

Analisis Pentingnya Gempa Bumi sebagai Faktor Pemicu Kejadian Gerakan Tanah di Lampung Barat

The Importance of Earthquake Analysis as a Causing Factor for Land Movement

Satrio Muhammad Alif, Annisa Nurul Hidayah, Adam Irwansyah Fauzi, dan Redho Surya Perdana

Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sumatera
Jalan Terusan Ryacudu, Way Hui, Jati Agung, Lampung Selatan 35365 Indonesia

e-mail: satrio.muhammad@gt.itera.ac.id

naskah diterima 19 Januari 2021, selesai direvisi 19 November 2021, dan disetujui 22 November 2021

ABSTRAK

Gempa bumi merupakan faktor pemicu utama pada kejadian gerakan tanah dan kaitannya dapat diteliti di lokasi dengan intensitas baik gempa bumi dan gerakan tanah yang tinggi seperti di Lampung Barat. Tidak hanya gempa bumi dengan kekuatan besar yang dapat mengakibatkan gerakan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kaitan antara kejadian gerakan tanah dan gempa bumi di Lampung Barat dengan menggunakan data kemiringan lereng, curah hujan, jenis batuan, dan tutupan lahan. Data yang digunakan bersumber dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Lampung, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Informasi Geospasial, dan citra Landsat 8. Setiap titik kejadian gerakan tanah yang telah terjadi dari 2015 hingga 2019 dilakukan skoring, pembobotan, dan klasifikasi dari empat parameter untuk menentukan potensi bencana gerakan tanah. Hal ini dilakukan untuk melihat kesesuaian kejadian gerakan tanah yang sudah terjadi di suatu wilayah dengan potensi bencana gerakan tanah di wilayah tersebut. Kejadian gerakan tanah yang terjadi di wilayah dengan kelas rendah dikaitkan dengan keberadaan gempa bumi sebelum setiap kejadian gerakan tanah. Terdapat 24% dari gerakan tanah di Lampung Barat terjadi setelah gempa bumi. Dua kejadian gerakan tanah terjadi setelah gempa bumi dengan magnitudo di atas 6. Gempa bumi dengan magnitudo di atas 4 dapat memicu gerakan tanah terutama di wilayah dengan radius 50 km dari sesar. Gempa bumi sebaiknya digunakan dalam penentuan wilayah yang berpotensi terjadi gerakan tanah untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat ketika telah terjadi gempa bumi.

Kata kunci: bencana, curah hujan, gempa bumi, gerakan tanah, skoring

ABSTRACT

Earthquakes are a major factor for the occurrence of ground motion and its relation can be investigated in locations with high intensity of both earthquakes and ground movements such as in West Lampung. It is not only earthquakes of great strength that can cause ground motion. This study aims to analyze the relationship between ground motion and earthquakes in West Lampung using slope data, rainfall, rock types, and land cover. The data used were obtained from the Lampung Provincial Disaster Management Agency, Meteorology Climatology and Geophysics Agency, Center for Volcanology and Geological Hazard Mitigation, Geospatial Information Agency, and Landsat 8 imagery. weighting, and classification of the four parameters to determine the potential for landslides to occur. This is done to see the suitability of ground motion events that have occurred in an area with the potential for landslide disasters in that area. Earth movement events that occur in low-class areas are associated with the presence of an earthquake before each ground motion event. There are 24% of the ground motion in West Lampung occurred after the earthquake. Two ground motion events occur after an earthquake with a magnitude above 6. An earthquake with a magnitude above 4 can trigger ground motion, especially in areas with a radius of 50 km from the fault. Earthquakes should be used in determining areas that have the potential for landslides to occur to increase community preparedness when an earthquake has occurred.

Keywords: disaster, rainfall, earthquake, landslide, scoring

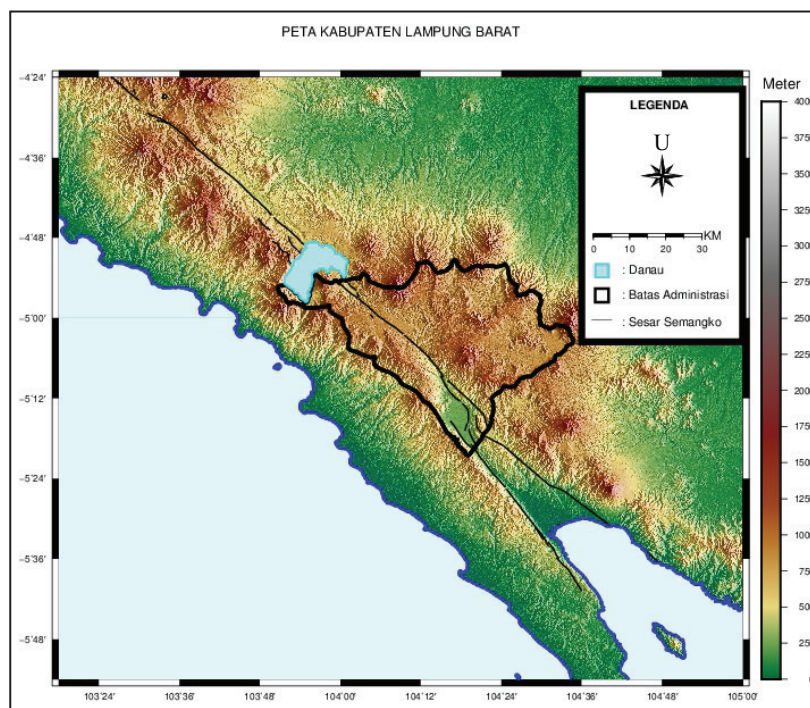
PENDAHULUAN

Pesisir barat pulau Sumatra merupakan pantai yang berbatasan dengan pegunungan dan sering terjadi gempa bumi (Alif drr., 2021). Aktivitas seismik tersebut diakibatkan karena interaksi lempeng Indo-Australia ke bawah lempeng Eurasia (McCaffrey, 2009) dan sesar Sumatra (Natawidjaja, 2018). Salah satu wilayah di pesisir barat pulau Sumatra yang merupakan daerah pegunungan dan dijadikan lokasi penelitian ini adalah wilayah Lampung Barat di Provinsi Lampung (Gambar 1). Lampung Barat memiliki luas 3368 km² dengan ketinggian bervariasi dari 225 meter hingga 2175 meter. Lampung Barat didominasi daerah pegunungan yang merupakan perbukitan Bukit Barisan, terdapat sesar Sumatra, dan berjarak ~400 km dari batas lempeng Indo-Australia dan Eurasia. Terdapat 569 gempa bumi dengan magnitudo lebih besar dari 4 dengan radius 400 km dari Lampung Barat (USGS, 2020a) dan terdapat 29 kejadian gerakan tanah di Lampung Barat dari awal 2015 hingga akhir 2019 (BPBD, 2019). Bencana gerakan tanah yang sering terjadi di daerah pegunungan dapat mengakibatkan aktivitas sosial terganggu, hi-

langnya tempat tinggal, kekacauan komunitas, korban luka-luka dan meninggal dunia, sakit, dan hancurnya hutan yang melindungi daratan (BNPB, 2020).

Curah hujan merupakan salah satu parameter pemicu kejadian gerakan tanah. Parameter pengontrol kejadian gerakan tanah yaitu kemiringan lereng pada pegunungan, jenis batuan, dan tutupan lahan. Keempat parameter tersebut umum digunakan dalam penentuan kelas potensi gerakan tanah (Suriadi dan Hartini, 2014; Rahman, 2010; Prasindya drr., 2020) karena cukup mudah untuk dikuantifikasikan dan dikaitkan berbeda halnya dengan gempa bumi. Penggunaan keempat parameter tersebut memungkinkan menghasilkan wilayah dengan kelas rendah untuk berpotensi terjadi gerakan tanah tetapi terjadi gerakan tanah. Kejadian gerakan tanah di wilayah tersebut dapat disebabkan oleh gempa bumi dan faktor lain pemicu kejadian gerakan tanah.

Gempa bumi yang merupakan faktor pemicu kejadian gerakan tanah terjadi pada beberapa wilayah. Kejadian gerakan tanah sebanyak 3700

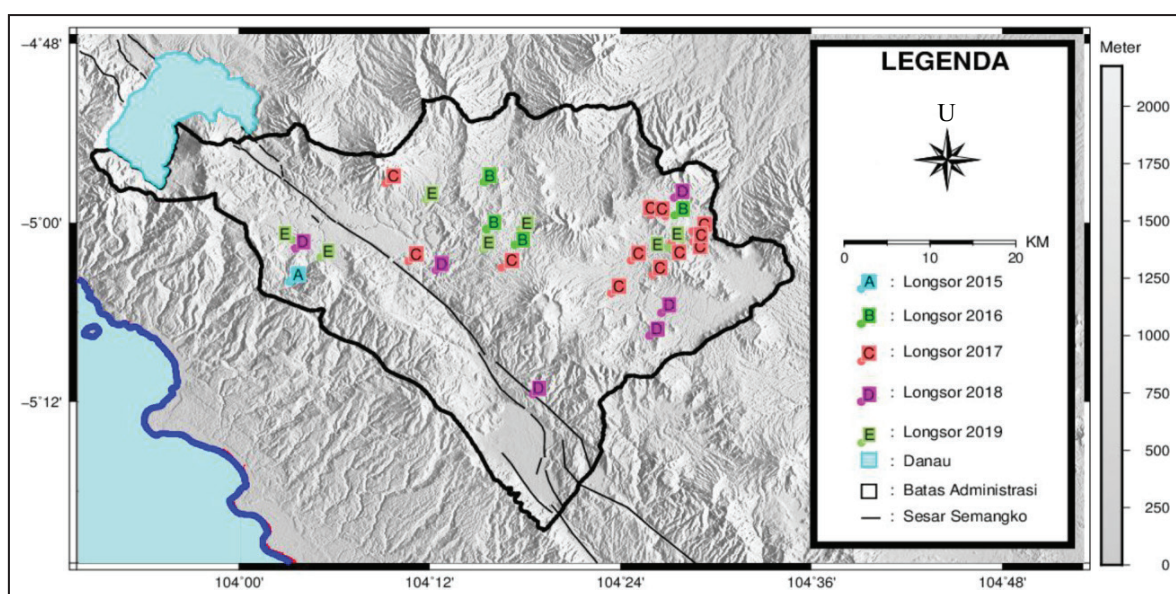


Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian.

titik di China pada bagian barat Sesar Haiyuan pada tahun 1920 disebabkan gempa bumi Haiyuan dengan kekuatan 8.5 magnitudo (Xu dr., 2020). Kejadian gerakan tanah di Polandia juga disebabkan oleh gempa bumi di zona seismoaktif dengan kekuatan 4.4 magnitudo (Wistuba dr., 2018). Hal ini menunjukkan tidak hanya gempa bumi dengan kekuatan besar yang dapat mempengaruhi kestabilan tanah, tetapi gempa bumi dengan magnitudo di atas 4 dapat menyebabkan gerakan tanah. Salah satu gempa dalam 3 tahun terakhir yang mengakibatkan gerakan tanah yaitu gempa bumi Hokkaido dengan magnitudo 6,7 yang menyebabkan kejadian gerakan tanah sebanyak 6000 titik (Yamagishi dan Yamazaki, 2018). Hal ini menunjukkan perlu dilakukan penelitian terkait kontribusi gempa bumi dalam penentuan wilayah potensi terjadi gerakan tanah terutama di wilayah pegunungan dengan banyak kejadian gempa bumi. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis kaitan antara kejadian gerakan tanah dan gempa bumi di Lampung Barat terutama pada lokasi dengan kelas potensi rendah dengan menggunakan data kemiringan lereng, curah hujan, jenis batuan, dan tutupan lahan untuk meningkatkan kesiapan masyarakat terhadap kejadian gerakan tanah setelah terjadinya gempa bumi.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kejadian gerakan tanah dari tahun 2015 hingga 2019 dan data kemiringan lereng, tutupan lahan, curah hujan, dan jenis batuan serta data kejadian gerakan tanah di Lampung Barat. Data kejadian gerakan tanah diperoleh dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Lampung dan Badan Penanggulangan Bencana Kabupaten Lampung Barat berupa informasi koordinat, waktu, hingga dampak dari gerakan tanah. Lokasi kejadian gerakan tanah setiap tahunnya dari tahun 2015 hingga tahun 2019 ditampilkan pada Gambar 2. Data kejadian gerakan tanah yang digunakan adalah data yang memberikan dampak berarti seperti mengakibatkan kerusakan rumah atau menutupi jalan. Data curah hujan diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG, 2020) berupa informasi curah hujan bulanan yang berubah setiap bulan di pos pengamatan curah hujan di Balik Bukit, Sukau, Sumber Jaya, dan Way Tenong di Lampung Barat. Data curah hujan di setiap titik kejadian gerakan tanah dilakukan interpolasi menggunakan metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) (Lu dan Wong, 2008) dari empat pos pengamatan tersebut. Data jenis batuan diperoleh dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi



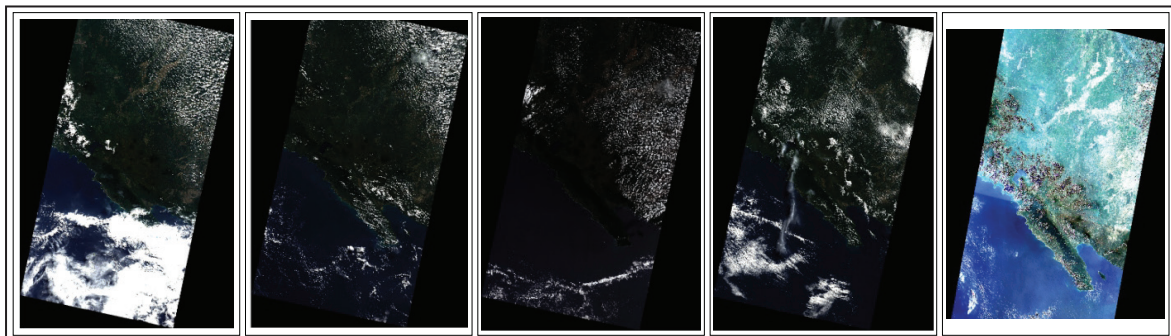
Gambar 2. Titik kejadian gerakan tanah di Lampung Barat dari tahun 2015 hingga tahun 2019.

Bencana Geologi (PVMBG) berupa informasi jenis batuan yang statis dalam penggunaannya dalam penelitian ini. Data kemiringan lereng diolah dari data DEMNAS (BIG, 2018) yang statis dalam penelitian ini. Data tutupan lahan diolah dari data citra satelit Landsat-8 (USGS, 2020b).

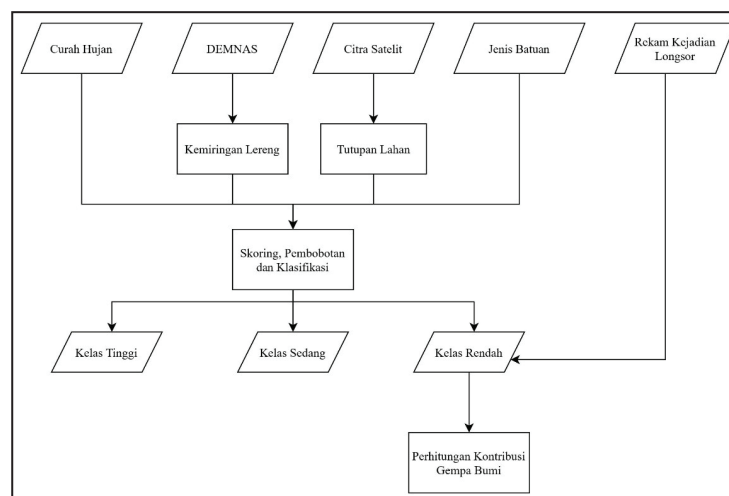
Data citra satelit Landsat-8 digunakan untuk penentuan tutupan lahan pada titik kejadian gerakan tanah. Pengolahan citra dilakukan sebanyak titik kejadian gerakan tanah karena tutupan lahan dapat bersifat dinamik. Setiap citra tersebut dilakukan koreksi radiometrik, koreksi geometrik dan dilakukan interpretasi secara visual. Koreksi radiometrik dilakukan untuk memperbaiki kualitas piksel citra. Citra satelit Landsat-8 setelah dilakukan koreksi radiometrik dan geometrik ditampilkan pada Gambar 3. Interpretasi secara visual untuk me-

mentukan tutupan lahan menggunakan 9 kunci interpretasi (Hodgson drr., 2007; Alif drr., 2020): bentuk, ukuran, pola, tekstur, situasi, asosiasi, bayangan, rona/warna, dan resolusi. Tutupan lahan yang diperoleh yaitu hutan, permukiman dan bangunan industri, perkebunan dan semak belukar, pertanian, serta lahan terbuka yang kemudian dilakukan validasi.

Metode yang dilakukan untuk penentuan potensi gerakan tanah pada titik kejadian gerakan tanah adalah skoring dan pembobotan (Pustlittanak, 2004). Metode penelitian ini ditampilkan pada Gambar 4. Skoring setiap parameter dilakukan untuk setiap kejadian gerakan tanah. Data tutupan lahan dan curah hujan disesuaikan dengan waktu kejadian gerakan tanah. Data kemiringan lereng dan jenis batuan bersifat statis dalam penggunaannya dalam penelitian ini dan di-



Gambar 3. Data citra satelit Landsat-8 di Lampung Barat dari tahun 2015 hingga tahun 2019 (Roy drr., 2014).



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian.

kategorikan sebagai parameter statis. Hasil skor dilakukan penyekalaan dan penjumlahan dengan bobot yang berbeda untuk setiap parameter. Skor dari setiap parameter serta bobot setiap parameter ditunjukkan pada Tabel 1 (BMKG, 2020; Pustlittanak, 2004; Republik Indonesia, 1980). Hasil dari skoring dan pembobotan diklasifikasikan menjadi tiga kelas: rendah, sedang dan tinggi, menggunakan aturan Sturges (Republik Indonesia, 2012).

Kejadian gerakan tanah yang terjadi di wilayah dengan kelas rendah dikaitkan dengan keberadaan gempa bumi yang terjadi maksimal 2 hari sebelum setiap kejadian gerakan tanah. Titik kejadian gerakan tanah di wilayah dengan kelas rendah menunjukkan nilai dari keempat parameter tersebut adalah rendah untuk memungkinkan terjadinya gerakan tanah. Jumlah dari kejadian gerakan tanah yang mengikuti gempa bumi dihitung dan persentase dengan

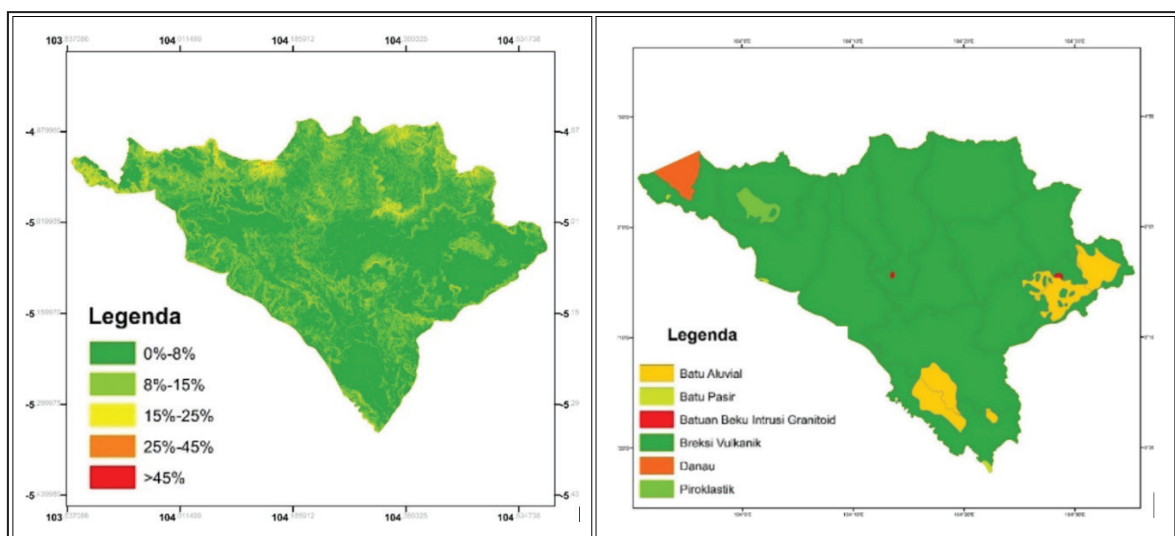
total kejadian gerakan tanah dihitung untuk menentukan kontribusi gempa bumi dan faktor lain yang tidak diperhitungkan dalam kejadian gerakan tanah. Gempa bumi yang menyebabkan kejadian gerakan tanah pada penelitian ini dibatasi hingga dua hari interval antara gempa bumi dan gerakan tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setiap titik kejadian gerakan tanah memiliki kelas parameter yang beragam terutama pada curah hujan. Tutupan lahan dari titik kejadian gerakan tanah adalah permukiman. Kemiringan lereng dari titik kejadian gerakan tanah didominasi kemiringan 8% - 15%. Jenis batuan dari titik kejadian gerakan tanah didominasi batuan vulkanik. Kelas dari jenis batuan dan kemiringan lereng yang mendominasi kejadian gerakan tanah juga merupakan kelas yang paling men-

Tabel 1. Skor dan pembobotan setiap parameter untuk penentuan potensi kejadian gerakan tanah di setiap titik kejadian gerakan tanah di Lampung Barat dari tahun 2015 hingga tahun 2019 (BMKG, 2020; Pustlittanak, 2004; Republik Indonesia, 1980)

Skor	Kemiringan Lereng (25%)	Tutupan Lahan (20%)	Curah Hujan (mm/bulan) (30%)	Jenis Batuan (25%)
1	0% - 8%	Hutan	0-100	Aluvial
2	8% - 15%	Permukiman	100-300	Batuan Sedimen
3	15% - 25%	Semak Belukar	300-500	Batuan Vulkanik
4	25% - 45%	Pertanian	>500	
5	> 45%	Lahan Terbuka		



Gambar 5. Peta klasifikasi parameter statis (kemiringan lereng (a) dan jenis batuan (b)) yang digunakan untuk menentukan potensi kejadian gerakan tanah. Sumber data berasal dari DEMNAS dan PVMGB.

dominasi wilayah studi yang ditampilkan pada Gambar 5. Curah hujan yang memberikan bobot paling besar dalam penentuan potensi kejadian gerakan tanah bernilai beragam. Hanya 5 dari titik kejadian gerakan tanah dengan curah hujan lebih besar dari 500 mm/bulan dan empat di antaranya termasuk kelas tinggi untuk berpotensi terjadi gerakan tanah.

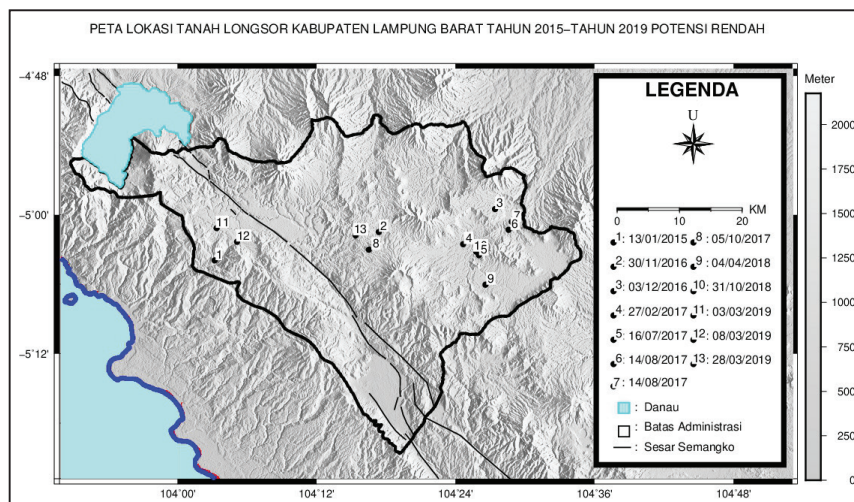
Tiga belas titik kejadian gerakan tanah atau sekitar 45% dari gerakan tanah yang terjadi di Lampung Barat dari 2015 hingga 2019 terjadi di wilayah dengan kelas rendah dari proses klasifikasi dengan empat parameter. Rincian parameter dan waktu dari setiap titik kejadian gerakan tanah dengan kelas rendah ditunjukkan pada Tabel 2. Sebaran titik kejadian gerakan

tanah dengan kelas rendah ditampilkan pada Gambar 6. Mayoritas kejadian gerakan tanah dengan kelas rendah terjadi di wilayah dengan kemiringan sangat rendah dan curah hujan rendah. Hal ini termasuk kejadian gerakan tanah beruntun di hari yang sama yaitu tanggal 14 Agustus 2017. Terdapat hanya satu kejadian gerakan tanah dengan curah hujan lebih dari 300 mm/bulan tetapi memiliki jenis batuan dengan skor rendah yaitu batuan aluvial.

Tujuh dari titik kejadian gerakan tanah di wilayah dengan kelas rendah terjadi setelah gempa bumi dengan magnitudo minimal 4 dalam radius 400 km dengan rentang dua hari. Jumlah gempa bumi yang terlibat untuk tujuh kejadian gerakan tanah tersebut adalah berjum-

Tabel 2. Rincian parameter dari titik kejadian gerakan tanah dengan kelas rendah

Nomor Gerakan tanah	Tanggal	Kemiringan Lereng	Tutupan Lahan	Curah Hujan (mm/bulan)	Jenis Batuan
1	13/01/2015	8% - 15%	Hutan	100-300	Batuan Vulkanik
2	30/11/2016	0% - 8%	Permukiman	0-100	Batuan Vulkanik
3	03/12/2016	8% - 15%	Permukiman	0-100	Batuan Vulkanik
4	27/02/2017	0% - 8%	Permukiman	100-300	Batuan Vulkanik
5	16/07/2017	0% - 8%	Hutan	100-300	Batuan Vulkanik
6	14/08/2017	0% - 8%	Semak Belukar	0-100	Batuan Vulkanik
7	14/08/2017	0% - 8%	Permukiman	0-100	Batuan Vulkanik
8	05/10/2017	0% - 8%	Permukiman	0-100	Batuan Vulkanik
9	04/04/2018	0% - 8%	Pertanian	300-500	Aluvial
10	31/10/2018	8% - 15%	Hutan	0-100	Batuan Vulkanik
11	03/03/2019	0% - 8%	Permukiman	100-300	Batuan Vulkanik
12	08/03/2019	0% - 8%	Permukiman	100-300	Batuan Vulkanik
13	28/03/2019	0% - 8%	Permukiman	100-300	Batuan Vulkanik



Gambar 6. Sebaran titik kejadian gerakan tanah dengan kelas rendah. Titik yang dilingkari merah terjadi setelah gempa bumi dengan magnitudo minimal 4 dalam radius 400 km dengan rentang dua hari.

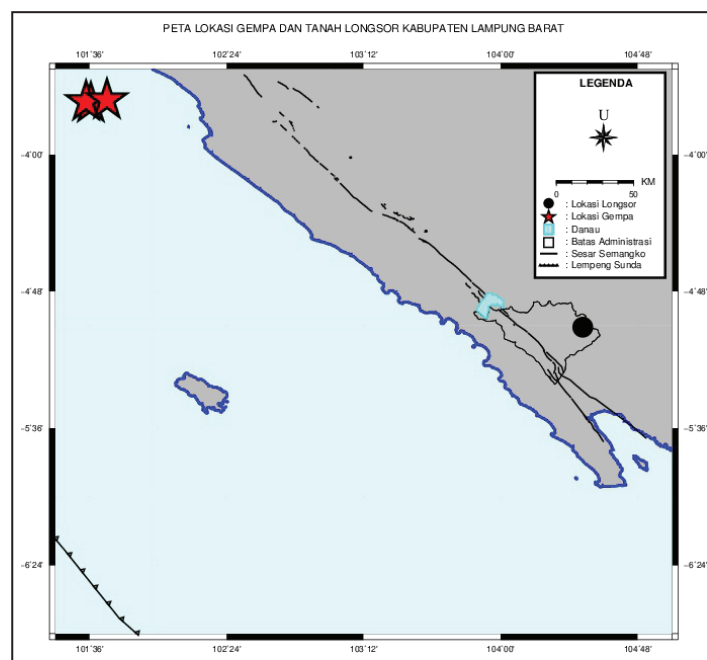
lah 10 gempa bumi. Gerakan tanah yang terjadi setelah gempa bumi ditunjukkan pada Tabel 3. Dua kejadian gerakan tanah yang terjadi di hari yang sama yaitu pada tanggal 14 Agustus 2017 terjadi setelah tiga gempa bumi dan salah satunya memiliki magnitudo di atas 6. Satu kejadian gerakan tanah yang terjadi pada tanggal 30 November 2016 terjadi setelah gempa bumi yang terjadi pada hari yang sama. Dari tujuh kejadian gerakan tanah, hanya tiga kejadian gerakan tanah yang terjadi setelah gempa bumi dengan jumlah satu gempa bumi. Gerakan tanah yang terjadi setelah gempa bumi memiliki kedalaman yang bervariasi dan hanya satu gempa bumi dengan magnitudo di atas 5. Kejadian gerakan

tanah yang terjadi pada tanggal 31 Oktober 2018 terjadi setelah gempa bumi dengan jarak episenter kurang dari 200 km.

Dua kejadian gerakan tanah di Lampung Barat terjadi setelah gempa bumi dengan magnitudo di atas 6. Dua kejadian gerakan tanah tersebut terjadi pada tanggal 14 Agustus 2017 yang terjadi setelah gempa bumi pada tanggal 13 Agustus 2017. Hal yang memperkuat hubungan gempa bumi dan gerakan tanah tersebut adalah magnitudo gempa yang dihasilkan adalah di atas 6. Episenter gempa bumi tersebut dengan kejadian gerakan tanah yang terkait ditampilkan pada Gambar 7. Jarak antara episenter gempa

Tabel 3. Kejadian gerakan tanah wilayah dengan kelas rendah yang mengikuti gempa bumi

Nomor Gerakan tanah	Tanggal Gerakan tanah	Tanggal Gempa Bumi	Kedalaman (km)	Magnitudo	Jarak episenter gempa bumi dan titik gerakan tanah (km)
1	13/01/2015	12/01/2015	22,2	4,61	227,094
2	30/11/2016	30/11/2016	52,3	4,54	264,703
4	27/02/2017	26/02/2017	51,9	4,94	281,395
5	16/07/2017	14/07/2017	11,2	4,50	190,371
5	16/07/2017	14/07/2017	15,7	4,13	212,416
6 dan 7	14/08/2017	13/08/2017	46,7	4,17	350,104
6 dan 7	14/08/2017	13/08/2017	20,2	4,24	353,401
6 dan 7	14/08/2017	13/08/2017	57,6	6,45	241,611
10	31/10/2018	29/10/2018	35,0	4,40	183,889
10	31/10/2018	29/10/2018	10,0	4,55	122,922



Gambar 7. Gerakan tanah yang mengikuti gempa bumi dengan magnitudo di atas 6.

bumi dan titik kejadian gerakan tanah berjarak 241 km tetapi kedua titik tersebut berjarak <50 km dari sesar Sumatra yang memungkinkan perambatan gelombang seismik melalui sesar (Chigira dr., 2010). Meskipun begitu, tujuh kejadian gerakan tanah atau 24% dari gerakan tanah yang terjadi di Lampung Barat dari 2015 hingga 2019 yang terjadi setelah gempa bumi tersebut belum tentu disebabkan gempa bumi karena dalam penentuannya hanya menggunakan empat parameter yang memiliki skor rendah untuk setiap parameternya. Terdapat parameter lain yang dapat menguatkan dugaan bahwa gerakan tanah tersebut disebabkan oleh gempa bumi jika parameter seperti jarak ke kelurusan, hidrologi, curah hujan rata-rata tahunan, dan radiasi matahari tahunan bernilai rendah. Dibandingkan parameter tersebut, gempa bumi merupakan faktor pemicu pada kejadian gerakan tanah (Malamud dr., 2014) dan memiliki kontribusi sehingga dalam penentuan wilayah yang berpotensi terjadi gerakan tanah perlu digunakan.

Gempa bumi dengan magnitudo di atas 4 memicu kejadian gerakan tanah di Lampung Barat. Gempa bumi dengan kedalaman dari 10 km sampai 57,6 km memicu kejadian gerakan tanah di Lampung Barat berdasarkan hasil penelitian ini. Gempa bumi yang memicu kejadian gerakan tanah adalah gempa bumi dengan jarak 353 km. Jangkauan tersebut tidak berarti lokasi dalam radius 353 km dapat memicu gerakan tanah karena keberadaan sesar Sumatra di lokasi penelitian. Gempa bumi di sekitar sesar Sumatra dapat memicu gerakan tanah di wilayah dengan radius 50 km dari sesar. Gerakan tanah tersebut terjadi hingga 48 jam setelah gempa bumi terjadi.

KESIMPULAN

Tujuh kejadian gerakan tanah pada lokasi dengan kelas potensi rendah terkait dengan gempa bumi di Lampung Barat berdasarkan data kemiringan lereng, curah hujan, jenis batuan, dan tutupan lahan. Jumlah kejadian gerakan tanah yang terkait gempa bumi adalah 24% dari

gerakan tanah yang terjadi di Lampung Barat dari 2015 hingga 2019. Hal ini menunjukkan pentingnya menggunakan parameter lain seperti gempa bumi sebagai faktor pemicu kejadian gerakan tanah. Satu gempa bumi yang terkait memiliki magnitudo di atas 6 dan diikuti dua kejadian gerakan tanah. Gempa bumi dengan magnitudo di atas 4 dengan kedalaman hingga 57,6 km dapat memicu gerakan tanah terutama di wilayah dengan radius 50 km dari sesar. Masyarakat wajib siap siaga dengan kejadian gerakan tanah setelah terjadinya gempa bumi meskipun berada pada kemiringan lereng yang rendah dan tutupan lahan berupa hutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada seluruh pihak yang terlibat dalam pengumpulan data dan pengolahan data. Penelitian ini didanai hibah GBU45 ITERA tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Alif, S.M., Yosua, E., Fauzi, A.I. and Leksono, B.E., 2020. Association between Surface Air Temperature And Land Use On The Campus Scale. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 5 (3), pp.161-169. DOI: 10.25299/jgeet.2020.5.3.5187
- Alif, S.M., Fattah, E.I., Kholil, M., and Anggara, O., 2021. Source of the 2019 Mw6. 9 Banten Intraslab earthquake modelled with GPS data inversion. *Geodesy and Geodynamics*.
- Badan Informasi Geospasial, *Peta RBI Format shp*, 2017. [Online]. Available: <https://tanah-air.indonesia.go.id/portal-web>. [Diakses 10 Januari 2020].
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), *Analisis Hujan Februari 2020 dan Perkiraan Hujan April, Mei dan Juni 2020*, Jakarta: BMKG, 2020.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana, *Definisi dan Jenis Bencana*. [Online]. Available: <https://bnpb.go.id/home/definisi>. [Diakses 7 Februari 2020].

- Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Lampung, 2019. *Kajian Risiko Bencana Provinsi Lampung 2019 – 2024*. Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Lampung, Bandar Lampung.
- Chigira, M., Wu, X., Inokuchi, T. and Wang, G., 2010. Landslides induced by the 2008 Wenchuan earthquake, Sichuan, China. *Geomorphology*, 118 (3-4), pp.225-238. DOI: 10.1016/j.geomorph.2010.01.003
- Hodgson, S., Rumor, M. and Harts, J. eds., 1997. *Geographical information '97: from research to application through cooperation*. IOS Press.
- Lu, G.Y. and Wong, D.W., 2008. An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique. *Computers & geosciences*, 34 (9), pp.1044-1055. DOI: 10.1016/j.cageo.2007.07.010
- Malamud, B.D., Turcotte, D.L., Guzzetti, F. and Reichenbach, P., 2004. Landslides, earthquakes, and erosion. *Earth and Planetary Science Letters*, 229 (1-2), pp.45-59. DOI: 10.1016/j.epsl.2004.10.018
- McCaffrey, R., 2009. The tectonic framework of the Sumatran subduction zone. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 37, pp.345-366. DOI: 10.1146/annurev.earth.031208.100212.
- Natawidjaja, D.H., 2018. Updating active fault maps and sliprates along the Sumatran Fault Zone, Indonesia. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 118, No. 1, p. 012001). IOP Publishing.
- Prasindya, P., Hariyanto, T. and Kurniawan, A., 2020. Analisis Potensi Gerakan tanah Menggunakan Sistem Informasi Geografis dan Analytical Hierarchy Process (AHP)(Studi Kasus: Kecamatan Songgon, Kabupaten Banyuwangi). *Geoid*, 16 (1), pp.19-27. DOI: 10.12962/j24423998.v16i
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat (Puslittanak), 2004. *Laporan Akhir Pengkajian Potensi Bencana Kekeringan, Banjir dan Gerakan tanah di Kawasan Satuan Wilayah Sungai Citarum-Ciliwung, Jawa Barat Bagian Barat Berbasis Sistem Informasi Geografi*, Bogor: Puslittanak.
- Rahman, A., 2010. Penggunaan Sistem Informasi Geografis untuk Pemetaan Kerawanan Gerakan tanah di Kabupaten Purworejo. *Sumber*, 5 (2500), p.5.
- Republik Indonesia. 1980. *Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor : 837/Kpts/Um/11/1980 Tentang Kriteria Dan Tata Cara Penetapan Hutan Lindung*.
- Republik Indonesia. 2012. *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 02 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana Panduan dari Badan Geologi Nasional-ESDM*.
- Roy, D.P., Wulder, M.A., Loveland, T.R., Woodcock, C.E., Allen, R.G., Anderson, M.C., and Zhu, Z., 2014. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote sensing of Environment*, 145, 154-172.
- Suriadi, A.B. and Hartini, S., 2014. Analisis Potensi Risiko Gerakan tanah di Kabupaten Ciamis dan Kota Banjar, Jawa Barat. *Majalah Ilmiah Globe*, 16 (2).
- USGS, *Earthquake Catalog*, [Online]. Available: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. [Diakses 7 Februari 2020].
- USGS, *EarthExplorer - Home*, [Online]. Available: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. [Diakses 28 Februari 2020].
- Wistuba, M., Malik, I., Krzemień, K., Gorczyca, E., Sobucki, M., Wrońska-Walach, D. and Gawior, D., 2018. Can low-magnitude earthquakes act as a triggering factor for landslide activity? Examples from the Western Carpathian Mts, Poland. *Catena*, 171, pp.359-375. DOI: 10.1016/j.catena.2018.07.028
- Xu, Y., Liu-Zeng, J., Allen, M.B., Zhang, W., and Du, P., 2020. Landslides of the 1920 Haiyuan earthquake, northern China. *Landslides*, pp.1-19. DOI: 10.1007/s10346-020-01512-5
- Yamagishi, H. and Yamazaki, F., 2018. Landslides by the 2018 Hokkaido Iburi-Tobu Earthquake on September 6. *Landslides*, 15 (12), pp.2521-2524. DOI: 10.1007/s10346-018-1092-z.