

Gempa Bumi Merusak Maluku Tengah Tanggal 16 Juni 2021

Destructive Earthquake of Central Maluku on June 16th, 2021

Supartoyo¹, Arianne Pingkan Lewu¹, dan Zeth Sahalessy²

¹Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi

Jln. Diponegoro no. 57 Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia

²Kepala Bidang Kesiapsiagaan BPBD Maluku Tengah, Indonesia

Jln. Buanno no. 5 Kota Masohi, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku, Indonesia

e-mail: supartoyo@gmail.com

Naskah diterima 16 November 2021, selesai direvisi 2 November 2022, dan disetujui 5 Desember 2022

ABSTRAK

Daerah Maluku Tengah merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Maluku yang rawan bencana geologi, khususnya gempa bumi dan tsunami karena terletak dekat sumber gempa bumi dan sumber pembangkit tsunami. Tanggal 16 Juni 2021, pukul 11:43:08 WIB, telah terjadi gempa bumi merusak dengan magnitudo (M6,1) di daerah Tehoru dan mengakibatkan 59 rumah penduduk mengalami kerusakan, gerakan tanah/longsoran, retakan tanah, penurunan tanah dan likuefaksi. Selain itu, terjadi tsunami di Pelabuhan Tehoru dengan tinggi rendaman satu meter. Guncangan terkuat terjadi di daerah Tehoru pada skala intensitas gempa bumi VI MMI (Modified Mercalli Intensity). Analisis morfotektonik dan parameter gempa bumi memperlihatkan bahwa kejadian gempa bumi merusak tersebut diakibatkan oleh sesar aktif di Teluk Taluti dengan mekanisme sesar normal yang berarah timur laut hingga barat daya (NE-SW). Berdasarkan data batimetri sesar normal Teluk Taluti diperkirakan sepanjang 28 km dan mampu menghasilkan gempa bumi hingga magnitudo (M 6,8).

Kata kunci: gempa bumi merusak, sesar normal Teluk Taluti, skala intensitas VI MMI

ABSTRACT

Central Maluku is one of the regencies in Maluku Province which prone to the geological hazard, especially earthquake and tsunami, because it is located near the source of the earthquake and tsunami. On June 16th, 2021, at 11:43:08 local time, there was an earthquake with a magnitude (M6.1) and centered in the Tehoru area resulting in 59 houses damaged, landslides, ground cracks, land subsidence, and liquefaction. In addition, there was a tsunami which hit Tehoru Harbor with a flow depth of one meter. The strongest shaking was experienced in the Tehoru with an intensity of VI MMI (Modified Mercalli Intensity). Morphotectonic analysis and earthquake parameters show that the destructive earthquake was caused by an active fault in Taluti Bay with a normal fault mechanism that is trending northeast to southwest (NE – SW). Based on bathymetric data, the normal fault of Taluti Bay is about 28 km long, and potential to produce earthquakes with magnitude (M 6.8).

Keywords: destructive earthquake, Taluti Bay normal fault, earthquake intensity scale of VI MMI

PENDAHULUAN

Maluku Tengah merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Maluku yang wilayahnya bukan hanya terdapat di bagian selatan Pulau Seram, tetapi juga di Pulau Ambon. Maluku Tengah tergolong rawan bencana gerakan tanah, gempa bumi dan tsunami. Sumber gempa bumi yang

terdapat di daerah ini berupa zona penunjaman yang terletak di Laut Banda dan sesar aktif yang terdapat di darat dan Teluk Taluti. Kejadian gempa bumi berkekuatan kecil yang bersumber dari sesar atau patahan aktif di darat sering mengakibatkan terjadinya bencana karena dekat permukiman dan kedalamannya dangkal.

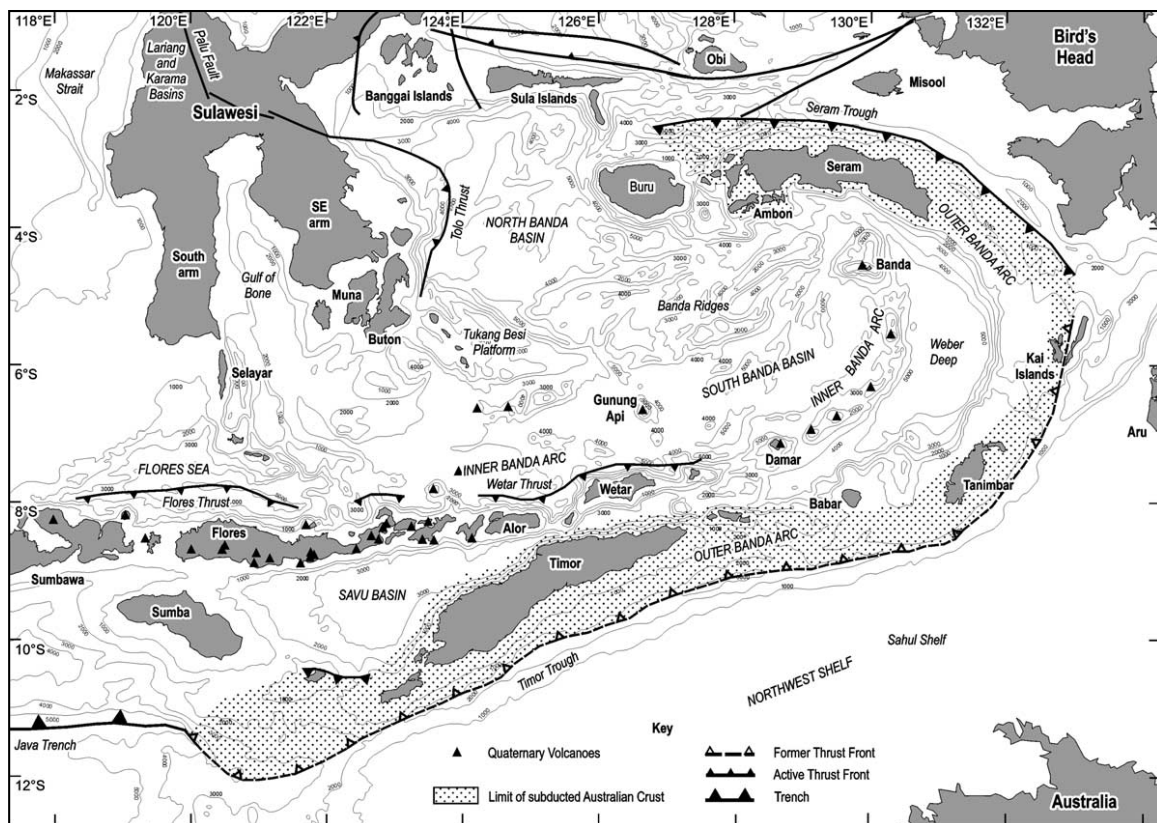
Di Maluku Tengah paling tidak pernah terjadi sembilan kejadian gempa bumi merusak (modifikasi dari Supartoyo drr., 2014). Kejadian gempa bumi merusak terakhir di daerah ini terjadi pada tanggal 16 Juni 2021 pada pukul 11:43:08 WIB. Menurut data BMKG tahun 2021 (<https://www.bmkg.go.id/>) lokasi pusat gempa bumi terletak di Teluk Taluti. Kejadian gempa bumi tersebut mengakibatkan rusaknya sejumlah rumah penduduk dan memicu terjadinya tsunami di Pelabuhan Tehoru. Kejadian gempa bumi ini diakibatkan oleh sesar aktif di Teluk Taluti. Lokasi pusat gempa bumi ini belum tercatat sebagai data dasar sumber gempa bumi Pusat Gempa Nasional atau disingkat Pusgen (2017) yang diperhitungkan untuk menganalisis bahaya gempa bumi. Tulisan ini membahas dampak dari kejadian gempa bumi merusak tanggal 16 Juni 2021 dan menganalisis sumber penyebabnya.

Pengamatan lapangan dilakukan untuk menganalisis dampak kejadian gempa bumi tanggal 16 Juni 2021 dan sumber penyebabnya. Untuk melakukan analisis tersebut digunakan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari survei lapangan sebagai dampak dari kejadian gempa bumi merusak tanggal 16 Juni 2021. Adapun data sekunder yang digunakan adalah parameter kejadian gempa bumi tanggal 16 Juni 2021, peta geologi, sejarah kejadian gempa bumi merusak, dan referensi lainnya yang berkaitan dengan tektonik daerah Maluku Tengah. Analisis dampak kejadian gempa bumi dilakukan dengan menyusun peta skala intensitas atau peta isoseismal berdasarkan pengamatan di lapangan. Analisis sumber penyebab gempa bumi dilakukan dengan menggunakan data parameter kejadian gempa bumi dan analisis morfotektonik berdasarkan data batimetri.

Wilayah Kepulauan Maluku memiliki tatanan tektonik yang sangat kompleks sebagai hasil tumbukan antara Lempeng Samudera Indo-Australia, Lempeng Laut Filipina, Lempeng Pasifik, mikrokontinen, dan busur kepulauan (Hamilton, 1979; Hall, 2002). Menurut Hall dan Wilson (2000), terdapat lima *sutura* akibat interaksi antar lempeng tersebut di Indonesia,

yaitu *sutura* Sulawesi, Maluku, Sorong, Banda dan Kalimantan. Punggungan Mayu yang merupakan sumber gempa bumi terletak pada *sutura* Maluku yang melibatkan tumbukan ganda antara lempeng Laut Maluku dengan busur Halmahera dan lempeng Laut Maluku dengan busur Sangihe (Hall dan Wilson, 2000). Tumbukan tersebut diperkirakan terjadi pada Zaman Neogen sebagai bagian dari kegiatan Orogenesa Talaud (Simandjuntak, 2004). Tumbukan ganda ini mengakibatkan terbentuknya sesar naik di bagian timur Sangihe dan bagian barat Halmahera yang saling berlawanan arah dan merupakan sumber gempa bumi di laut pada wilayah ini. Dampak lainnya adalah lempeng laut Maluku yang berada di tengah menjadi terangkat, terlipat dan tersesarkan serta membentuk punggungan bawah laut yang dikenal dengan nama Punggungan Mayu yang juga merupakan sumber gempa bumi di wilayah ini. Sebagian dari Punggungan Mayu ini muncul di atas permukaan laut dan membentuk pulau-pulau kecil yang sekarang dapat kita saksikan, antara lain: Pulau Talaud, Pulau Mayu, Pulau Tifore dan pulau-pulau kecil lainnya.

Sebelah selatan Kepulauan Maluku terdapat dua pulau besar, yaitu Pulau Buru dan Seram. Kedua pulau merupakan bagian dari busur Banda, terdiri atas busur dalam yang tersusun oleh batuan vulkanik dan busur luar yang tersusun oleh batuan nonvulkanik (Hall, 2002) (Gambar 1). Busur Banda berbentuk kurva melengkung yang mengitari Laut Banda. Bagian timur dari busur Banda terdapat cekungan dengan kedalaman sekitar 7,2 km yang disebut cekungan Weber dan bukan berbentuk suatu palung (Pownal drr., 2016). Pembentukan cekungan Weber masih menjadi perdebatan. Salah satu teori menyatakan bahwa cekungan ini terbentuk akibat tarikan pada cekungan muka (*forearc extension*) yang dipicu oleh proses *roll back* subduksi (Pownal drr., 2016). Cekungan ini membentuk lereng terjal terutama pada bagian timur, sehingga berpotensi terjadinya longsor yang dapat dipicu oleh guncangan gempa bumi kuat. Tentu hal ini berpotensi menjadi penyebab terjadinya tsunami.



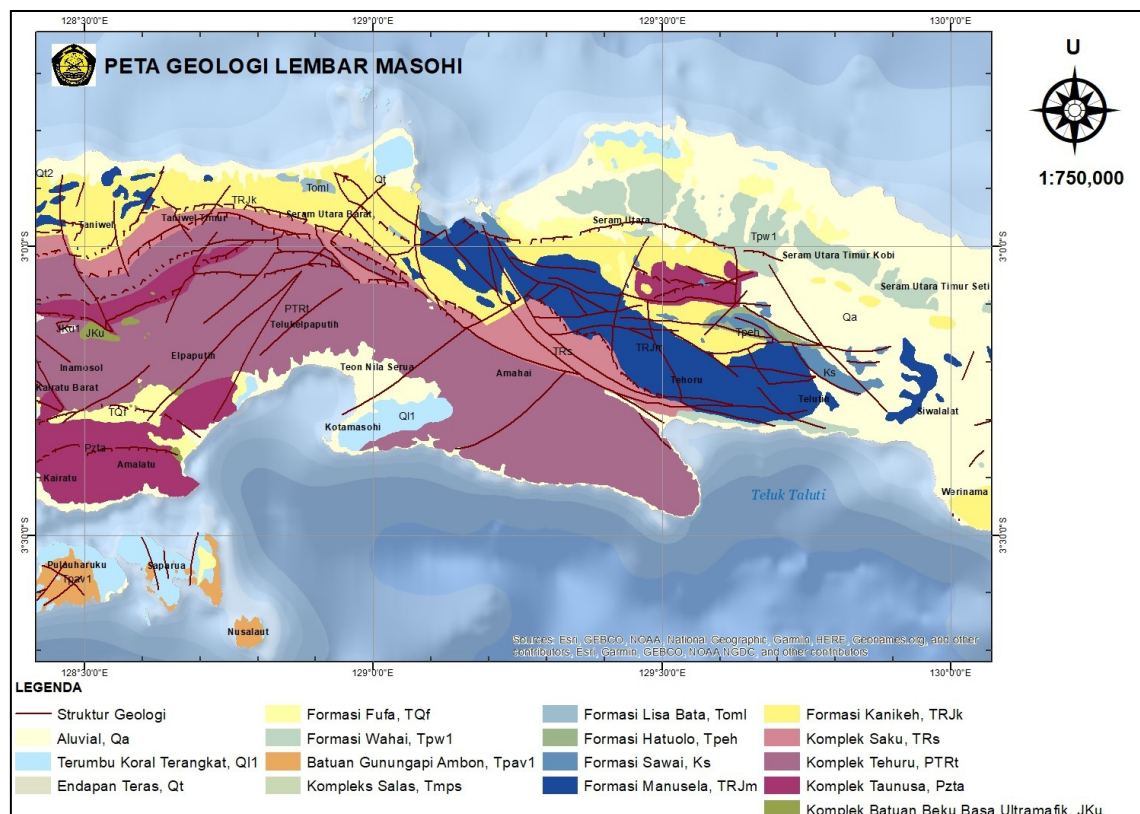
Gambar 1. Peta tektonik daerah Laut Banda dan sekitarnya (Hall, 2002).

Morfologi perbukitan bergelombang yang tersusun oleh batuan berumur Pratersier menempati bagian utara dari morfologi dataran pantai. Pada beberapa tempat kondisinya telah lapuk, sehingga cukup rentan terhadap guncangan gempa bumi. Morfologi perbukitan terjal terdapat pada bagian tengah Pulau Seram yang tersusun oleh batuan berumur Pratersier. Sementara itu, morfologi lembah terdapat di antara morfologi perbukitan bergelombang dan perbukitan terjal. Morfologi lembah sifatnya setempat-setempat dan tersusun oleh endapan Kuartar berupa endapan sungai dan endapan rombakan.

Sebaran satuan batuan daerah penelitian termasuk pada *Peta Geologi Lembar Masohi, Maluku* (Tjokrosapoetro drr., 1993) (Gambar 2). Peta tersebut memperlihatkan urutan formasi batuan dari umur tertua hingga termuda di Teluk Taluti adalah: Kompleks Tehoru (TRT): terdiri atas batuan metamorf fasies sekis hijau yang terdiri atas filit, batusabak, sekis, psamit dan batugamping menjadi marmer atau terpualam-

kan. Umurnya Perm hingga Trias. Kompleks Saku (TRS) terletak di atasnya yang tersusun oleh batuan metamorf (batusabak/slate), batuan metasedimen (arkos malihan), greywake, batugamping dan konglomerat. Umurnya Trias. Pada bagian atasnya diendapkan Formasi Manusela (RJm) terdiri atas batugamping, batugamping berlapis, batugamping oolitan, napal dan rijang. Umurnya adalah Trias. Selanjutnya secara tidak selaras diendapkan Formasi Wahai (TpW) terdiri atas napal, batugamping pasir dan napal tufan. Umurnya Tersier Akhir (Pliosen). Sebagian batuan berumur Pratersier dan Tersier tersebut masih dalam kondisi segar (*fresh*) dan sebagian lagi telah mengalami pelapukan.

Di atasnya secara bidang erosi diendapkan endapan Kuartar berupa endapan pantai dan endapan sungai. Endapan ini berupa material lepas terdiri atas bongkah hingga kerikil, lempung dan lanau. Endapan kuartar ini bersifat lepas, urai, belum kompak sehingga apabila terjadi gempa bumi mudah berubah susunannya serta bersifat



Gambar 2. Peta geologi lembar Masohi, Maluku (Tjokrosoepetro drr., 1993).

memperkuat getaran gempa (mengamplifikasi) sehingga sangat rentan terhadap getaran gempa bumi, demikian juga halnya dengan batuan tersier yang telah lapuk.

Maluku Tengah dan sekitarnya mempunyai struktur geologi berupa sesar yang dijumpai pada batuan berumur Pra-Tersier, Tersier hingga Kuartar. Pola struktur geologi tersebut searah dengan Pulau Seram. Sesar utama di daerah ini adalah Sesar Kawa dan Bobot (Watkinson dan Hall., 2017; Patria drr., 2021). Sesar Kawa merupakan sesar mendatar yang terdapat pada bagian tengah Pulau Seram, sedangkan Sesar Bobot juga merupakan sesar mendatar yang terdapat pada bagian tenggara Pulau Seram. Selain itu, ada Sesar Masiwang yang merupakan sesar normal yang terletak di sebelah utara sesar Bobot. Ketiga sesar tersebut tergolong sebagai sesar aktif (Patria drr., 2021).

Sebaran kegempaan wilayah Kabupaten Maluku Tengah pada umumnya terletak di Laut Banda dengan kedalaman menengah dan dalam yang

berasosiasi dengan zona penunjaman, sebagian lagi terletak di darat dan di laut dengan kedalaman dangkal yang berasosiasi dengan sesar aktif. Gempa bumi di darat bersumber dari pergerakan sesar aktif umumnya bersifat merusak, meskipun magnitudonya kecil tetapi memiliki kedalaman dangkal. Beberapa sesar aktif yang terdapat di Pulau Seram adalah Sesar Kawa, Bobor, dan Masiwang (Patria drr., 2021).

Sejarah kejadian gempa bumi merusak di daerah Kabupaten Maluku Tengah paling tidak tercatat sebanyak sepuluh kejadian, yaitu tahun 1674, 1837, 1876, 1899, 1932, 2005, 2006, 2020 dan 2021 sebanyak dua kejadian (Supartoyo drr., 2014) (Tabel 1). Empat kejadian di antaranya mengakibatkan terjadinya tsunami yaitu tahun 1674, 1899, 2006, dan 2021. Kejadian tsunami tahun 1899 sangat dahsyat dan masyarakat mengenalnya sebagai Bahaya Seram. Salah satu bukti kejadian dahsyat tersebut adalah ditemukannya bongkah batugamping fragmental yang berjarak sekitar 650 m dari garis pantai di

Tabel 1. Data sejarah kejadian gempa bumi merusak daerah Kabupaten Maluku Tengah (modifikasi dari Supartoyo drr., 2014).

NO	NAMA GEMPA	TANGGAL	PUSAT GEMPA	KDLM (KM)	MAG	SKALA MMI	KERUSAKAN
1	Seram (<i>Tsunami</i>)	1674	-	-	-	VII	Tsunami melanda Pulau Seram.
2	Maluku, Saparua, Haruk	21/01/1837	-	-	-	VII-VII	Terjadi kerusakan bangunan di Saparua, Haruku & Pulau Nusa laut.
3	Kajeli – Seram	28/05/1876	-	-	-	VII	Beberapa rumah rusak & masjid roboh.
4	Seram (<i>Tsunami</i>)	30/9/1899	-	-	-	VII	Tsunami dahsyat melanda Seram selatan.
5	Seram	9/09/1932	3,5° LS & 128,3° BT	-	-	VII	Bangunan roboh di Wae dan Tolehu. Terjadi nendatan dan longsoran.
6	Pulau Seram	3/11/2005 07:24:47 WIT	3,083°LS & 128,939° BT	6,4	5,9 Mw	V	20 rumah penduduk rusak di desa Sawai.
7	Pulau Seram (<i>Tsunami</i>)	28/01/2006 01:58:48 WIT	5,448° LS & 128,099° BT	341,5	7,4 Mw	V	25 rumah rusak, 12 rumpon rusak. Gerakan tanah di pantai kec. Tehoru & Elpaputy.
8	Seram Utara	01:58:48 WIT	2,85°LS 129,91° BT	11	5,6 M	V	1 pabrik dan 21 rumah warga rusak di Kobisonta, Kec. Seram Utara, Kab. Maluku Tengah.
9	Tehoru (<i>Tsunami</i>)	16/6/2021 11:43:08 WIB	3,39°LS 129,56° BT	10	6,1 Mw	VI	59 rumah penduduk rusak, retakan tanah, penurunan tanah, likuefaksi, tsunami dengan FD*) 1 m.
10	Seram Utara	11/4/2021 09:42:00 WIB	129,34° BT 2,81° LS	10	5,9 Mw	V	17 bangunan rusak ringan-sedang di Desa Sawai, Kec. Seram Utara, Kab. Maluku Tengah.

*) FD : *Flow Depth* merupakan tinggi rendaman tsunami di darat

Negeri Yaputih, Kecamatan Tehoru, Kabupaten Maluku Tengah (Gambar 3).

Kejadian tsunami tahun 2006 dan 2021 dipicu oleh longsor di pantai yang materialnya masuk ke laut akibat guncangan gempa bumi kuat. Kejadian tsunami dari Laut Banda yang berpotensi hingga mencapai Pulau Seram umumnya bukan diakibatkan oleh penunjaman Banda busur luar, tetapi lebih karena longsoran yang dipicu oleh guncangan gempa bumi kuat (Cummins drr.,



Gambar 3. Bongkah batugamping fragmental yang merupakan bukti tsunami dahsyat di Pulau Seram (diperkirakan tsunami tahun 1899) di Negeri Yaputih, Kecamatan Tehoru, Kabupaten Maluku Tengah.

2020). Data kejadian gempa bumi merusak daerah Maluku Tengah ditampilkan pada Tabel 1.

Kejadian gempa bumi pada hari Rabu tanggal 16 Juni 2021 pukul 11:43:08 WIB bersifat merusak. Menurut data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), lokasi pusat gempa bumi terletak di laut pada koordinat 3,39°LS dan 129,56°BT dengan magnitudo (M 6,1) pada kedalaman 10 km dan berjarak sekitar 67,5 km timur tenggara Masohi (ibu kota Kabupaten Maluku Tengah), Provinsi Maluku (<https://www.bmkg.go.id/>). Berdasarkan data *The United States Geological Survey* (USGS) Amerika Serikat, lokasi pusat gempa bumi terletak di laut pada koordinat 129,503° BT dan 3,593° LU, dengan magnitudo (M 5,8) pada kedalaman 10,6 km (<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map>).

Menurut informasi *GeoForschungsZentrum* (GFZ), Jerman, lokasi pusat gempa bumi terletak di laut pada koordinat 129,61° BT dan 3,50° LS, dengan magnitudo (M 5,9) pada kedalaman 10 km (<http://geofon.gfz-potsdam.de/eqinfo/list.php>). Tabel 2 menampilkan parameter kejadian

Tabel 2. Parameter kejadian gempa bumi tanggal 16 Juni 2021

No	Tgl Kejadian	Pukul (WIB)	Episenter	Magnitudo	Kedalaman (Km)	Sumber
1.	16-6-2021	11:43:08	129,56° BT dan 3,39° LS	6,1	10	BMKG
2.	16-6-2021	11:43:07	129,503° BT dan 3,593° LU	5,8	10,6	USGS
3.	16-6-2021	11:43:07,8	129,61° BT dan 3,50° LS	5,9	10	GFZ

gempa bumi tanggal 16 Juni 2021 bersumber dari BMKG, USGS dan GFZ.

Kejadian gempa bumi utama tanggal 16 Juni 2021 diikuti oleh serangkaian kejadian gempa bumi susulan. Menurut data BMKG, hingga tanggal 18 Juni 2021 terjadi 25 kali gempa bumi susulan dengan magnitudo berkisar antara (M 1,9) hingga (M 3,8). Penduduk setempat merasakan beberapa kejadian gempa bumi susulan tersebut sekaligus mengakibatkan keresahan penduduk setempat. Jumlah dan kekuatan gempa bumi susulan terus menurun, hal ini mengindikasikan bahwa blok batuan yang telah terpatahkan, terdeformasi dan mengakibatkan terjadinya gempa bumi sedang menuju proses keseimbangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kejadian gempa bumi tanggal 16 Juni 2021 mengakibatkan bencana di daerah Kecamatan Tehoru (yaitu: Negeri Tehoru, Dusun Mahu, Negeri Saunulu, Negeri Haya, Negeri Yaputih, Negeri Mosso), Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. Data BPBD Kabupaten Maluku Tengah dan hasil pemeriksaan lapangan memperlihatkan bahwa sebanyak 59 rumah penduduk mengalami kerusakan. Negeri-negeri di Kecamatan Tehoru tersebut terjadi kerusakan bangunan pada permukiman penduduk dan bangunan peribadatan. Kerusakan tersebut tergolong sedang hingga ringan berupa: robohnya pagar, retakan pagar, robohnya sebagian dinding, retakan dinding, mengelupasnya plester, retakan lantai (Gambar 4). Kejadian gempa bumi ini tidak mengakibatkan terjadinya sesar permukaan (*surface rupture*), tetapi diikuti oleh bahaya ikutan yaitu likuefaksi di Negeri Saunulu, retakan tanah di Dusun Mahu dan Negeri Saunulu dan penurunan tanah di Negeri Saunulu.



Gambar 4. Kerusakan rumah penduduk dan retakan lantai di Negeri Saunulu akibat gempa bumi tanggal 16 Juni 2021.

Penurunan tanah terjadi pada jalan raya di Negeri Saunulu, tidak mengakibatkan kerusakan jalan tetapi mengakibatkan retakan saluran air di samping jalan tersebut. Retakan tanah utama yang teramati di Dusun Mahu dan Negeri Saunulu memperlihatkan arah yang sejajar garis pantai dan berbentuk relatif melengkung ke arah pantai. Sebagian besar rumah penduduk di pantai terletak pada lokasi retakan tanah. Retakan tanah ini merupakan ciri gerakan tanah (Gambar 5), di mana gawir utama telah runtuh ke laut dan yang terlihat adalah retakan tanah pada bagian atas dari gerakan tanah atau mahkota gerakan tanah (Gambar 6). Beberapa retakan tanah di Negeri Saunulu memperlihatkan arah tegak lurus pantai dalam dimensi kecil. Hal ini diperkirakan tidak terkait dengan gerakan tanah. Likuefaksi teramati di Negeri Saunulu yang dicirikan oleh sumur yang terisi pasir dengan tipe nonaliran.

Selain itu, berdasarkan informasi dari penduduk setempat sempat terjadi tsunami di daerah Pelabuhan Tehoru dengan tinggi rendaman di darat sekitar satu meter. Guncangan gempa bumi maksimum terjadi di Kecamatan Tehoru, Kabupaten Maluku Tengah yang mencapai skala intensitas VI MMI (*Modified Mercalli Intensity*) (Gambar 7). Hal ini dicirikan oleh semua orang



Gambar 5. Retakan tanah searah garis pantai dan berbentuk melingkar/melengkung dengan gawir setinggi 60 cm di Dusun Mahu, Negeri Tehoru, akibat gempa bumi tanggal 14 Juni 2021.

yang merasakannya lalu lari ke luar rumah/ bangunan karena terkejut, benda-benda di atas meja dan Gambar-Gambar di dinding terjatuh, mebel-mebel bergerak atau berputar, robohnya dinding bangunan, retakan dinding, terjadi retakan tanah dan likuefaksi.

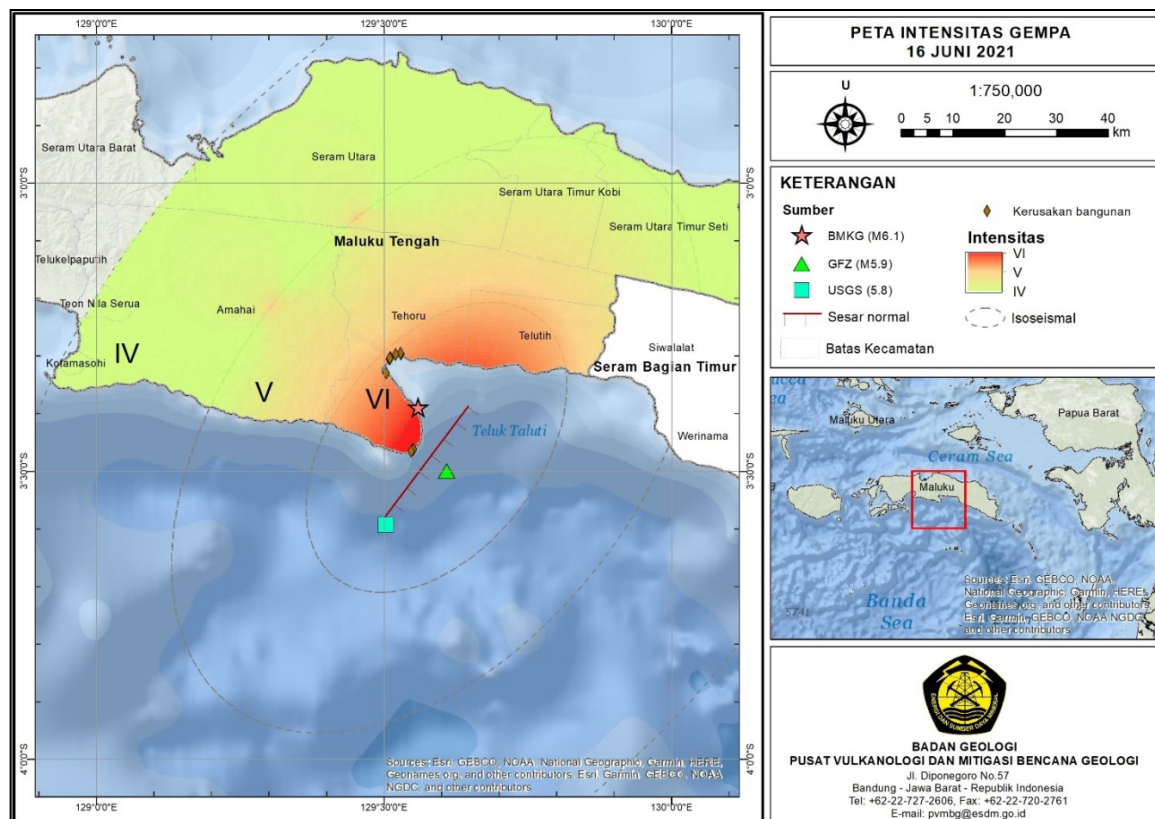
Pengukuran mikrotremor menggunakan peralatan seismograf portabel memperlihatkan bahwa di daerah bencana yaitu Dusun Mahu,

Negeri Yaputih, Negeri Haya, nilai frekuensi tanah berkisar 2,072 Hertz hingga 2,389 Hertz, nilai Vs30 berkisar 248,64 m/det hingga 286,68 m/det, serta termasuk pada tanah sedang (Kelas tanah D). Adapun di Negeri Tehoru dan Saunulu nilai frekuensi kurang dari 1 Hertz dan diperkirakan tersusun oleh tanah lunak (Kelas tanah E). Kondisi tanah ini diperkirakan mengalami penguatan gelombang seismik dan mengakibatkan terjadinya kerusakan. Selain itu, kondisi bangunan umumnya bersifat bangunan tidak tahan guncangan gempa bumi. Pengamatan lapangan memperlihatkan bahwa pada lokasi tersebut tersusun oleh endapan aluvial pantai dan tanah pelapukan dari batuan metamorf, sehingga mengakibatkan terbentuknya tanah lunak, tersusun oleh pasir bersifat lepas, cukup jenuh air, dengan kedalaman muka air tanah kurang dari 10 m. Hal ini mengakibatkan daerah ini berpotensi terlanda likuefaksi seperti yang teramati di Negeri Saunulu (berupa likuefaksi tipe nonaliran).



Gambar 6. Lokasi retakan tanah di Negeri Saunulu (gambar kiri) dan Dusun Mahu (gambar kanan) sebagai bahaya ikutan kejadian gempa bumi tanggal 16 Juni 2021. Peta dasar diambil dari *google earth*.

Gempa Bumi Merusak Maluku Tengah Tanggal 16 Juni 2021



Gambar 7. Peta Intensitas kejadian gempa bumi tanggal 16 Juni 2021.

Daerah-daerah yang mengalami kerusakan terletak di Kecamatan Tehoru. Menurut *Peta Kawasan Rawan Bencana Gempa Bumi* (KRBG) daerah Kabupaten Maluku Tengah yang diterbitkan oleh Badan Geologi tahun 2019, lokasi kerusakan bangunan terletak pada KRBG menengah yang artinya kawasan yang berpotensi terlanda guncangan gempa bumi pada skala intensitas VI hingga VII MMI.

Analisis morfotektonik dapat digunakan untuk mengidentifikasi lokasi sumber gempa bumi berupa sesar aktif (Keller dan Pinter, 1996; 2002). Sementara analisis penyebab tsunami dilakukan berdasarkan data pengamatan lapangan.

Berdasarkan lokasi, kedalaman pusat gempa bumi, dan data mekanisme sumber (*focal mechanism*) dari USGS Amerika Serikat dan GFZ Jerman, kejadian gempa bumi tersebut diakibatkan oleh aktivitas sesar aktif berupa sesar normal berarah timur laut-barat daya yang terletak di tenggara Teluk Taluti, Kabupaten Ma-

luku Tengah. Kedudukan sesar normal tersebut berdasarkan data USGS Amerika Serikat adalah: strike N 27° E, dip : 34°, dan rake: -98°. Selama ini sesar normal tersebut belum teridentifikasi sebagai sumber gempa bumi.

Berdasarkan data batimetri dari Badan Geologi (Budiono drr., 2003) terlihat adanya kelurusan pada zona sesar normal tersebut yang berarah timur laut-barat daya. Panjang sesar normal tersebut diperkirakan sekitar 28 km. Dengan menggunakan metode dari Wells dan Coppersmith (1994), sesar normal ini diperkirakan mampu menghasilkan gempa bumi hingga magnitudo (M 6,8). Nilai magnitudo maksimum ini dapat disebut sebagai nilai *Maximum Credible Earthquake* (MCE) (Kramer, 1996). Sementara kejadian gempa bumi merusak tanggal 16 Juni 2021 dengan magnitudo (M 6,1) dapat disebut sebagai *Maximum Probable Earthquake* (MPE) (Kramer, 1996). Nilai laju geser (*slip rate*) sulit ditentukan untuk sesar normal ini. Penulis memperkirakan nilai laju geser sesar ini sekitar 1

mm/tahun. Nilai laju geser ini tergolong sedang (Slemmons dan Depolo, 1986 dalam Keller dan Pinter, 1996 dan 2002). Untuk mengetahui lokasi dan jalur sesar Teluk Taluti ini perlu dilakukan penyelidikan dengan didukung oleh data batimetri rinci, morfotektonik dan kegempaan.

Berdasarkan pengamatan di lapangan terlihat pola retakan tanah di sepanjang pantai yaitu membentuk pola melengkung dan mengarah ke pantai yang merupakan ciri dari pola gerakan tanah. Gerakan tanah yang terjadi gawir utama terletak pada garis pantai dan zona deplesinya sudah runtuh ke laut. Adapun posisi mahkota gerakan tanah berada pada garis pantai. Ada dua video yang direkam oleh penduduk di Negeri Saunulu untuk kejadian gerakan tanah di pantai Saunulu dan video dari BPBD Kabupaten Maluku Tengah untuk kejadian gerakan tanah di Dusun Mahu, Negeri Tohuru. Berdasarkan data tersebut ada dua lokasi gerakan tanah yang materialnya masuk ke laut yaitu di Dusun Mahu dan Negeri Saunulu.

Video pertama memperlihatkan terjadinya gerakan tanah di Negeri Saunulu dan posisi gawir utama terletak di garis pantai dan materialnya meluncur ke laut (Gambar 8). Berdasarkan pengukuran di lapangan dan kenampakan video, panjang gerakan tanah di pantai Saunulu diperkirakan sekitar 170 m, lebar diperkirakan antara 5 hingga 10 m, dan tingginya diperkirakan berkisar 5 hingga 7 m. Video kedua memperlihatkan dampak gerakan tanah di Dusun Mahu dan posisi gawir utama terletak di garis pantai dan materialnya telah meluncur ke laut (Gambar 9). Berdasarkan pengukuran di lapangan dan kenampakan video tersebut, panjang gerakan tanah di pantai Mahu diperkirakan sekitar 350 m, lebar diperkirakan 10 m, dan tingginya dari kenampakan pohon kelapa diperkirakan sekitar 10 m. Dua lokasi gerakan tanah ini yang diperkirakan memicu terjadinya tsunami yang melanda Pelabuhan Tehoru dengan tinggi rendaman (*flow depth*) sekitar 1 m.



Gambar 8. Gerakan tanah di pantai Negeri Saunulu beberapa saat setelah terjadinya gempa bumi (diambil dari cuplikan video).



Gambar 9. Jejak terjadinya gerakan tanah setinggi pohon kelapa di pantai Dusun Mahu, Negeri Tehoru beberapa saat setelah terjadinya gempa bumi (diambil dari cuplikan video).

KESIMPULAN

Kejadian gempa bumi tanggal 16 Juni 2021 mengakibatkan bencana di Kecamatan Tehoru, Kabupaten Maluku Tengah, berupa 59 bangunan mengalami kerusakan, diikuti oleh bahaya ikutan berupa likuefaksi di Negeri Saunulu, retakan tanah di Dusun Mahu dan Negeri Saunulu, serta penurunan tanah di Negeri Saunulu. Retakan tanah di Dusun Mahu dan Negeri Saunulu terdapat di pantai, searah garis pantai, berbentuk melingkar ke arah laut merupakan ciri terjadinya gerakan tanah. Ada dua lokasi terjadinya gerakan tanah yang materialnya masuk ke laut dan mengakibatkan terjadinya tsunami dengan tinggi genangan 1 meter di Pelabuhan Tehoru.

Guncangan gempa bumi maksimum terjadi di Kecamatan Tehoru pada skala VI MMI. Kerusakan bangunan yang terjadi diakibatkan oleh beberapa faktor, yaitu jarak yang dekat dengan sumber gempa bumi, bangunan yang dirancang tidak tahan guncangan gempa bumi (*non-en-*

gineered), terletak pada zona gerakan tanah dan kondisi karakteristik tanah setempat yang merupakan tanah lunak. Berdasarkan analisis morfotektonik dan dampak dari guncangan gempa bumi, maka kejadian gempa bumi tersebut diperkirakan akibat aktivitas sesar Teluk Taluti yang berarah relatif timur laut-barat daya (NE-SW). Panjang sesar Teluk Taluti diperkirakan sekitar 28 km, sehingga nilai MCE adalah (M 6,8), dan nilai MPE adalah (M 6,1).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi/PVMBG) yang telah menugaskan penulis pada kegiatan penyelidikan pascabencana gempa bumi di daerah Kabupaten Maluku Tengah. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala BPBD Kabupaten Maluku Tengah yang membantu menyediakan data dampak kejadian gempa bumi tanggal 16 Juni 2021.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Tudi Untoro dan Sisinguru Latupono, S.Sos., atas pengambilan data selama kegiatan survei di lapangan. Ucapan terima kasih disampaikan juga kepada para *reviewer*.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiono, K., Suprpto, T.A., Kristanto, N.A., Raharjo, P., dan Noviadi, Y., 2003, *Peta Wilayah Rawan Bencana Tsunami Indonesia, skala 1 : 5.000.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Cummins, P.R., Pranantyo, I.R., Pownall, J.M., Griffin, J.D., Meilano, I., and Zhao, S., 2020, Earthquakes and tsunamis caused by low-angle normal faulting in the Banda Sea, Indonesia, *Nature Geoscience*, <https://doi.org/10.1038/s41561-020-0545-x>.
- 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), h.353-431. [https://doi.org/10.1016/S1367-9120\(01\)00069-4](https://doi.org/10.1016/S1367-9120(01)00069-4)
- Hamilton, W., 1979, Tectonics of the Indonesia Region, United States Government Printing Office, Washington: 344pp. <https://doi.org/10.3133/pp1078>
- <https://www.bmkg.go.id/>, 2021, Gempa Bumi Dirasakan, diakses/diunduh pada tanggal 16 Juni 2021.
- <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map>, 2021, M 5.8, 77,7 km SE of Central Molucca, Indonesia, diakses/ diunduh pada tanggal 16 Juni 2021.
- <http://geofon.gfz-potsdam.de/eqinfo/list.php>, 2021, List of current GEOFON alerts, diakses/ diunduh pada tanggal 16 Juni 2021.
- Keller, E.A. and Pinter, N., 1996. Active Tectonic Earthquake, Uplift and Landscape, Prentice hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458: 338pp.
- Keller, E.A. and Pinter, N., 2002. Active Tectonic Earthquake, Uplift and Landscape (second edition), Prentice hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458: 362 pp.
- Kramer, S.L., 1996, Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 07458, p. 653. [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjtl aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1417545](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjtl aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1417545)
- Patria, A., Hiroyuki Tsutsumi, Danny Hilman Natawidjaja, 2021, Active fault mapping in the onshore northern Banda Arc, Indonesia : Implications for active tectonics and seismic potential, *Journal of Asian Earth Sciences* 218 (2021) 104881, journal homepage: www.elsevier.com/locate/jseaes, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2021.104881>
- Pownall, J.M., Hall, R., and Lister, G.S., 2016, Rolling open Earth's deepest forearc basin, Publisher: GSA, Journal: GEOL: Geology, DOI:10.1130/G38051.1.
- 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. <https://pdfcoffee.com/final-buku-pusgen-27-sept-2017-pdf-free.html>
- Simandjuntak, T.O., 2004, Tektonika, Publikasi khusus, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, ISSN 0852-873X, 216 hal. <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=937432>
- SNI, 2002, Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan Permukiman dan Prasarana Wilayah, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. <https://depobeta.com/standar-perencanaan-ketahanan-gempa-untuk-struktur-bangunan-gedung.html>
- Supartoyo, Surono, dan Putranto E.T., 2014, Katalog Gempa bumi Merusak di Indonesia Tahun 1612 - 2014 (Edisi Kelima), Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Bandung. <https://vsi.esdm>

- go.id/index.php/gempabumi-a-tsunami/publikasi-mitigasi-gempabumi/2710-buku
- Tjokrosapoetro, S., Achdan, A., Suwitodirdjo, K., Rusmana, E., dan Abidin, H.Z., 1993, Peta geologi lembar Masohi, Maluku, skala 1 : 250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Watkinson, I.M., and Hall, R., 2017. Fault systems of the eastern Indonesian triple junction: evaluation of Quaternary activity and implications for seismic hazards. *In*: Cummins, P.R., Meilano, I. (Eds.), *Geohazards in Indonesia: Earth Science for Disaster Risk Reduction*. Geological Society of London, London, p.71-120. <https://doi.org/10.1144/SP441.8>.
- Wells, D.L., dan Coppersmith, K.J., 1994. New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area and Surface Displacement, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84, p.974-1002. [https://www.scrip.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1769051](https://www.scrip.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1769051)