250 orang meninggal, 127 orang hilang, 423 luka, RD : berjarak ± 500 m. FD : ± 1,3 – 13,9 m. Tsunami diperkirakan mencapai Teluk Pacitan
3.	Pacitan	20/7/2003	8,62°LS- 111,25°BT	33	5,9	IV-V	7 bangunan rusak: rumah dinas Polres Pacitan, 4 rumah di desa Pucang Sewu, 1 rumah di desa Sambong, 1 rumah di desa Ponggok, Kecamatan Pacitan, Kab. Pacitan, 1 di Trenggalek. Pasar Madiun & 1 Ruko di Yogyakarta RR.
4.	DIY, Jateng, Jatim	30/06/2023 19:57:43 WIB	110,08° BT 8,63° LS	25	6,4	IV-V	Kerusakan bangunan di Kec. Pacitan, Donorojo Arjosari, Kebonagung, Bandar, Tegalombo, Pringkuku dan Ngadirojo.
5.	Pacitan	28/05/2024 02:53:54 WIB	111,36° BT 10,63° LU	10	5,5	IV	Kerusakan beberapa rumah penduduk di Dsn Krajan, Ds. Borang, Kec. Arjosari, Kab. Pacitan.



Gambar 2 Kerusakan rumah penduduk akibat gempa bumi tahun 2003 di RT 2, RW 1, Desa Sambong, Kec. Pacitan, Kab. Pacitan (Supartoyo dkk., 2003).

3. Kejadian Gempa Bumi Merusak Tanggal 28 Mei 2024

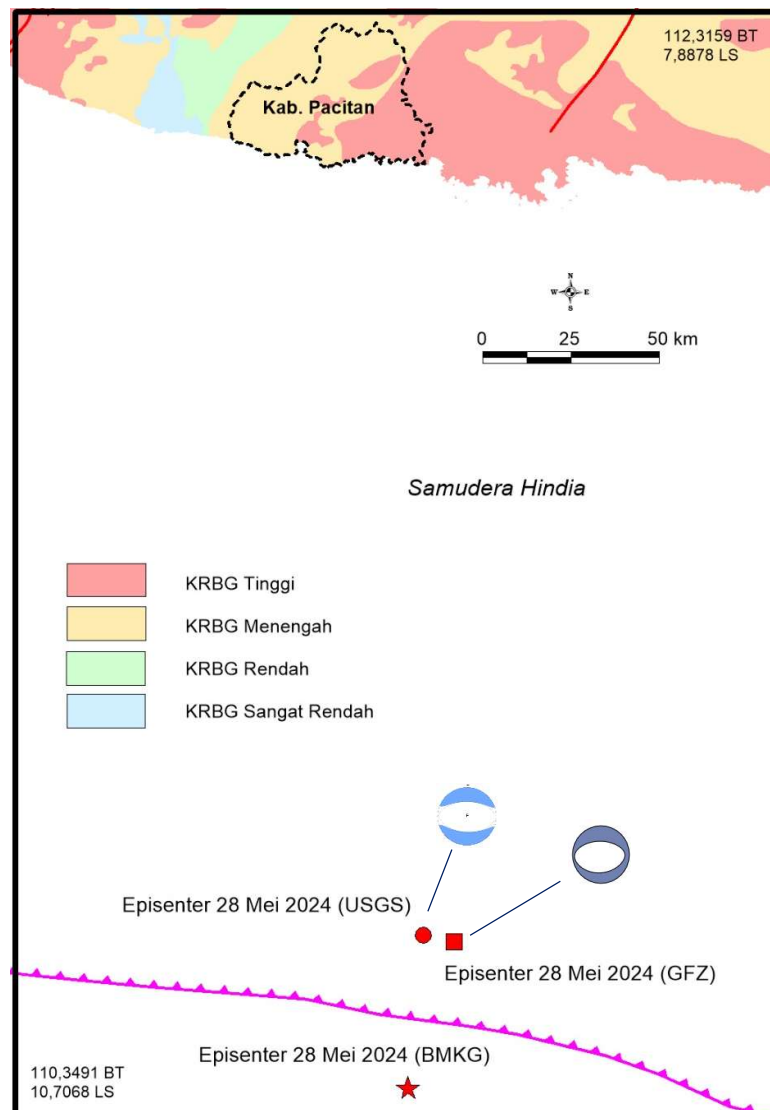
Gempa bumi terjadi hari Sabtu tanggal 28 Mei 2024, pukul 02:53:54 WIB. Berdasarkan informasi dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), lokasi pusat gempa bumi terletak di Samudera Hindia pada koordinat 111,36 BT dan 10,63 LS, berjarak sekitar 271,4 km selatan Kota Pacitan, dengan magnitudo (M 5,5) pada kedalaman 10 km. Menurut informasi dari *The United States Geological Survey* (USGS) Amerika Serikat, lokasi pusat gempa bumi terletak pada koordinat 111,401 BT dan 10,243 LS dengan magnitudo (M 5,0) pada kedalaman 10 km. Berdasarkan data *GeoForschungsZentrum* (GFZ), Jerman, lokasi pusat gempa bumi berada pada koordinat 111,48 BT dan 10,26 LS, dengan magnitudo (M 5,0) pada kedalaman 16 km. Ketiga stasiun tersebut tidak mencatat adanya gempa bumi susulan. Hal ini sesuai dengan informasi penduduk di Pacitan yang tidak merasakan adanya gempa bumi susulan.

Berdasarkan lokasi pusat gempa bumi, kedalaman dan data mekanisme sumber dari USGS Amerika Serikat dan GFZ Jerman, kejadian gempa bumi ini diakibatkan oleh aktivitas zona outer rise, dengan mekanisme sesar normal berarah relatif barat - timur. Kedudukan sesar normal tersebut menurut data USGS Amerika Serikat adalah N 270 E/ 47 dan rake -92. Sesar normal tersebut terletak pada zona outer rise yaitu sumber gempa bumi yang terletak pada bagian depan dari zona penunjaman akibat tarikan sehingga terjadi pelengkungan dan pada umumnya mekanisme adalah sesar normal (Craig dkk., 2014). Sumber gempa bumi outer rise di Indonesia tersebar pada zona penunjaman di barat Sumatera Utara, Sumatera Barat, Bengkulu; selatan Jawa, Bali, Nusa Tenggara, dan timur laut Halmahera (Craig dkk., 2014).

Kejadian gempa bumi tanggal 28 Mei 2024 telah mengakibatkan terjadinya bencana berupa kerusakan rumah penduduk di Dusun Krajan, Desa Borang, Kecamatan Arjosari. Kerusakan rumah penduduk tersebut tergolong rusak ringan berupa : retakan dinding, terkelupas plester dinding, retakan lantai dan kerusakan plafon. Bangunan yang mengalami kerusakan tergolong bangunan tidak tahan gempa bumi (*non engineered building*). Selain kualitas bangunan,

terdapat sebuah rumah penduduk yang kerusakan bangunannya dikontrol oleh efek topografi dimana bangunan berada di tepi lereng sehingga mengalami penguatan guncangan dan mengakibatkan terjadinya kerusakan. Pengamatan lapangan memperlihatkan bahwa Dusun Krajan tergolong rawan gempa bumi, karena tersusun oleh endapan aluvial sungai dengan muka air tanah dangkal berkisar antara 1 m hingga 4 m.

Kejadian gempa bumi tersebut tidak diikuti oleh terbentuknya sesar permukaan (*Fault Surface Rupture*) dan bahaya ikutan. Guncangan gempa bumi maksimum di daerah yang mengalami kerusakan bangunan terjadi pada skala intensitas V MMI (*Modified Mercalli Intensity*), dicirikan oleh terasa orang di luar bangunan, orang sedang tidur terbangun, cairan bergerak dan tumpah, barang perabot rumah bergerak atau jatuh, pintu membuka dan menutup, hiasan di dinding bergerak dan terjadi retakan dinding. Adapun di Teluk Pacitan dan daerah lainnya, guncangan gempa bumi pada skala IV MMI. Berdasarkan pengamatan lapangan terlihat bahwa dampak gempa bumi yang terjadi terletak pada kawasan rawan bencana gempa bumi menengah hingga tinggi. Hal ini sesuai dengan Peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) gempa bumi Provinsi Jawa Timur yang diterbitkan oleh BG (Supartoyo dan Djadja, 2010).



Gambar 3 Peta episenter dan peta Kawasan Rawan Bencana Gempa Bumi daerah Pacitan.



Gambar 4 Dusun Krajan tersusun oleh morfologi dataran, endapan aluvial sungai dan muka air tanah dangkal. Pada bagian selatan terlihat morfologi perbukitan tersusun oleh batupasir gampingan.



Gambar 5 Kerusakan rumah penduduk akibat gempa bumi tanggal 28 Mei 2024 di Dusun Krajan, Desa Borang, Kecamatan Arjosari.



Gambar 6 Retakan lantai rumah penduduk akibat gempa bumi tanggal 28 Mei 2024 di Dusun Krajan, Desa Borang, Kecamatan Arjosari.

4. Peningkatan Upaya Mitigasi Gempa Bumi di Pacitan

Menurut Undang Undang (UU) nomor 24 tahun 2007 tentang penanggulangan bencana definisi kata mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Mengacu kepada definisi tersebut, maka mitigasi bencana gempa bumi adalah serangkaian upaya yang ditujukan untuk mengurangi atau meminimalkan korban jiwa, kerugian harta benda, kerusakan lingkungan, gangguan kehidupan dan penghidupan manusia yang diakibatkan oleh kejadian gempa bumi. Hingga kini upaya terbaik untuk mengurangi risiko kejadian gempa bumi dilakukan melalui upaya mitigasi gempa bumi secara struktural dan non struktural. Kejadian gempa bumi merusak yang terjadi di daerah Pacitan tanggal 28 Mei 2024, telah memberikan banyak pelajaran tentang penting dan perlunya upaya mitigasi gempa bumi. Dampak dari kejadian gempa bumi merusak tersebut memperlihatkan bahwa masyarakat di daerah Pacitan belum siap dalam menghadapi bencana gempa bumi. Untungnya kejadian gempa bumi tersebut tidak diikuti oleh tsunami yang dapat berpotensi mengakibatkan dampak lebih besar.

Pengamatan lapangan memperlihatkan bahwa masyarakat di daerah Pacitan terlihat panik dan resah saat kejadian gempa bumi tersebut. Mereka terlihat bingung apa yang harus dilakukan saat terjadi gempa bumi, karena hampir tidak pernah melaksanakan kegiatan mitigasi gempa bumi sebelumnya, terutama sosialisasi, simulasi dan berlatih. Tempat dan jalur evakuasi saat terjadi gempa bumi tidak ditemukan di lapangan. Hal ini mungkin karena jarang terjadi gempa bumi merusak di daerah ini, sehingga mereka lupa, padahal berdasarkan data terlihat bahwa daerah Pacitan telah beberapa kali terlanda kejadian gempa bumi merusak. Semestinya dengan

guncangan pada skala intensitas IV MMI tidak terjadi kerusakan bangunan apabila dibangun menggunakan konstruksi bangunan tahan gempa bumi. Masih beruntung karena kejadian gempa bumi merusak tersebut tidak memicu terjadinya tsunami. Berdasarkan catatan dari BG daerah pantai Pacitan pernah terlanda tsunami tahun 1994 (modifikasi dari Supartoyo dkk., 2014). Pantai Pacitan tergolong rawan tsunami dengan potensi tinggi rendaman lebih dari 3 m (Robiana dkk., 2016). Hingga kini telah ada upaya mitigasi tsunami di pantai Pacitan seperti tempat dan jalur evakuasi serta adanya relawan bencana pada daerah Pantai yang rawan tsunami.

Upaya mitigasi gempa bumi harus ditingkatkan di daerah Pacitan. Upaya mitigasi gempa bumi pada prinsipnya adalah mencegah agar bahaya gempa bumi seperti guncangan gempa bumi, sesar permukaan, retakan tanah, amblesan tanah, likuefaksi dan gerakan tanah yang dipicu guncangan gempa bumi, tidak mengakibatkan terjadinya bencana. Upaya mitigasi ini harus dilakukan secara menerus melalui mitigasi struktural dan mitigasi non struktural. Upaya mitigasi struktural gempa bumi dilakukan dengan melakukan pembangunan fisik, seperti membangun bangunan tahan gempa bumi, membangun tempat dan jalur evakuasi, dan lain-lain. Sementara itu upaya mitigasi struktural tsunami dilakukan dengan melakukan pembangunan fisik, seperti membangun jalur evakuasi, membangun tempat evakuasi berupa tempat tinggi (bukit buatan, shelter), membangun pelindung pantai (dinding pantai, pemecah ombak), penanaman vegetasi pantai, dan lain-lain. Upaya mitigasi non struktural dilakukan dengan meningkatkan kapasitas masyarakat dan aparat setempat dalam menghadapi bencana gempa bumi dan tsunami yaitu : sosialisasi, pendidikan dan latihan tentang gempa bumi dan tsunami, simulasi dan wajib latih. Selain itu sudah saatnya untuk memasukkan materi kebencanaan geologi, khususnya bencana gempa bumi harus dilakukan untuk semua tingkatan pendidikan di daerah Pacitan yang bertujuan meningkatkan pemahaman mitigasi kepada para siswa. Dengan demikian diharapkan para guru dan siswa akan meningkat pengetahuannya, sehingga risiko dari kejadian gempa bumi dan tsunami apabila terulang di kemudian hari akan dapat diminimalkan.

PENUTUP

Kejadian gempa bumi merusak di Pacitan pada tanggal 28 Mei 2024 bersumber dari zona outer rise telah mengakibatkan bencana berupa kerusakan bangunan di daerah kabupaten Pacitan. Kejadian gempa bumi merusak ini telah memberikan pelajaran yang sangat berharga bagi masyarakat Kabupaten Pacitan berupa pentingnya upaya mitigasi gempa bumi. Pengamatan lapangan memperlihatkan bahwa upaya mitigasi gempa bumi belum optimal dan sangat perlu ditingkatkan di daerah Pacitan. Upaya mitigasi dilakukan melalui mitigasi struktural dan mitigasi non struktural. Hanya dengan upaya mitigasi risiko kejadian gempa bumi akan dapat diminimalkan atau dikurangi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas selesainya tulisan ini kepada Kepala Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Geologi, Mineral dan Batubara dan Kepala Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi/PVMBG) yang telah menugaskan penulis pada kegiatan diklat TOT Mitigasi Bencana Geologi di Pacitan. Ucapan terima kasih disampaikan kepada tim penyelenggara diklat TOT Mitigasi Bencana Geologi di Pacitan atas bantuan pengambilan data lapangan selama kegiatan PKL. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para reviewer.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, R., Sungkono, Haryono, A., 2023, Penentuan Kedalaman dan Sudut Kemiringan Sesar Grindulu di Pacitan Menggunakan Metode Crow Search Algorithm (CSA) Pada Data Self Potential (SP), *Progressive Physics Journal* Volume 4, Nomor 1, Juni 2023, ISSN 2722-7707 (online), <http://jurnal.fmipa.unmul.ac.id/index.php/ppj/index>.
- Craig, T.J., Copley, A., and Jackson, J., 2014, A reassessment of outer-rise seismicity and its implications for the mechanics of oceanic lithosphere, *Geophys. J. Int.* (2014) 197, 63–89, Advance Access publication 2014 February 14, doi: 10.1093/gji/ggu013.
- Gafoer, S., dan Ratman, N., 1999, *Peta Geologi Lembar Jawa Bagian Timur*, Skala 1 : 500.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Hall, R., 2002, Cenozoic Geological and Plate Tectonic Evolution of SE Asia and the SW Pacific: Computer Based Reconstruction, Model and Animation, *Journal of Asian Earth Science* (20) 2002, 353 – 431.
- Hamilton, W., 1979, *Tectonic of Indonesia Region*, Geological Survey Professional Paper, United States Government Printing Office, Washington.
- Hidayat, A.N., Sadisun, I.A., dan Pamumpuni, A., 2023, Analisis Morfotektonik DAS Grindulu di Daerah Pacitan dan sekitarnya, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur, *Bulletin of Geology*, Vol. 5, No. 3, 2021 708, e-ISSN 2580 – 0752, hal 708-717, DOI: 10.5614/bull.geol.2021.5.3.3
- Pulunggono dan Martodjojo S., 1994, Perubahan Tektonik Paleogen-Neogen merupakan Peristiwa Tektonik Terpenting di Jawa, *Proceedings Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa Sejak Akhir Mesozoik Hingga Kuarter*, ISBN: 979 – 8611 – 00 – 4, 37 – 50.
- Robiana, R., Afif, H., dan Webber, R., 2016, *Peta Kawasan Rawan Bencana Tsunami*, Jawa Timur, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Samodra, H., Gafoer, S., dan Tjokrosapoetro, S., 1993, *Peta Geologi Lembar Pacitan*, Skala 1 : 100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Supartoyo dan Djadja, 2010, *Peta Kawasan Rawan Bencana Gempa bumi Provinsi Jawa Timur*, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Supartoyo, Indra, B., Pamungkas, H., Djunaedi, D., Turjono, G., Suhyatna, E., Rohmana, H.I., Hidayat, A.S., Rachmat, 2003, *Laporan Pemeriksaan Gempa Bumi Tanggal 20 Juli 2003*, Proyek Mitigasi Bencana Alam Geologi Tahun Anggran 2003, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Supartoyo, Surono, dan Tofani, E., 2014, *Katalog Gempa bumi Merusak Indonesia Tahun 1612 – 2014* (Edisi Kelima), Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral: 159 hal.
- Van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia*, Vol. I A., The Hague Martinus Nijhoff, 732 pp.
- Yeats, R.S., Sieh, K., dan Allen, C.R., 1997, *The Geology of Earthquakes*, Oxford University Press: 567 pp.