

POTENSI GEMPA BUMI DAERAH LEBONG, PROVINSI BENGKULU

The Eartquake Potential in Lebong, Bengkulu

Supartoyo¹, Nia Kurnia Praja², Noviardi Titis Praponco³, Suryo Hespianoro⁴

^{1,2,3}Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi

Jln. Diponegoro No. 57 Bandung 40122, Jawa Barat Indonesia

Email: supartoyo@gmail.com¹, kurniapraja@gmail.com², praponco@gmail.com³

⁴Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Geologi, Mineral dan Batubara

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

Jln. Jend. Sudirman No. 623 Bandung 40211

Email: suryo.hespianoro@esdm.go.id

ABSTRAK

Lebong merupakan salah satu daerah rawan gempa bumi di Indonesia yang bersumber dari zona subduksi di laut dan sesar aktif di darat. Analisis morfotektonik dan sebaran pusat gempa bumi merusak memperlihatkan sumber gempa bumi daerah Lebong berasal dari sesar aktif Segmen Ketaun sesar Sumatra dan sesar Pelabai. Segmen Ketaun sesar Sumatra pernah mengakibatkan gempa bumi merusak pada 1952, dan sesar Pelabai mengakibatkan gempa bumi merusak pada 2017.

Kejadian gempa bumi merusak 6 Desember 2017 memberikan pelajaran akan pentingnya upaya mitigasi gempa bumi di daerah Lebong. Hanya dengan upaya mitigasi tersebut dampak dari kejadian gempa bumi yang mungkin akan terulang di kemudian hari akan dapat diminimalisasi.

Kata kunci: gempa bumi merusak, Segmen Ketaun Sesar Sumatra, Sesar Pelabai, upaya mitigasi

ABSTRACT

Lebong is an area in Indonesia that is prone to the earthquake caused by the subduction zone in the sea and active fault on the land. The morphotectonic analysis and the source of the destructive earthquake show that the earthquake in Lebong area is caused by the active faults of Ketaun segment, Sumatra fault, and Pelabai fault. Ketaun segment of Sumatra fault caused a destructive earthquake in 1952, while Pelabai fault caused a destructive earthquake in 2017.

The destructive earthquake on Desember 6 2017 gave us a lesson on the importance of the mitigation effort in Lebong area. The mitigation effort can minimize the impact of the earthquakes that may be repeated in the future.

Keywords: destructive earthquake, Ketaun segment of Sumatra fault, Pelaba ifault, mitigation efforts

PENDAHULUAN

Daerah Lebong pada umumnya tersusun oleh batuan rombakan gunung api dan sebagian telah mengalami pelapukan. Sumber gempa bumi yang mengancam daerah Lebong berasal dari sesar aktif, yaitu Segmen Ketaun Sesar Sumatra. Di samping itu, terdapat sesar aktif lainnya di daerah ini, yaitu Sesar Pelabai. Kejadian gempa bumi yang bersumber dari pergerakan sesar aktif pada

umumnya bersifat merusak meskipun magnitudonya tidak besar, namun mempunyai kedalaman dangkal, seperti gempa bumi yang terjadi di Lebong pada 6 Desember 2017.

Tulisan ini akan membahas dampak gempa bumi 6 Desember 2017, potensi gempa bumi daerah Lebong, sejarah gempa bumi merusak, dan struktur geologi. Identifikasi sumber gempa bumi daerah Lebong dilakukan dengan analisis morfotektonik. Tulisan ini diharapkan memberikan informasi sumber gempa bumi serta potensi dan ancamannya di daerah Lebong, Provinsi Bengkulu.

METODOLOGI

Metode yang dipergunakan pada tulisan ini adalah studi literatur, pengambilan data lapangan, pengolahan, dan analisis data. Studi literatur meliputi mengumpulkan data tektonik, geologi termasuk struktur geologi, parameter kejadian gempa bumi dan gempa bumi merusak daerah Lebong. Pengambilan data lapangan pada tanggal 22 hingga 27 Januari 2018. Data yang diambil meliputi dampak gempa bumi tanggal 6 Desember 2017, morfologi, litologi atau batuan, tata guna lahan daerah Lebong, upaya mitigasi yang telah dilakukan. Pengolahan data meliputi *plotting* data kerusakan bangunan, penyusunan peta intensitas gempa bumi tanggal 6 Desember 2017, sebaran struktur geologi. Adapun analisisnya adalah pendekatan morfotektonik untuk mengidentifikasi sumber gempa bumi daerah Lebong.

PEMBAHASAN

Tektonik, Kondisi Geologi, dan Kegempaan Daerah Lebong

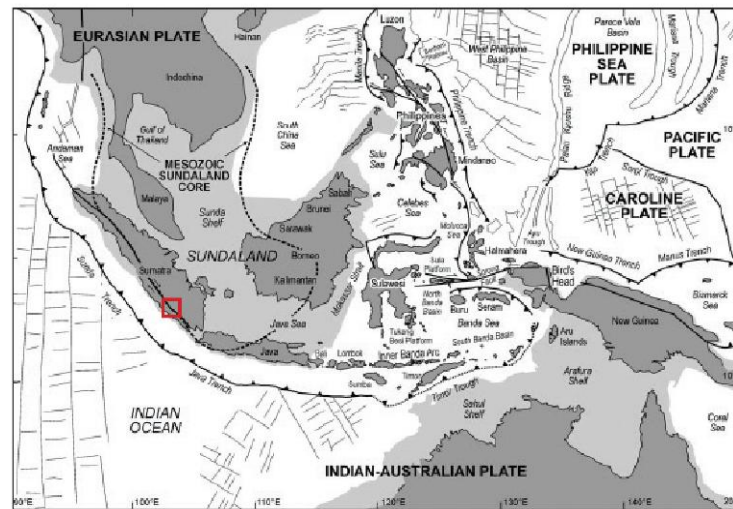
Daerah Lebong merupakan bagian dari kerak Sunda (*Sundaland*). Kerak Sunda ini merupakan bagian dari lempeng Benua Eurasia (Hall, 2002). Menurut Minster dan Jordan 1978 (Yeats, 1997), Lempeng- Lempeng Indo-Australia bergerak ke arah utara dengan kecepatan sekitar 7 cm/ tahun dan bertumbukan dengan Lempeng Benua Eurasia yang bergerak ke arah tenggara dengan kecepatan sekitar 0,4 cm/ tahun. Tumbukan tersebut telah terjadi sejak zaman Kapur (sekitar 66 juta tahun yang lalu) dan masih berlangsung hingga kini. Zona tumbukan tersebut membentang di sebelah barat Pulau Sumatra, selatan Pulau Jawa, selatan Bali dan Nusa Tenggara, dan membelok di Kepulauan Maluku yang membentuk palung laut dan dikenal sebagai zona subduksi. Zona subduksi merupakan sumber gempa bumi di laut dan sumber pembangkit tsunami.

Daerah Lebong, Provinsi Bengkulu terletak agak jauh dari zona subduksi. Namun demikian, proses tektonik yang terjadi telah mengakibatkan terbentuknya struktur geologi, yaitu lipatan dan sesar. Beberapa sesar tersebut merupakan sesar aktif dan dibuktikan terjadinya gempa bumi.

Morfologi daerah Lebong sebagian tersusun oleh perbukitan hingga perbukitan terjal dan sebagian lagi merupakan dataran hingga dataran bergelombang. Kota Lebong terletak pada morfologi dataran yang dikelilingi oleh perbukitan. Morfologi perbukitan hingga perbukitan terjal tersusun oleh batuan rombakan gunung api muda berumur kuartar yang berupa lava, breksi gunung api, dan tuff. Adapun morfologi dataran hingga dataran bergelombang tersusun oleh endapan berumur kuartar berupa endapan aluvial sungai dan endapan aluvial hasil pelapukan dari batuan rombakan gunung api muda.

Endapan kuartar dan batuan rombakan gunung api muda yang telah mengalami pelapukan pada umumnya bersifat urai, lepas, belum kompak (*unconsolidated*), lunak, dan memperkuat efek guncangan gempa bumi atau amplifikasi. Kerusakan bangunan yang terjadi akibat guncangan gempa bumi pada umumnya ditempati oleh endapan kuartar. Apabila endapan kuartar tersebut bersifat jenuh air, tersusun oleh butiran pasir halus dengan muka air tanah dangkal maka akan berpotensi mengalami proses likuifaksi (*liquefaction*) jika digoncang gempa bumi dengan kekuatan cukup besar, umumnya di atas magnitudo 6 SR.

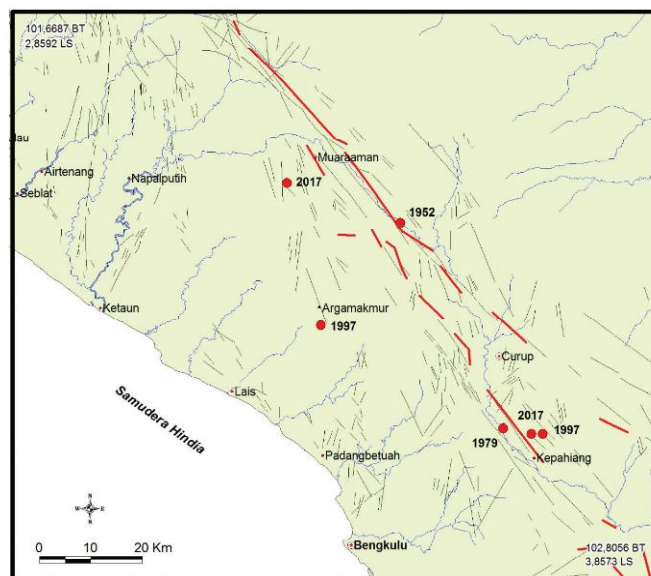
Struktur geologi daerah Lebong didominasi oleh sesar atau patahan. Secara umum, sesar – sesar yang terdapat di daerah Kepahiang mengikuti pola struktur Pulau Sumatra yang berarah barat laut – tenggara. Beberapa sesar lainnya mempunyai arah utara – selatan dan timur laut – barat daya. Gambar 2 menampilkan peta struktur geologi daerah Lebong, pusat gempa bumi merusak, dan tahun kejadian.



Gambar 1. Tataan tektonik kawasan Indonesia bagian barat (Hall, 2002).

Keterangan:

□ Kotak merah merupakan daerah Lebong, Provinsi Bengkulu.



Gambar 2. Struktur geologi daerah Lebong dan sekitarnya. Data dikompilasi dari beberapa peneliti terdahulu (Gafoer dkk., 1992; Sieh dan Natawidjaja, 2000).

Keterangan:

— Garis hitam tipis struktur geologi.

— Garis merah merupakan Sesar Sumatra.

• Bulatan merah merupakan pusat gempa bumi merusak dan tahun kejadian.

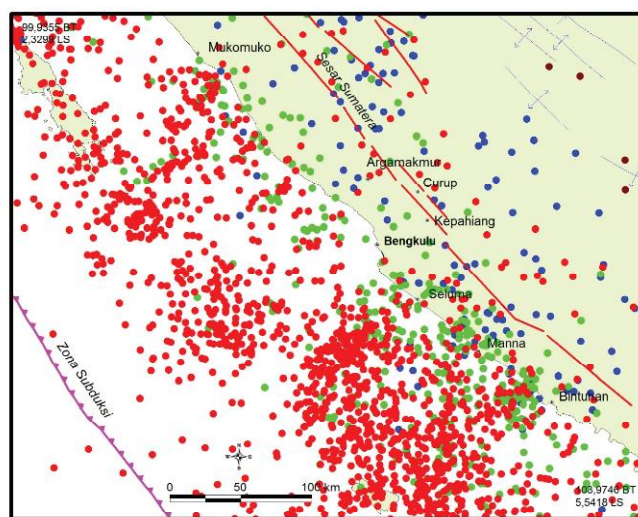
Kegempaan dan Sejarah Gempa Bumi Merusak Daerah Lebong

Daerah Lebong dan sekitarnya sering terlanda kejadian gempa bumi, umumnya bersumber dari zona penunjaman atau zona subduksi di laut. Sebaran kegempaan dari zona subduksi di daerah Bengkulu termasuk tinggi, seperti terlihat pada gambar 3. Wilayah ini terletak pada batas lempeng aktif (*active plate margin*) ditandai dengan tingkat kegempaan yang tinggi. Sumber gempa bumi wilayah Lebong terletak di laut dari zona subduksi dan di darat dari Sesar Sumatra dan sesar aktif

lainnya. Zona subduksi dengan kedalaman dangkal atau kurang dari 50 km disebut *megathrust*, membentang di sebelah barat Pulau Sumatra, selatan Jawa, Bali, Nusa Tenggara dan membelok di Laut Banda Provinsi Maluku. Pada bagian barat daerah Bengkulu zona *megathrust* ini yang merupakan bagian dari *megathrust* Mentawai-Pagai, mampu menghasilkan gempa bumi dengan magnitudo maksimum sebesar 8,9 mw (*moment magnitude*). Adapun di bagian selatan daerah Bengkulu, yaitu pada megathrust Enggano diperkirakan mampu menghasilkan gempa bumi dengan magnitudo maksimum sebesar 8,4 mw (Pusat Studi Gempa Nasional/ Pusgen, 2017). Daerah Lebong terletak cukup jauh dari zona subduksi sehingga potensi terjadinya bencana gempa bumi dominan oleh aktivitas sumber gempa bumi yang terletak di darat. Namun dengan demikian, efek guncangan gempa bumi bersumber dari zona subduksi ini masih dapat dirasakan di daerah Lebong.

Sumber gempa bumi daerah Lebong di darat berasal dari aktivitas sesar aktif. Sesar aktif utama yang melalui daerah Lebong adalah Sesar Sumatra yang membentang sepanjang pegunungan Bukit Barisan dari Aceh hingga Teluk Semangko Provinsi Lampung. Sesar Sumatra bukan merupakan satu sesar tunggal, namun terbagi menjadi beberapa bagian yang disebut segmen. Setiap segmen merupakan sumber gempa bumi. Sieh dan Natawidjaja (2000) telah membagi Sesar Sumatra menjadi 19 segmen, yaitu segmen Seulimeum, Aceh, Batee, Tripa, Renun, Toru, Angkola, Barumon, Sumpur, Sianok, Sumani, Suliti, Siulak, Dikit, Ketahun, Musi, Manna, Komering, dan Semangko. Adapun untuk daerah Lebong dilewati oleh segmen Ketaun. Segmen Ketaun Sesar Sumatra diperkirakan mampu menghasilkan gempa bumi dengan magnitudo maksimum sebesar 7,3 mw (Pusgen, 2017).

Daerah Lebong pernah tercatat terjadi dua kejadian gempa bumi merusak, yaitu tahun 1952 (Supartoyo dkk., 2014) dan tahun 2017. Kejadian gempa bumi 1952 tepatnya pada 15 Maret 1952. Lokasi pusat gempa bumi terletak di darat pada koordinat 3,23°LS– 102,35°BT dengan kedalaman 33 km, magnitudo 6,8 SR (Skala Richter) dan skala intensitas gempa bumi mencapai VIII MMI (*Modified Mercally Intensity*). Kejadian gempa bumi ini mengakibatkan kerusakan bangunan dan rumah penduduk dari Muara Aman hingga Curup. Bencana terparah di daerah Tes, Kecamatan Lebong Selatan, Taba dan Turan Lalang (Kraeff, 1952 dalam Supartoyo dkk., 2014). Dengan skala intensitas mencapai VIII MMI maka guncangan gempa bumi terasa kuat di lokasi sekitar pusat gempa bumi.



Gambar 3. Peta sebaran kegempaan Provinsi Bengkulu dan sekitarnya tahun 1900 – 2017 bersumber dari USGS.

Keterangan:

- Bulatan merah kedalaman 0 – 50 km
- Bulatan hijau kedalaman 50 – 100 km
- Bulatan biru kedalaman > 100 km.

Gempa Bumi Merusak, 6 Desember 2017

Gempa bumi merusak ini terjadi pada Rabu, 6 Desember 2017 pukul 03:46:29 WIB. Menurut informasi dari BMKG, lokasi pusat gempa bumi terletak di darat pada koordinat 3,18°LS dan 102,11°BT, dengan magnitudo 5,0 SR pada kedalaman 10 km, berjarak sekitar 7,5 km barat daya Kota Muara Aman (Ibu Kota Kabupaten Lebong). Menurut data mekanisme (GFZ, 2017) kedudukan sesar mendatar tersebut, yaitu *strike* N 138° E, *dip* 63°, dan *slip* -169°, dan kejadian gempa bumi tersebut kemungkinan diakibatkan oleh sesar mendatar Pelabai berarah barat laut - tenggara.

Hasil pemeriksaan lapangan memperlihatkan bahwa kejadian gempa bumi Lebong telah mengakibatkan kerusakan bangunan (BNPB, 2017) di Kecamatan Lebong Atas dan Pelabai. Kecamatan Lebong Atas mengakibatkan satu orang luka ringan, 36 bangunan rusak berat (RB) (Gambar 4), 77 bangunan rusak sedang (RS) (Gambar 5), dan 105 bangunan rusak ringan (RR). Kecamatan Pelabai mengakibatkan 5 bangunan rusak berat (RB), 2 bangunan rusak sedang (RS), dan 22 bangunan rusak ringan (RR) (Gambar 6).

Skala intensitas gempa bumi maksimum terjadi di daerah Kecamatan Lebong Atas dan Pelabai, pada skala intensitas V MMI (*Modified Mercally Intensity*) (Gambar 7). Hal ini ditandai dengan terasanya getaran oleh orang di luar rumah, orang tidur terbangun, cairan bergerak dan tumpah, barang di meja dan di dinding jatuh, plesteran tembok dinding terkelupas, serta pintu membuka dan menutup.



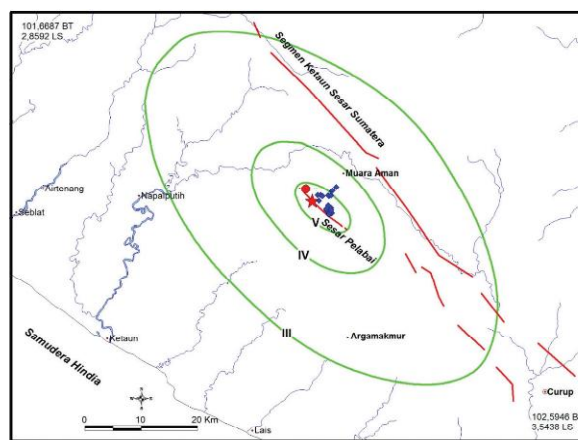
Gambar 4. Kerusakan rumah penduduk akibat gempa bumi 6 Desember 2017 di Desa Tabeak Blau, Kecamatan Lebong Atas, Kabupaten Lebong. (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2018)



Gambar 5. Retakan tanah di kantor Camat Lebong Atas akibat gempa bumi 6 Desember 2017. (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2018)



Gambar 6. Lepasnya plesteran dinding rumah penduduk di Desa Gunung Alam, Kecamatan Pelabai akibat gempa bumi 6 Desember 2017. (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2018)



Gambar 7. Peta intensitas gempa bumi 6 Desember 2017. (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2018)

Keterangan:

- Persegi warna biru merupakan lokasi sebaran kerusakan bangunan akibat gempa bumi tanggal 6 Desember 2017.
- ★ Bintang merah merupakan episenter menurut BMKG
- Bulatan merah episenter menurut GFZ, 2017.

HASIL

Potensi Sumber Gempa Bumi Daerah Lebong

Daerah yang terletak dekat dengan sumber gempa bumi akan menerima guncangan gempa bumi yang lebih kuat dibandingkan dengan daerah yang terletak jauh dari sumber gempa bumi. Sumber gempa bumi yang terdapat di daerah Lebong dan dekat dengan Kota Muara Aman bersumber dari sesar aktif pada segmen Ketaun Sesar Sumatra dan Sesar Pelabai.

Menurut Sieh dan Natawidjaja (2000), segmen Ketaun Sesar Sumatra memiliki panjang sekitar 85 km, lebar zona *dilatational step over* antara 5 hingga 18,5 km. Kenampakan geomorfik berupa depresi lembah dan kemunculan gunung api Kaba, jarak dari deformasi muka atau zona subduksi sekitar 271 km, kedalaman penunjaman zona Benioff antara 110 hingga 125. Sejarah gempa bumi merusak terjadi pada 1943 dengan magnitudo 7,3 mw (*moment magnitude*) dan 1952 dengan magnitudo 6,8 mw.

Potensi lainnya berasal dari Sesar Pelabai. Sesar Pelabai telah mengakibatkan kejadian gempa bumi merusak pada 6 Desember 2017 dengan magnitudo 5,0 SR. Keberadaan Sesar Pelabai diidentifikasi berdasarkan data posisi pusat gempa bumi 6 Desember 2017, data mekanisme sumber dari BMKG dan GFZ serta data morfotektonik. Data morfotektonik dianalisis dari data SRTM, peta topografi, dan pengamatan lapangan. Hasil pengamatan lapangan dan data SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) memperlihatkan adanya kelurusan berupa alur lembah di lokasi sekitar pusat gempa bumi yang berarah barat laut – tenggara. Kelurusan alur lembah ini diperkirakan berkaitan dengan keberadaan sesar, yaitu Sesar Pelabai. Lokasi Sesar Pelabai berjarak sekitar 7,6 km sebelah barat daya Kota Muara Aman. Dengan menggunakan metode dari Wells dan Coppersmith (1994) serta panjang Sesar Pelabai sekitar 9 km maka besarnya magnitudo maksimum dari Sesar Pelabai adalah sekitar 6,2 mw. Gempa bumi dengan magnitudo ini berpotensi menimbulkan kerusakan.

Jumlah penduduk Kabupaten Lebong tahun 2014 sebesar 107.296 jiwa (sumber: BPS 2015). Sebagian besar penduduknya tinggal dan beraktivitas sepanjang zona sesar aktif, pada segmen Ketaun Sesar Sumatra dan Sesar Pelabai. Akibatnya, jika terjadi gempa bumi dengan magnitudo maksimum pada sesar aktif ini akan berpotensi mengakibatkan terjadinya bencana.

Upaya Mitigasi Gempa Bumi di Daerah Lebong

Dampak dari kejadian gempa bumi Lebong 6 Desember 2017 tidak terlalu signifikan karena intensitas gempa bumi pada skala V MMI. Namun dengan demikian, sebagian besar penduduk Kabupaten Lebong tinggal dan beraktivitas dekat dengan dua sesar aktif, yaitu Segmen Ketaun Sesar Sumatra dan Sesar Pelabai. Bahaya dari pergerakan sesar aktif adalah terbentuknya *surface rupture* atau pensesaran permukaan. Sekuat apapun konstruksi suatu bangunan jika dilewati oleh pensesaran permukaan akan mengalami kerusakan, bahkan mengakibatkan suatu bangunan menjadi roboh. Oleh karena itu, kehadiran dua sesar aktif ini harus mendapatkan perhatian karena lokasinya terletak dekat permukiman, bahkan diperkirakan melewati Kota Muara Aman. Pemetaan garis kedua sesar aktif secara detail diperlukan untuk upaya mitigasi dan penataan ruang.

Upaya mitigasi gempa bumi masih minim di Kabupaten Lebong. Belum terdapat petunjuk tentang jalur dan tempat evakuasi gempa bumi. Kabupaten Lebong merupakan daerah rawan bencana gempa bumi. Oleh karena itu, diperlukan upaya mitigasi secara terus menerus di wilayah ini yang bertujuan meminimalisasi risiko yang ditimbulkan jika terjadi perulangan gempa bumi di kemudian hari.

Upaya mitigasi gempa bumi pada prinsipnya adalah mencegah agar bahaya gempa bumi, seperti pensesaran permukaan (*surface rupture*), guncangan gempa bumi, pelulukan atau likuifaksi (*liquefaction*), retakan tanah, amblesan tanah, dan gerakan tanah atau longsor, tidak mengakibatkan terjadinya bencana dan jatuhnya korban jiwa. Di samping itu juga dengan melakukan serangkaian usaha untuk meningkatkan kapasitas masyarakat. Upaya mitigasi ini dilakukan secara fisik atau struktural dan nonfisik atau nonstruktural. Upaya mitigasi struktural antara lain dengan melakukan pembangunan fisik, seperti membangun bangunan tahan gempa bumi, membangun tempat dan jalur evakuasi, membangun jembatan tahan gempa bumi, dan lain-lain. Upaya mitigasi nonfisik atau nonstruktural dilakukan dengan penyadaran dan peningkatan kemampuan masyarakat dalam menghadapi ancaman bencana. Upaya mitigasi nonfisik ini antara lain dengan meningkatkan kegiatan sosialisasi, simulasi, dan wajib latih di daerah Lebong. Upaya lainnya adalah memasukkan materi kebencanaan gempa bumi untuk semua tingkatan pendidikan di daerah Lebong. Dengan upaya mitigasi ini diharapkan gempa bumi di kemudian hari dapat diminimalisasi.

Hingga kini belum ada teknologi yang mampu dapat meramalkan kejadian gempa bumi yang meliputi waktu, di mana, dan berapa kekuatan dengan tepat. Upaya terbaik yang dapat dilakukan adalah melalui upaya mitigasi. Kejadian gempa bumi Leborg 6 Desember 2017 memberikan pelajaran kepada masyarakat Leborg dan kita semua yang bermukim dan beraktivitas di kawasan rawan bencana gempa bumi untuk selalu melakukan mitigasi, baik secara fisik maupun nonfisik. Kedua upaya mitigasi ini harus dilakukan secara bersamaan.

KESIMPULAN

Kabupaten Lebong termasuk daerah yang rawan gempa bumi karena terletak dekat dengan sumber gempa bumi, yaitu segmen Ketaun Sesar Sumatra dan Sesar Pelabai. Ada dua kejadian gempa bumi merusak, yaitu 1952 akibat pergerakan segmen Ketaun Sesar Sumatra dan tahun 2017 akibat pergerakan Sesar Pelabai. Hasil analisis morfotektonik segmen Ketaun Sesar Sumatra dan Sesar Pelabai memberikan kenampakan kelurusan depresi lembah yang mengindikasikan keberadaan sesar aktif. Skala intensitas kejadian gempa bumi 6 Desember 2017 mencapai V MMI yang mengakibatkan terjadinya retakan tanah dan kerusakan bangunan. Kerusakan bangunan oleh kejadian gempa bumi 6 Desember 2017 diakibatkan oleh beberapa faktor, yaitu jarak yang dekat dengan sumber gempa bumi, bangunan yang dirancang tidak tahan gempa bumi (*non engineering building*), dan terletak pada endapan rombakan gunung api muda yang telah mengalami pelapukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas selesainya tulisan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Sri Hidayati, M.Sc. (Kepala Bidang Mitigasi Gempa Bumi dan Tsunami, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi/ PVMBG, Badan Geologi) dan Dr. Akhmad Solikhin (Kepala Sub Bidang Mitigasi Gempa Bumi dan Tsunami wilayah Indonesia Barat, VMBG) yang telah menugaskan penulis pada kegiatan penyelidikan pascabencana gempa bumi di daerah Bengkulu. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Heri Isep Rochmana atas bantuannya dalam pengambilan data lapangan selama kegiatan survei.

DAFTAR PUSTAKA

- Gafoer, S., Amin, T.C., dan Pardede, R. (1992), Peta geologi lembar Bengkulu Sumatra, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Pusat Studi Gempa Nasional (Pusgen). (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*, Puslitbang Perumahan dan Permukiman, Balitbang Kementerian PUPR.
- Sieh, K., dan Natawidjaja, D. (2000). Neotectonics of the Sumatran Fault, Indonesia, *Journal of Geophysical Research*, Volume 105, no. B12, December 10, 2000, pp. 28295 – 28326.
- Supartoyo, Surono, dan Putranto, E.T. (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: 131 hal.
- Well, 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*, Vol. 84, no. 4, August 1994, 974 – 1002.
- YEATS, R.S., Sieh, K., dan Allen, C.R. (1997), *The Geology of Earthquakes*, Oxford University Press: 567 pp.