

GEMPA BUMI MERUSAK JAWA TIMUR SELATAN 10 APRIL 2021

Nia Kurnia Praja¹, Supartoyo¹, dan Amalfi Omang¹

¹Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Email: kurniapraja@gmail.com

(Diterima: Oktober 2021/Revisi: November 2021 /Disetujui: November 2021)

ABSTRAK

Pada tanggal 10 April 2021 pada pukul 14:00 WIB telah terjadi gempa bumi merusak di daerah Jawa Timur selatan bersumber dari zona intraslab, mengakibatkan 9 orang meninggal dunia di Kabupaten Malang dan Lumajang, 121 orang luka-luka di Kabupaten Malang dan Blitar, dan ribuan bangunan mengalami kerusakan di daerah Jawa Timur selatan. Gempa bumi ini juga memicu gerakan tanah dimensi kecil dan retakan tanah jenis lateral spreading. Guncangan maksimum terjadi di Kabupaten Malang dan Lumajang bagian selatan yang mencapai skala intensitas VI MMI (Modified Mercally Intensity). Hasil pemodelan guncangan tanah permukaan di wilayah Jawa Timur selatan berkisar 0,092 g (gravitasi) hingga 0,13 g.

Kata kunci: *intraslab, gempa bumi merusak, skala intensitas VI MMI*

ABSTRACT

On April 10th, 2021, at 14:00 local time, there was a destructive earthquake in the southern part of East Java area from the intraslab zone, resulting 9 people victim in Malang and Lumajang regency, 121 people injuries in Malang and Blitar regency, and thousands of buildings damage in the area of South East Java. Also, this earthquake has triggered a small landslide and soil cracks type of lateral spreading. The maximum earthquake shaking occur in the southern part of Malang and Lumajang regency with earthquake intensity scale of MMI (Modified Mercally Intensity). Result of surface shaking modelling in the southern of East Java region ranged from 0.092 g (gravity) to 0.13 g.

Keywords : intraslab, destructive earthquake, earthquake intensity scale of VI MMI

1. Pendahuluan

Wilayah Jawa timur selatan membentang mulai dari Kabupaten Pacitan hingga Banyuwangi merupakan daerah rawan terhadap bencana gempa bumi dan tsunami. Sumber gempa bumi di wilayah ini terutama terletak di laut dan juga merupakan sumber pembangkit tsunami (*tsunamigenic*). Beberapa kejadian gempa bumi yang terjadi telah mengakibatkan bencana, termasuk kejadian gempa bumi tanggal 10 April 2021. Morfologi Jawa Timur bagian selatan merupakan merupakan perbukitan yang sebagian besar batuanya tersusun oleh batugamping dan berbeda dengan Jawa Timur bagian utara dengan morfologi dominan dataran yang tersusun oleh batuan sedimen dan endapan Kuartir. Daerah Jawa Timur bagian selatan berhadapan dengan sumber gempa bumi yang terletak di laut berupa zona subduksi yang terdiri – dari megathrust pada penunjaman bagian atas dan intraslab pada penunjaman dengan kedalaman lebih dari 50 km. Megathrust Jawa Timur yang terletak 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 & Jordan, 1978 dalam Yeats, 1997).

Daerah ini pernah mengalami beberapa kali kejadian gempa bumi merusak, terakhir terjadi pada tanggal 10 April 2021 pada pukul 14:00 WIB. Menurut data BMKG lokasi pusat gempa bumi terletak di Samudera Hindia yang berjarak sekitar 90 km barat daya Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur.

Tulisan ini membahas dampak dan sumber penyebab dari kejadian gempa bumi merusak tanggal 10 April 2021. Metodologi untuk penulisan ini adalah dengan mengumpulkan data primer dan sekunder untuk menganalisis penyebab dan dampak guncangan gempa bumi merusak tanggal 10 April 2021. Dampak guncangan tersebut akan dibandingkan berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan pemodelan. Data primer merupakan hasil pemeriksaan survei lapangan dampak kejadian gempa bumi merusak, sedangkan data sekunder adalah parameter kejadian gempa bumi tanggal 10 April 2021, referensi tektonik daerah Jawa Timur, peta geologi, dan sejarah kejadian gempa bumi merusak. Metode untuk menganalisis dampak adalah menyusun peta dampak gempa bumi diwujudkan peta intensitas gempa bumi. Sementara itu untuk menganalisis sumber penyebab gempa bumi dipergunakan data parameter gempa bumi, data mekanisme sumber (*focal mechanism*), dan data anomali gravitasi regional Jawa Timur.

2. Geologi Daerah Jawa Timur Bagian Selatan

Jawa Timur termasuk bagian selatan 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 & 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 & Ratman, 1999).

Data citra DEMNAS dan pengamatan lapangan pada lokasi terdampak kejadian gempa bumi tanggal 10 April 2021, daerah tersebut memperlihatkan morfologi perbukitan, lembah dan dataran pantai. Litologi daerah tersebut tersusun oleh batuan berumur Tersier (batuan sedimen, batuan karbonat dan batuan rombakan gunungapi) dan endapan Kuarter (endapan aluvial pantai, sungai, dan rawa). Sebagian batuan berumur Tersier tersebut telah mengalami pelapukan. Batuan berumur Tersier yang telah mengalami pelapukan dan endapan Kuarter bersifat urai, lepas, belum kompak (*unconsolidated*) akan memperkuat efek guncangan, sehingga rawan gempa bumi. Morfologi perbukitan yang tersusun oleh batuan rombakan gunungapi yang telah mengalami pelapukan akan rentan terjadi gerakan tanah yang dipicu guncangan gempa bumi kuat dan curah hujan tinggi.

Struktur geologi yang kompleks di daerah Jawa Timur berupa sesar dan lipatan, umumnya berarah barat – timur (Gafoer & Ratman, 1999). Sesar utama berupa zona sesar Baribis Kendeng, sesar RMKS (Rembang, Madura, Kangean, Sakala) mempunyai arah barat – timur yang bersesuaian dengan pola Jawa. Demikian juga lipatan yang terdapat juga berarah barat – timur. Beberapa sesar lainnya berarah utara-selatan dan barat laut - tenggara. Kondisi ini menggambarkan tektonika yang terjadi pada Jaman Tersier, sehingga menghasilkan pola struktur geologi dengan arah utama adalah barat – timur yang merupakan pola Jawa.

3. Kegempaan Jawa Timur

Sebaran kegempaan di wilayah Jawa Timur didominasi di laut yang berkaitan dengan aktivitas zona penunjaman dan sebagian lagi terletak di darat dengan kedalaman dangkal yang bersumber dari aktivitas sesar aktif. Gempa bumi di darat bersumber dari pergerakan sesar aktif umumnya bersifat merusak, meskipun magnitudonya kecil namun memiliki kedalaman dangkal. Beberapa sesar aktif di daerah Jawa Timur adalah zona sesar Kendeng Baribis, sesar aktif RMKS, sesar aktif di Pasuruan, Situbondo, Madiun, dan lain-lain. Sejarah kejadian gempa bumi merusak memperlihatkan daerah Jawa Timur paling tidak tercatat sebanyak 29 kejadian gempa bumi merusak sejak tahun 1818 hingga sekarang dan lima kejadian mengakibatkan terjadinya tsunami yaitu tahun 1818, 1859, 1921, 1925 dan 1994 (modifikasi dari Supartoyo dkk., 2014). Sebagian dari kejadian gempa bumi merusak tersebut belum diketahui secara pasti lokasi sumbernya, namun diperkirakan terletak di laut yang berasosiasi dengan zona penunjaman. Data selengkapnya kejadian gempa bumi merusak daerah Jawa Timur ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Data sejarah kejadian gempa bumi merusak daerah Jawa Timur
(modifikasi dari Supartoyo dkk., 2014).

NO.	NAMA GEMPA	TANGGAL	PUSAT GEMPA	KDLM (KM)	MAG	MMI	DAMPAK
1.	Banyuwangi (<i>Tsunami</i>)	1818	-	-	-	VII	Tsunami melanda pantai selatan Banyuwangi dsk.
2.	Mojokerto	22/03/1836	-	-	-	VII-VIII	Kerusakan bangunan.
3.	Tulungagung (<i>Tsunami</i>)	1859	-	-	-	VII	Tsunami di Tulungagung.
4.	Madiun	20/11/1862	-	-	-	VII	Bangunan retak.
5.	Pasuruan	4/11/1889	-	-	-	VI	Dinding rumah retak.
6.	Lumajang	1/07/1896	-	-	-	VI	Beberapa bangunan retak pada dinding.
7.	Wlingi	15/08/1896	-	-	-	VII	Kerusakan bangunan dan rumah penduduk.
8.	Tulungagung	20/08/1902	-	-	-	VII	Beberapa bangunan rusak.
9.	Sedayu	31/08/1902	-	-	-	VI	Terjadi nendatan tanah.
10.	Jember (<i>Tsunami</i>)	1921	-	-	-	VII	Tsunami di selatan Jember.
11.	Banyuwangi (<i>Tsunami</i>)	1925	-	-	-	VII	Tsunami melanda pantai selatan Banyuwangi.
12.	Jawa Timur	11/08/1939	6,5°LS-112°BT	-	-	VII	Sebuah rumah roboh di Brondong.
13.	Jawa Timur	19/06/1950	6,2°LS-112,5°BT	-	-	VI	Beberapa bangunan retak.
14.	Malang	20/11/1958	9,5°LS-112,5°BT	-	-	VII-VIII	8 orang meninggal. Kerusakan bangunan & retakan tanah.
15.	Tulungagung	10/10/1961	8 °LS - 112,5° BT	-	-	VI-VII	Beberapa bangunan retak.
16.	Wlingi	21/12/1962	9°LS-112°BT	-	-	VI	Beberapa bangunan retak.
17.	Ponorogo	27/07/ 1963	8,3°LS-112,2°BT	-	-	IV - V	Kerusakan pada bangunan.
18.	Malang	19/02/1967	8,5° LS-113,5°BT	-	-	VII – IX	14 org meninggal, 72 orang luka-luka. Bencana di Dampit. Gondang 9 org meninggal, 9 org luka-luka. Trenggalek 33 rumah bambu retak
19.	Blitar -	04/10/1972	8,4°LS	-	6,0	V-VI	Kerusakan sejumlah bangunan di

	Trenggalek		112,2°BT				Gandusari & Trenggalek.
20.	Banyuwangi (<i>Tsunami</i>)	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.
21.	Pacitan	20/7/2003	8,62°LS- 111,25°BT	33	5,9	IV-V	Rumah penduduk rusak : 7 di Kab. Pacitan, 1 di Trenggalek. Pasar Madiun & 1 Ruko di Yogyakarta RR.
22.	Situbondo	10/09/2007 06:31:55 WIB	7,88 °LS 114,2°BT	10	4,5	V	1 org meninggal, 24 org luka-luka, 234 rumah penduduk rusak di Situbondo. Bencana parah di Kec. Asembagus.
23.	Malang Selatan	18/07/2013 09:13:39 WIB	9,16°LS 113,00°BT	10	5,9	VI	1 org luka-luka, 192 bangunan RB, 53 RS, 117 RR di Kec. Sumbermanjing Wetan, Malang.
24.	Madiun	6/25/2015 10:35:29 WIB	7,73°LS 111,69°BT	10	4,2	V	58 rumah rusak di Desa Klanton, Kec. Saradan, Kab. Madiun.
25.	Malang	16/11/2016 22:10:11 WIB	9,32° LS 113,12° BT	91	5,8	V	21 bangunan RB, 49 RS, 60 RR di Ampelgading, Turen, Pagelaran, Dampit, Tirtoyudo, Sumberpucung.
26.	Madura	13/6/2018 20:06:00 WIB	6,88° LS – 113,94° BT	12	4,8	VI	6 org luka-luka, 28 bangunan RB, 52 RR di Kec. Batuputih, Madura.
27.	Sumenep	11/10/2018 01:44:57 WIB	7,42° LS – 114,47° BT	10	6,4	VII-VIII	3 orang meninggal di desa Prambanan, kec. Gayam, Pulau Sapudi, Kab. Sumenep.
28.	Jawa Timur Selatan	10/4/2021 14:00:15 WIB	8,83° LS 112,5° BT	80	6,1	VI	8 orang meninggal, 39 orang luka-luka di Malang, Lumajang.
29.	Blitar	21/5/2021 19:09:23 WIB	8,63°LS- 112,43° BT	110	6,2	V	14 bangunan rusak di Kab. Blitar, Malang, Lumajang, Pasuruan, Kota Malang.

4. Data Pengamatan

Kejadian gempa bumi merusak tersebut terjadi pada hari Sabtu tanggal 10 April 2021, pukul 14:00 WIB. Menurut informasi dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), lokasi pusat gempa bumi terletak di Samudera Hindia pada koordinat 112,48° BT dan 8,95° LS (90 km baratdaya Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur), pada kedalaman 80 km, dengan magnitudo (M6,1). *GeoForschungsZentrum* (GFZ) Jerman melalui program GEOFON menginformasikan bahwa lokasi pusat gempa bumi terletak pada koordinat 112,49° BT dan 8,86° LS dengan magnitudo (M6,0) dan kedalaman 87 km. Menurut data *The United States Geological Survey* (USGS), Amerika Serikat lokasi pusat gempa bumi berada pada

koordinat $112,519^{\circ}$ BT dan $8,562^{\circ}$ LS, kedalaman 82,3 km, dan magnitudo (M6,0). Parameter kejadian tersebut ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2 Parameter kejadian gempa bumi tanggal 10 April 2021.

No	Tgl Kejadian	Pukul (WIB)	Episenter	Magnitudo	Kedalaman (Km)	Sumber
1.	10-4-2021	14:00:15	$112,48^{\circ}$ BT dan $8,95^{\circ}$ LS	6,1	80	BMKG
2.	10-4-2021	14:00:17	$112,519^{\circ}$ BT dan $8,562^{\circ}$ LS	6,0	82,3	USGS
3.	10-4-2021	14:00:16,9	$112,49^{\circ}$ BT dan $8,86^{\circ}$ LS	6,0	87	GFZ

Berdasarkan lokasi pusat gempa bumi, kedalaman, dan data mekanisme sumber dari BMKG, USGS Amerika Serikat dan GFZ Jerman, maka kejadian gempa bumi tersebut diakibatkan oleh proses penunjaman antara Lempeng Indo-Australia yang menunjam di bawah Lempeng Eurasia dengan mekanisme sesar naik. Sumber gempa bumi ini disebut juga gempa bumi intraslab. Dengan kedalaman pusat gempa bumi sekitar 80 km, maka guncangan gempa bumi terasa pada daerah dengan area cukup luas.

Kejadian gempa bumi Jawa Timur Selatan 10 April 2021 telah mengakibatkan bencana di daerah Jawa Timur bagian selatan. Menurut informasi BNPB kejadian gempa bumi tersebut telah mengakibatkan 9 orang meninggal di Kabupaten Malang dan Lumajang, 121 orang luka-luka di Kabupaten Malang dan Blitar. Selain itu sebanyak 2.491 bangunan mengalami rusak berat, 5.038 bangunan mengalami rusak sedang, 6.472 bangunan mengalami rusak ringan, dan 649 bangunan fasilitas umum mengalami kerusakan. Lokasi kerusakan bangunan tersebar di Kabupaten Malang, Lumajang, Kota Malang, Blitar, Kota Blitar, Trenggalek, Pasuruan, Gresik, Kota Kediri, Probolinggo, Ponorogo, Jember, Tulungagung, Kota Batu, Nganjuk, dan Pacitan.

Hasil pemeriksaan lapangan memperlihatkan bahwa kejadian gempa bumi tanggal 10 April 2021 telah mengakibatkan terjadinya guncangan gempa bumi cukup kuat, gerakan tanah dimensi kecil, dan retakan tanah dimensi kecil jenis *lateral spreading* (Gambar 1). Tidak terlihat adanya jejak tsunami di pantai selatan Jawa Timur. Guncangan gempa bumi ini mengakibatkan terjadinya kerusakan sedang hingga ringan pada bangunan. Pada beberapa bangunan terlihat roboh. Bangunan-bangunan tersebut pada umumnya bersifat tidak tahan guncangan gempa bumi (*non engineering building*). Selain kualitas bangunan faktor lain yang turut mendukung kerusakan bangunan adalah morfologi (Gambar 2) dan batuan (Gambar 3). Beberapa bangunan terletak pada bagian atas/ puncak punggung bergelombang. Morfologi seperti ini dikenal sebagai efek topografi (*topographical effect*) atau *topographical amplification* yang cenderung mengalami guncangan yang lebih besar sehingga berpotensi merusak bangunan (Pawirodikromo, 2012). Pengamatan lapangan memperlihatkan kondisi ini terutama di daerah Lumajang bagian selatan. Selain itu kondisi batuan memegang peranan juga. Daerah bencana pada umumnya tersusun oleh batuan rombakan gunungapi yang telah

mengalami pelapukan yang bersifat urai, lepas, lunak, tidak kompak (*unconsolidated*) dan gembur. Pengukuran mikrotremor menggunakan peralatan *seismograf portable* memperlihatkan bahwa pada lokasi kerusakan bangunan umumnya terletak pada kelas tanah D (tanah sedang dengan nilai V_{s30} berkisar antara 180 m/det hingga 360 m/det). Kondisi tanah ini turut andil dengan efek memperkuat guncangan gempa bumi sehingga pada bangunan yang bersifat tidak tahan gempa bumi akan berpotensi terjadi kerusakan.

Pengamatan lapangan memperlihatkan guncangan maksimum terjadi di Kabupaten Malang dan Lumajang bagian selatan yang mencapai skala intensitas VI MMI (*Modified Mercally Intensity*) (Gambar 4), dicirikan oleh setiap orang merasakan gempa bumi, orang sulit berdiri dan berjalan, plester dinding jatuh, terjadi kerusakan ringan hingga berat pada bangunan, terjadi gerakan tanah dan retakan tanah dimensi kecil. Kejadian gempa bumi tersebut guncangannya terasa pada area yang cukup luas karena kekuatan gempa bumi ($M_{6,1}$) dan kedalaman 81 km yang tergolong kedalaman menengah. Guncangan gempa bumi terasa dan terekam pada Pos Pengamatan Gunungapi (PGA) di daerah Jawa Timur, yaitu : Pos PGA Ijen (skala intensitas IV MMI), Pos PGA Semeru (skala intensitas III MMI), Pos PGA Bromo (skala intensitas III MMI), Pos PGA Lamongan (skala intensitas III MMI), Pos PGA Arjuno Welirang (skala intensitas II-III MMI). Berdasarkan data tersebut disusun garis kontur isoseismal yang dideliniasi dan disederhanakan (simplifikasi) dalam penggambarannya. Daerah – daerah yang mengalami kerusakan adalah daerah selatan Provinsi Jawa Timur. Hal ini sesuai dengan Peta Kawasan Rawan Bencana Gempa Bumi (KRBG) daerah Jawa Timur yang diterbitkan oleh Badan Geologi tahun 2010 (Gambar 5). Menurut peta KRBG tersebut daerah selatan Provinsi Jawa Timur terletak pada KRBG tinggi yang artinya kawasan yang berpotensi terlanda guncangan lebih dari skala intensitas VII MMI.



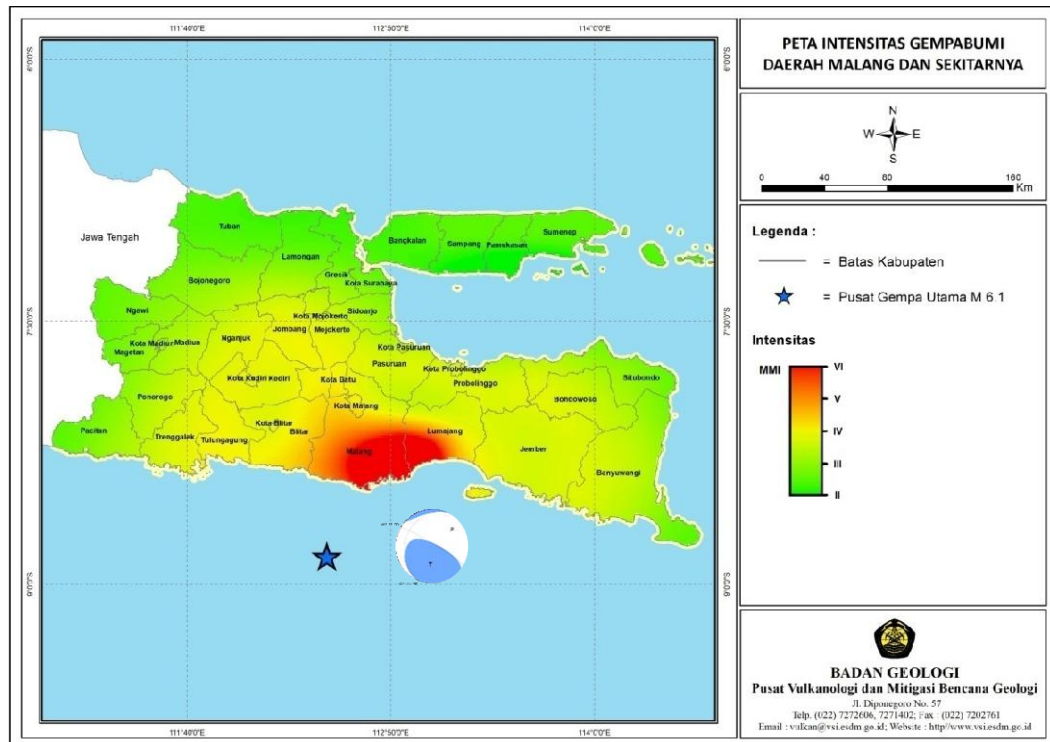
Gambar 1 Retakan tanah jenis *lateral spreading* berarah barat – timur dengan lebar sekitar 15 cm – 20 cm, akibat gempa bumi tanggal 10 April 2021, di Dusun Halimo, Desa Kaliuling, Kecamatan Tempursari, Kabupaten Lumajang (Dokumen penulis).



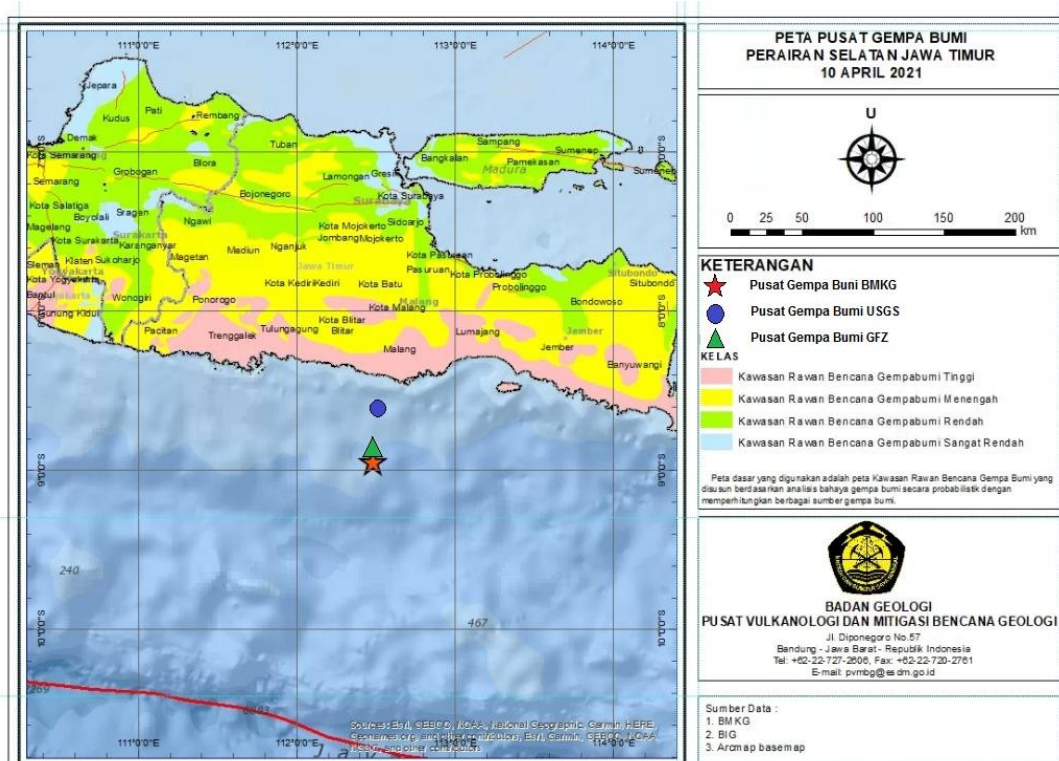
Gambar 2 Kerusakan bangunan karena kualitas bangunan dan kontrol efek topografi (berada di atas punggung), di Dusun Halimo, Desa Kaliuling, Kecamatan Tempursari, Kabupaten Lumajang. Terlihat adanya longsor yang dipicu gempa bumi tanggal 10 April 2021. Foto ke arah timur (Dokumen penulis).



Gambar 3 Kerusakan bangunan akibat gempa bumi tanggal 10 April 2021 di Dusun Sukodadi, Desa Wirotaman, Kecamatan Tirtoyudo, Kabupaten Malang. Foto ke arah tenggara (Dokumen penulis).



Gambar 4 Peta Intensitas gempa bumi Jawa Timur selatan tanggal 10 April 2021, lokasi pusat gempa bumi (bintang biru) dan mekanisme sumber yang memperlihatkan sesar naik bersumber dari BMKG.



Gambar 5 Peta KRBG Provinsi Jawa Timur dan lokasi pusat gempa bumi tanggal 10 April 2021.

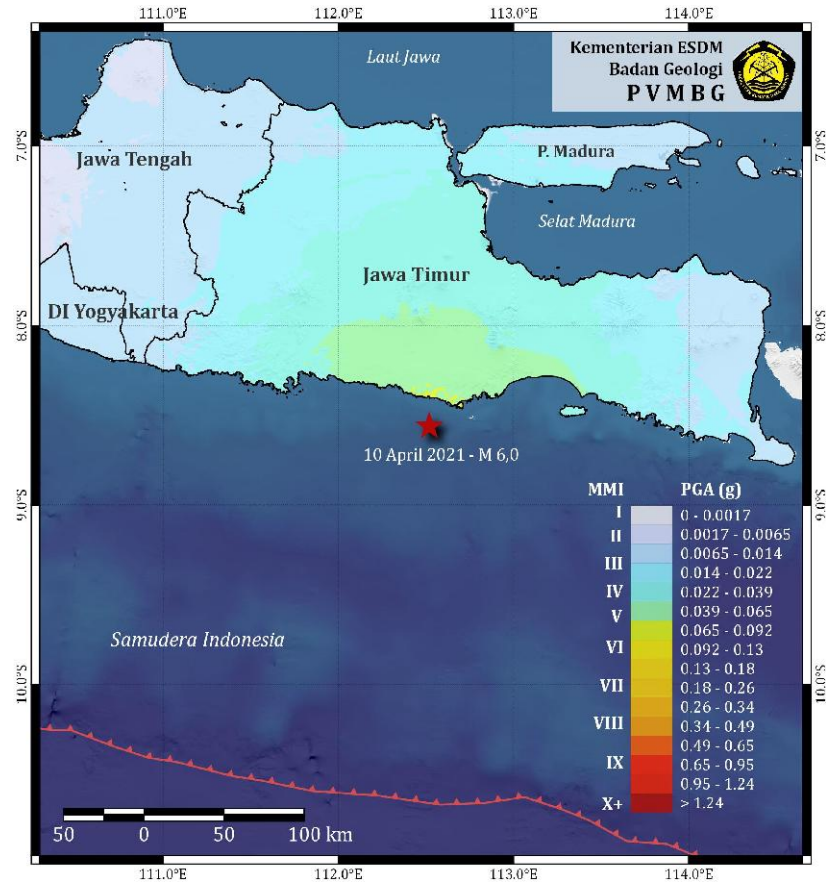
5. Diskusi

Lokasi pusat gempa bumi dan data mekanisme sumber memperlihatkan bahwa penyebab gempa bumi ini adalah sesar naik jenis *thrust fault* dengan sudut landai (*low angle*). Besarnya sudut penunjaman sekitar $3,40^\circ$ – $8,20^\circ$ dan tergolong landai (Indriana, 2008). Data mekanisme sumber dari USGS, Amerika Serikat memperlihatkan bahwa kedudukan sesar naik tersebut adalah N 302° E, dip 85° dan slip 67° . Sementara itu data mekanisme sumber dari GFZ, Jerman memperlihatkan bahwa kedudukan sesar naik adalah N 310° E, dip 69° dan slip 67° . Kedua data tersebut memperlihatkan bahwa jurus sesar naik ini relatif barat laut – tenggara, tidak seperti arah umum zona subduksi selatan Pulau Jawa yang berarah relatif barat – timur. Jalur subduksi tersebut secara umum memang berarah barat – timur, namun di beberapa tempat agak sedikit menyimpang, seperti yang terdapat di selatan perairan Jawa Timur. Anomali gravitasi regional Jawa Timur menunjukkan adanya perbedaan anomali tinggi dan rendah di sebelah barat daya lokasi pusat gempa bumi (Indriana, 2008). Besarnya jurus penyimpangan di sebelah barat daya lokasi pusat gempa bumi berdasarkan data tersebut sekitar 25° . Arah kelurusan perbedaan anomali gravitasi ini adalah barat laut – tenggara yang bersesuaian dengan jurus data mekanisme sumber.

Untuk memperoleh estimasi besarnya guncangan di permukaan tanah kejadian gempa bumi tanggal 10 April 2021, dilakukan pemodelan menggunakan metode DSHA (*Deterministic Seismic Hazard Analysis*) menggunakan perangkat lunak *OpenQuake*. Parameter gempa bumi yang dipergunakan mengacu kepada informasi dari USGS Amerika Serikat, yaitu : lokasi pusat gempa bumi ($112,519^\circ$ BT dan $8,562^\circ$ LS), kedalaman (82,3 km), magnitudo (6,0 Mw), jurus/ strike sesar (N 302° E), dip 85° dan rake 67° . Persamaan atenuasi yang digunakan untuk pemodelan gempa bumi *intraslab* adalah persamaan dari Abrahamson dkk (2015). Adapun untuk memperoleh estimasi guncangan pada tanah permukaan dipergunakan pendekatan geomorfologi dari Matsuoka dkk (2005).

Hasil pemodelan berupa percepatan tanah puncak (*peak ground acceleration (PGA)*) pada kejadian gempa bumi tanggal 10 April 2021 ditampilkan pada Gambar 6. Guncangan tanah di wilayah Jawa Timur bervariasi, dan di wilayah pantai selatan berkisar 0,092 g (gravitasi) hingga 0,13 g karena posisinya yang paling dekat dengan lokasi pusat gempa bumi. Besarnya guncangan akan menurun seiring dengan bertambahnya jarak dari lokasi pusat gempa bumi.

Guncangan tanah juga disajikan dalam bentuk skala intensitas guncangan gempa bumi dan mengacu kepada Wald (1999). Intensitas guncangan gempa bumi yang melanda khususnya wilayah Jawa Timur, berdasarkan hasil pemodelan bervariasi dari skala intensitas II hingga VI MMI (*Modified Mercally Intensity*) (Gambar 7). Skala intensitas gempa bumi maksimum terdapat di wilayah selatan Malang dan sekitarnya. Hal ini relatif bersesuaian antara hasil pemodelan dan penyelidikan lapangan.



Gambar 6 Peta percepatan tanah puncak (PGA) gempa bumi tanggal 10 April 2021 di wilayah Provinsi Jawa Timur.



Gambar 7 Peta percepatan tanah puncak (PGA) dan intensitas gempa bumi tanggal 10 April 2021 di wilayah Jawa Timur selatan.

6. Kesimpulan

Kejadian gempa bumi tanggal 10 April 2021 diakibatkan oleh aktivitas *intraslab* pada zona subduksi yang mengakibatkan bencana di daerah Jawa Timur selatan. Lokasi kerusakan bangunan tersebar di Kabupaten Malang, Lumajang, Kota Malang, Blitar, Kota Blitar, Trenggalek, Pasuruan, Gresik, Kota Kediri, Probolinggo, Ponorogo, Jember, Tulungagung, Kota Batu, Nganjuk, dan Pacitan. Kejadian gempa bumi tersebut tidak mengakibatkan terjadinya tsunami di pantai selatan Jawa Timur, namun mengakibatkan kerusakan bangunan, gerakan tanah dimensi kecil, dan retakan tanah jenis *lateral spreading*. Guncangan maksimum terjadi di Kabupaten Malang dan Lumajang bagian selatan yang mencapai skala intensitas VI MMI. Kerusakan bangunan diakibatkan oleh beberapa faktor yaitu : bangunan bersifat *non engineering building*, guncangan gempa bumi cukup kuat, terletak pada endapan Kuarter (pelapukan batuan rombakan gunungapi, aluvial pantai dan sungai), dan efek topografi dimana bangunan terletak pada bagian atas punggung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas selesainya tulisan ini kepada Kepala Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi yang telah menugaskan penulis pada kegiatan tanggap darurat bencana gempa bumi di daerah Jawa Timur bagian selatan. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Liswanto atas pengambilan data selama survei lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrahamson, N., Gregor, N., & Addo, K. (2015). BC Hydro ground motion prediction equations for subduction earthquakes. *Earthquake Spectra*, 32(1), pp.23-44.
- Gafoer, S., & 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.
- Indriana, R.D. (2008). Analisis Sudut Kemiringan Lempeng Subduksi di Selatan Jawa Tengah dan Jawa Timur Berdasarkan Anomali Gravitasi dan Implikasi Tektonik Vulkanik. *Buletin Berkala Fisika* ISSN : 1410 – 9662, Vol 11 , No.3, Juli 2008 hal. 89-96.
- Matsuoka, M., Wakamatsu, K., Fujimoto, K., & Midorikawa, S. (2005). *Nation wide Site Amplification Zoning Using GIS Based Japan Engineering Geomorphologic Classification Map*, ICOSAR 2005 Milpress, Rotterdam, ISBN 90 5966 040 4, 239 – 246.
- Pulunggono, & 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.
- Pusat Gempa Nasional (Pusgen). (2017). *Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017*, ISBN 978-602-5489-01-3, Puslitbang Perumahan dan Permukiman, Balitbang Kementerian PUPR.

- Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*, Penerbit Pustaka Pelajar, Celeban Timur UH III/ 548 Yogyakarta, 642 hal.
- Supartoyo, Surono, & Putranto, E.K. (2014). *Katalog Gempa bumi Merusak di Indonesia Tahun 1612 – 2014 (edisi kelima)*, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Bandung.
- Wald, D.J, Quitoriano, V., Heaton, T.H., & Kanamori, H. (1999). Relationships between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Modified Mercalli Intensity in California, *Earthquake Spectra*, Volume 15, No. 3.
- Yeats, R.S., Sieh, K., & Allen, C.R. (1997). *The geology of earthquakes*, Oxford university press: 567 pp.