

Potensi Gempabumi Di Sepanjang Sesar Semangko Segmen Lampung

Muh Sarkowi, Rahmat Catur Wibowo*, Ida Bagus Suananda Yogi

Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

E-mail: rahmat.caturwibowo@eng.unila.ac.id

Abstrak

Sistem sesar Sumatera segmen Semangko Lampung membentang dari teluk Semangko ke Utara sampai dengan depresi Suoh sepanjang 65 km memotong batuan gunung api. Patahan ini membentuk graben yang tidak simetri dengan orientasi barat laut–tenggara yang memiliki gawir sesar setinggi 500 m. Secara morfologi pergerakan lempeng dimulai dari bagian Tenggara, akibat gaya tektonik di daerah Teluk Semangko terus membuka pada waktu tertentu yang menyebabkan gempabumi. Akibat gaya yang terus bekerja maka lempeng di daerah tersebut terus membuka yang akan menyebabkan gempabumi mulai dari Teluk Semangko – Kotaagung – Suoh - Liwa dan Danau Ranau. Dari data kegempaan menunjukkan bahwa di sepanjang Patahan Semangko segmen Lampung pernah terjadi gempabumi yang besar dan merusak, yaitu: Komering 1893, Ranau 1903 (7,5 SR), Kotaagung 1908 (6,4 SR), Suoh 1933 (7,5 SR), dan terakhir Liwa 1994 (7 SR). Tahun 1999 terjadi gempa yang cukup besar di daerah Tampang (6,4 SR) dan tahun 2021 di daerah Kotaagung (5,2 SR). Berdasarkan siklus gempabumi yang telah terjadi menunjukkan gempabumi besar disepanjang sesar Semangko segmen Lampung dimulai dari bagian Tenggara (Teluk Semangko) bergerak ke arah Timur Laut (Danau Ranau). Sehingga perlu diwaspadai potensi gempabumi di sebelah Timur Laut Kotaagung, mengingat tahun 1999 dan tahun 2021 telah terjadi di sebelah Tenggara Kotaagung.

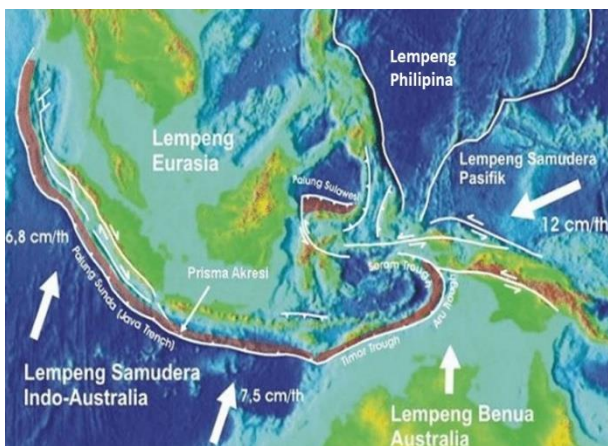
Kata Kunci : gembabumi, sesar, Lampung, mitigasi bencana

1. PENDAHULUAN

Gempabumi merupakan goncangan pada permukaan bumi yang dihasilkan dari gelombang seismik akibat pelepasan energi secara tiba-tiba dari dalam bumi (Hunt, 1984). Dinamika bumi memungkinkan terjadinya gempabumi. Setiap hari tidak kurang dari 8.000 kejadian gempabumi di dunia, dengan skala kecil kurang dari 2 pada Skala Richter (SR), sampai skala besar dengan kekuatan mencapai 9 SR yang secara statistik hanya terjadi satu kali dalam 20 tahun di dunia. Kurang lebih 10% kejadian gempabumi dunia terjadi di Indonesia, sehingga Indonesia termasuk wilayah rawan gempabumi. Berdasarkan penyebab yang dapat mengakibatkan terjadinya gempabumi, maka gempabumi dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu gempabumi vulkanik, tektonik dan akibat proses lain.

Secara geotektonik Indonesia merupakan tempat pertemuan empat lempeng aktif, yaitu: Lempeng Eurasia yang bergerak sangat lambat ke arah tenggara dengan kecepatan sekitar 0,4 cm/ tahun, Lempeng Samudera Indo – Australia yang bergerak ke arah utara dengan kecepatan sekitar 6,8 – 7,5 cm/ tahun, Lempeng Samudera Pasifik yang bergerak ke arah barat dengan kecepatan sekitar 12 cm/ tahun dan Lempeng Laut Philipina yang bergerak ke arah barat laut seperti ditunjukkan pada Gambar 1 (Minster dan Jordan, 1978). Pertemuan keempat lempeng tersebut merupakan salah satu tempat unik di dunia ini. Dampak dari pertemuan lempeng tersebut mengakibatkan terbentuknya tataan dan pola struktur geologi tertentu di wilayah Indonesia yang memberikan konsekuensi berupa dampak positif dan negatif. Dampak negatif yaitu rawan bencana geologi, yaitu: gempabumi, tsunami, letusan gunungapi, gerakan tanah atau

longsor, erosi, sedimentasi serta dinamika geologi destruktif lainnya. Kejadian bencana gempabumi dan tsunami, di beberapa wilayah di Indonesia, dicirikan dengan waktu kejadian sangat singkat dan tanda-tanda kejadiannya yang sangat singkat pula. Kedua jenis bencana geologi ini lama kejadiannya pada umumnya kurang dari 30 menit, akan tetapi telah mengakibatkan dampak bencana yang luar biasa berupa korban jiwa, kerugian harta benda, kerusakan lingkungan dan keresahan di masyarakat. Kejadian gempabumi dan tsunami dapat menghancurkan hasil pembangunan yang telah dibangun, mengganggu stabilitas ekonomi dan sosial, serta mengakibatkan lumpuhnya Pemerintahan tingkat Provinsi seperti yang terjadi di: Banda Aceh pada akhir tahun 2004, Pulau Nias pada bulan Maret tahun 2005, Yogyakarta 27 Mei 2006, Lombok 5 Agustus 2018, Palu 28 September 2018, Majene Januari 2021 dan lain-lain. Sayangnya, hingga saat ini belum ditemukan ilmu dan teknologi yang tepat untuk “meramalkan” kapan dan berapa besar kekuatan yang dapat diakibatkan oleh kejadian gempabumi dan tsunami.



Gambar 1. Peta geoteknik Indonesia tempat pertemuan empat lempeng aktif dunia

Pada penelitian ini akan dilakukan analisa dan potensi gempabumi yang merusak di lampung khususnya di sepanjang sesar Semangko segmen Lampung yang memanjang dari Teluk Lampung ke arah utara sampai perbatasan

Bengkulu dan Sumatera Selatan. Gempabumi yang terjadi tersebut berada di Sesar Semangko segmen Lampung yang memanjang dari Teluk Lampung sampai Danau Ranau. Gempabumi terjadi akibat pergerakan lempeng tektonik di sepanjang sesar Semangko segmen Lampung.

2. Metodologi

Penelitian untuk mengetahui potensi gempabumi di sepanjang sesar Semangko segmen Lampung dilakukan melalui beberapa tahapan kegiatan, yaitu: a) Studi pustaka yang mencakup: studi geologi daerah penelitian, studi sesar Semangko segmen Lampung, studi tentang gempabumi besar yang pernah terjadi di sepanjang sesar Semangko segmen Lampung, dan studi pustaka tentang pergerakan lempeng - lempeng di sepanjang sesar Semangko segmen Lampung; b) Pengambilan Data DEM daerah penelitian yang digunakan untuk menganalisis topografi dan hubungannya dengan keberadaan sesar Semangko segmen Lampung; c) Pengambilan data kegempaan di daerah penelitian dari tahun 1906 sampai Juni 2022 dari USGS (<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>); d) Komparasi data seismisitas, data DEM, data Geologi dan Data sesar Semangko segmen Lampung. Analisa potensi Gempabesar di sepanjang sesar Semangko segmen Lampung; dan e) Upaya mitigasi untuk meminimalisir dampak gempabumi.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Sejarah Kegempaan di Lampung dan Sepanjang Daerah Sesar Semangko Segemen Lampung

Kegiatan tektonik di kawasan Pulau Sumatera dan sekitarnya tergolong aktif sejak Paleozoikum – Mesozoikum – Tersier hingga sekarang ini yang diikuti oleh pembentukan jalur orogenesis di wilayah ini. Pulau Sumatera merupakan salah satu kawasan yang terletak pada pinggiran lempeng aktif (active plate margin), akibat benturan tersebut terbentuk

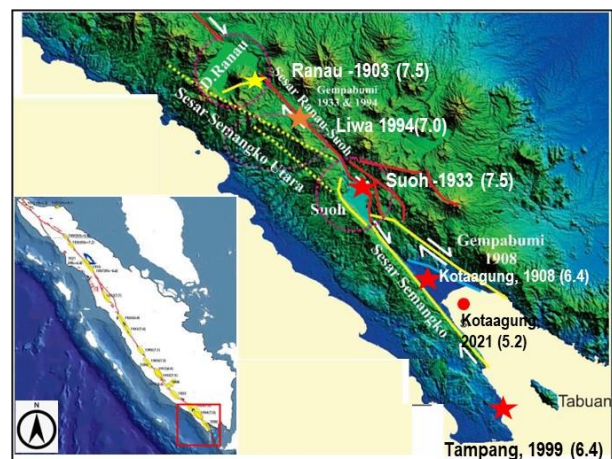
sejumlah sesar di Pulau Sumatera baik yang terdapat pada zona prismatic akresi yang terletak diantara zona subduksi dan pantai Pulau Sumatera maupun di daratan Pulau Sumatera. Sesar utama di Pulau Sumatera adalah Sesar Sumatera yang memanjang sepanjang Pulau Sumatera mulai dari Aceh hingga teluk Semangko Provinsi Lampung. Katili (1980) menyebut sesar ini Sesar Besar Sumatera (The Great Sumatera Fault), sedangkan Sieh dan Natawidjaja (2000) menyebutnya sebagai Sesar Sumatera.

Sesar Sumatera tersebut dapat dibagi menjadi 19 segmen (Sieh dan Natawidjaja, 2000), sedangkan Tjia (1977) membagi menjadi 18 segmen. Sesar Semangko segmen Lampung memanjang dari Teluk Semangko sampai Danau Ranau. Sejarah gempabumi di sepanjang sesar Semangko segmen Lampung telah terjadi dan tercatat diantaranya tahun 1903 di Liwa dengan kekuatan 7.5 SR yang menyebabkan kerusakan bangunan, guncangan kuat, episenter diperkirakan terletak di darat. Tahun 1933 gempa terjadi di Liwa dengan kerusakan yang hebat terjadi di daerah Suoh dengan kekuatan 7.5 SR yang menyebabkan kerusakan bangunan yang hebat dan guncangan terasa hingga daerah Sumatera bagian selatan. Tahun 1994 gempa juga terjadi di Liwa dengan kekuatan 7.0 SR dengan pusat gempa bersumber di darat akibat pergerakan sesar aktif (Gambar 2). 207 orang meninggal, lebih dari 2.000 orang luka-luka, lebih dari 6.000 rumah, toko dan bangunan permanen rusak. Bencana melanda kota Liwa. Terjadi longsoran besar di daerah Liwa, letusan freatik di Suoh, serta terjadi liquefaction di beberapa tempat. Retakan tanah terjadi di sekitar Sebarus.

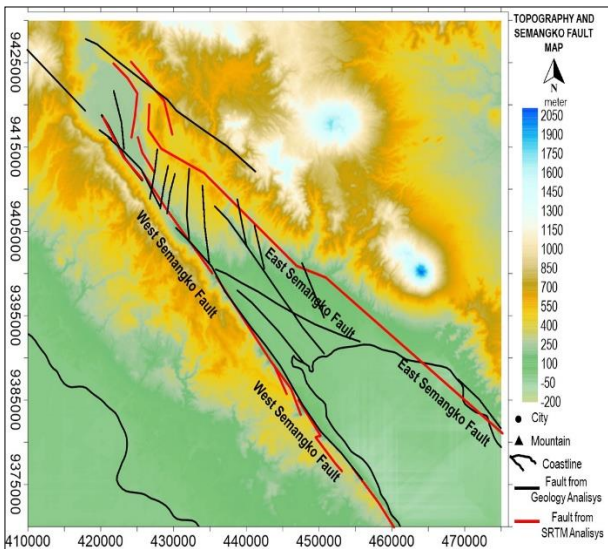
3.2. Pergerakan Lempeng Tektonik di Sepanjang Daerah Sesar Semangko Segmen Lampung

Patahan Semangko segmen Lampung terletak di antara zona Teluk Semangko sampai Danau

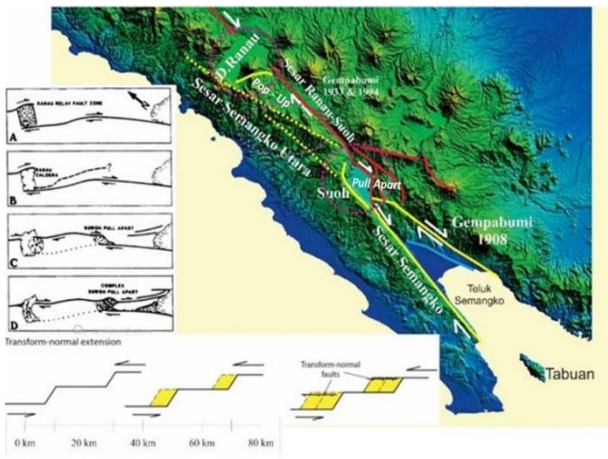
Ranau. Penelitian geologi oleh Sieh and Natawidjaja (2000) mendapatkan bahwa sesar aktif di Sumatera merupakan suatu sesar tunggal menganan yang terdiri dari beberapa segmen. Sistem sesar Sumatera segmen Semangko Lampung membentang dari teluk Semangko ke Utara sampai dengan depresi Suoh sepanjang 65 km memotong batuan gunung api (Bellier and Seiber, 1994; Ariwibowo dkk., 2017). Patahan ini membentuk graben yang tidak simetri dengan orientasi barat laut–tenggara yang memiliki gawir sesar setinggi 500 m, sedangkan di sebelah utara terdapat depresi Suoh berbentuk dome dengan lebar 10 km dan panjang 15 km (Gambar 3). Sedangkan analisa gaya pergerakan sesar di sepanjang sesar Semangko segmen Lampung ditunjukkan pada Gambar 4. Blok sesar Semangko bagian barat bergerak relative kearah barat laut dengan kecepatan 4 mm/tahun, sedangkan untuk blok sesar Semangko bagian Timur bergerak relative kearah Tenggara (Alif dkk., 2020). Kecepatan geser sesar Semangko segmen Ranau berkisar antara 2 – 10 mm/tahun, dimana sesar aktif ini merupakan sesar yang bergerak menganan yang terbagi dalam beberapa segmen (Natawijaya dan Sieh, 1995).



Gambar 2. Sejarah gempabumi besar di sepanjang Sesar Semangko segmen Lampung.



Gambar 3. Peta topografi daerah penelitian berdasarkan data SRTM 30 m dan sesar Semangko yang diturunkan dari analisa peta topografi SRTM30 m serta data geologi (Natawijaya, 2018; Amin dkk., 1994; Farr dkk., 2007; Alif dkk., 2020).



Gambar 4. Analisis releasing bend dan restraining bend pada sesar Semangko Segmen Selatan Danau Ranau dan Suoh (Bellier dan Sebrier, 1994).

Gambar 4 menunjukkan adanya morfologi pop up terlihat pada bagian Utara Suoh yang terbentuk akibat Bergeraknya Segmen Semangko Barat secara sinistral yang panjang sesarnya mencapai Danau Ranau, pergerakan tersebut memiliki dampak terhadap proses restraining bend di antara pull apart basin Danau Ranau dengan pull apart basin Suoh. Dilihat pada bagian ini terlihat adanya overlap dari kedua blok sesar (garis merah dan garis kuning) bagian tersebut saling membuka yang membentuk daerah bukaan yang hampir simetris. Secara Kinematik daerah separasi

antar sesar yang sejajar dan membentuk daerah releasing bend yang simetris yaitu overlap of side-stepping fault (Mann dkk., 1983) dan berdasarkan pengamatan morfologi celungan jarak separasi antar sesar $\pm 9,78$ km sehingga termasuk kedalam releasing bend bertipe Lazy-S Shaped pull apart (Mann dkk., 1983).

3.3. Aktivitas Kegempaan di Sepanjang Sesar Semangko Segmen Lampung

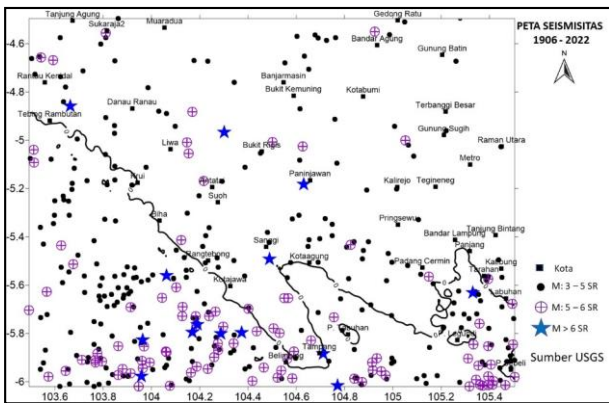
Gempabumi yang terjadi di Lampung dapat bersumber dari pergerakan lempeng tektonik, aktivitas gunung api dan runtuhannya. Gempabumi akibat pergerakan lempeng tektonik dapat berupa akibat pergerakan zona subduksi disebelah Barat pulau Sumatera dan pergerakan lempeng – lempeng di sepanjang sesar Sumatera, khususnya sesar Semangko segmen Lampung.

Sampai saat ini belum bisa diprediksi secara pasti kapan dan dimana gempabumi akan terjadi, tetapi berbagai upaya penelitian telah dilakukan untuk memperkirakan potensi terjadinya gempabumi di suatu wilayah. Salah satu metode yang dilakukan adalah dengan melakukan pemantauan pergerakan lempeng – lempeng tektonik menggunakan GPS, mengetahui sifat-sifat batuan, dan lain-lain. Pergerakan lempeng disepanjang sesar Semangko segmen Lampung ini terjadi secara terus menerus dengan kecepatan tertentu. Pada kondisi tertentu pergerakan lempeng satu dengan yang lain dapat melambat atau bahkan berhenti tumbukkan antar lempeng tersebut. Pada saat gaya yang terkumpul pada lempeng lempeng tersebut melebihi batas elastisitas dari batuan maka lempeng tersebut tidak mampu menahan gaya sehingga energi akan dilepas dalam bentuk gempabumi.

Selama pergerakannya Patahan Semangko menghasilkan banyak deformasi yang mengakibatkan tingginya kegempaan di sepanjang patahan tersebut. Berdasarkan data dari USGS mulai tahun 1906 sampai Juni 2022 di daerah penelitian telah terjadi gempabumi dengan intensitas > 4 SR sebanyak 2473 kali. Peta seismisitas daerah penelitian selama periode 1906 – 2022 ditunjukkan pada Gambar 5.

Gempa bumi besar dan merusak pernah terjadi di sepanjang Patahan Semangko segmen

Lampung, yaitu: Komering 1893 dan 2017 (5 SR), Kotaagung 1908, Suoh 1933, Ranau 1903 (7,5 SR) dan terakhir Liwa 1994 (7 SR) (Supartoyo dkk., 2014). Tahun 1999 terjadi gempa yang cukup besar di daerah Tampang dan tahun 2021 terjadi gempa di daerah Kotaagung (5,2 SR) (Suprptooyo dkk., 2014; BMKG, 2018)). Dari catatan sejarah gempabumi besar tersebut menunjukkan adanya periode terjadinya gempabumi besar 15-61 tahun. Sudah 28 tahun daerah sepanjang patahan Semangko segmen Lampung tidak terjadi gempabumi yang besar, tentunya selama periode 1994-2022 ini telah terakumulasi energi yang sangat besar yang dapat dilepaskan sewaktu-waktu dalam bentuk gempabumi.

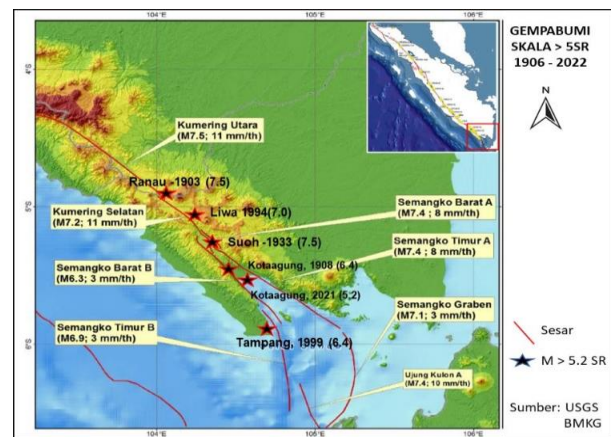


Gambar 5. Peta seismisitas daerah penelitian selama periode 1906 – 2022.

3.4. Perkembangan Aktifitas Kegempaan di Sepanjang Sesar Semangko Segmen Lampung

Untuk mengetahui potensi terjadinya gempabumi di suatu wilayah dapat diperkirakan dari sejarah aktifitas gempa di daerah tersebut, keberadaan sesar aktif dan pergerakannya, serta sifat batuan di daerah tersebut. Sesar Semangko segmen Lampung tersusun dari beberapa segmen sesar mulai dari Tenggara yaitu teluk Semangko dengan bukaan yang sangat lebar yaitu ± 20 km yang terus mengecil ke arah Timur Laut sampai ke batas depresi Suoh dengan lebar yaitu ± 2 km, sedangkan depresi Suoh membentuk dome dengan lebar 10 km dan panjang 15 km. Sebelah Barat Laut depresi Suoh terdapat sesar Suoh – Ranau disebelah Timur dan sesar Semangko Utara disebelah Barat yang menerus sampai danau Ranau (McCaffrey, 2009).

Pergerakan lempeng lempeng penyusun sesar Semangko ini dipercaya sebagai sumber terjadinya gempabumi (Gambar 6). Secara morfologi pergerakan lempeng dimulai dari bagian Tenggara yang akibat gaya tektonik di daerah Teluk Semangko terus membuka ke kanan dan kiri pada waktu tertentu menyebabkan gempabumi. Akibat gaya yang terus bekerja makan lempeng di daerah tersebut terus membuka yang akan menyebabkan gempabumi yang mengarah ke Barat laut dan berhenti di depresi Suoh dan diteruskan Kembali sampai ke daerah Danau Ranau. Sehingga arah penjalaran sumber gempabumi di daerah tersebut dimulai dari Tenggara terus bergerak ke Barat laut. Hal ini didukung oleh sejarah gempabumi besar disepanjang sesar tersebut sejak tahun 1908 sampai 1994 dimana telah terjadi gempabumi besar tahun 1908 di Kotaagung, 1933 di daerah Suoh dan tahun 1994 di daerah Liwa. Tahun 1994 di daerah Tampang terjadi gempa yang cukup besar (6,4 SR) meskipun tidak menimbulkan korban Jiwa dan tahun 2021 terjadi juga gempabumi dengan kekuatan 5,2 SR. Berdasarkan siklus gempabumi yang telah terjadi menunjukkan gempabumi besar disepanjang sesar Semangko segmen Lampung dimulai dari bagian Tenggara bergerak ke arah Timur Laut. Sehingga perlu diwaspadai potensi gempabumi di sebelah Timur Laut Kotaagung, mengingat tahun 1999 dan tahun 2021 telah terjadi di sebelah Tenggara Kotaagung.



Gambar 6. Peta sesar Semangko segmen Lampung dan sejarah kejadian gempabumi besar di sepanjang sesar tersebut dari tahun 1906 sampai Juni 2022 dan potensi terjadinya gempabumi

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa tentang kegempaan dan potensi gempabumi di sepanjang sesar Semangko segmen Lampung mendapatkan bahwa sistem sesar Sumatera segmen Semangko Lampung membentang dari teluk Semangko ke Utara sampai dengan depresi Suoh sepanjang 65 km memotong batuan gunung api. Patahan ini membentuk graben yang tidak simetri dengan orientasi barat laut–tenggara yang memiliki gawir sesar setinggi 500 m, sedangkan di sebelah utara terdapat depresi Suoh berbentuk dome dengan lebar 10 km dan panjang 15 km. Secara morfologi pergerakan lempeng dimulai dari bagian Tenggara yang akibat gaya tektonik di daerah Teluk Semangko terus membuka ke kanan dan kiri pada waktu tertentu menyebabkan gempabumi. Akibat gaya yang terus bekerja maka lempeng di daerah tersebut terus membuka yang akan menyebabkan gempabumi mulai dari Teluk Semangko – Kotaagung – Suoh - Liwa dan Danau Ranau. Dari data kegempaan menunjukkan bahwa di sepanjang Patahan Semangko segmen Lampung pernah terjadi gempabumi yang besar dan merusak, yaitu: Komering 1893, Ranau tahun 1903 (7,5SR), Kotaagung 1908 (6,4 SR), Suoh 1933 (7,5 SR), dan terakhir Liwa 1994 (7 SR). Tahun 1999 terjadi gempa yang cukup besar di daerah Tampang (6,4 SR) dan tahun 2021 di daerah Kotagung (5.2 SR). Berdasarkan siklus gempabumi yang telah terjadi menunjukkan gempabumi besar disepanjang sesar Semangko segmen Lampung dimulai dari bagian Tenggara (Teluk Semangko) bergerak ke arah Timur Laut (Danau Ranau). Sehingga perlu diwaspadai potensi gempabumi di sebelah Timur Laut Kotaagung, mengingat tahun 1999 dan tahun 2021 telah terjadi di sebelah Tenggara Kotaagung. Perlu adanya upaya mitigasi tentang bahaya gempabumi di sekitar daerah berpotensi terjadi gempabumi khususnya disepanjang daerah yang berada di zona sesar Semangko segmen Lampung mulai daerah Tanggamus dan Lampung Barat.

Daftar pustaka

- Alif, S. M., Fattah, E. I., & Kholil, M. (2020) Geodetic slip rate and locking depth of east Semangko Fault derived from GPS measurement. *Geodesy and Geodynamics*, 11(3), 222–228. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geog.2020.04.002>
- Alif, S.M., Ardiansyah, M.I., Wiyono, S. (2020) Segmentation of Sumatran Fault Zone in Tanggamus District, Lampung based on GPS Displacement and SRTM Data. *Proceeding of ICoSITeR*, vol. 3, pp. 1-3, 2020.
- Amin, T.C., Sidarto, S., Santoso, & Gunawan, W. (1994) Peta Geologi Lembar Kotaagung, Sumatera, skala 1:250.000.
- Ariwibowo, S., Muslim, D., Winantris, Natawidjaja, D.H., & Daryono, M.R. (2017) Sub-Segmentasi Sesar Pada Segmen Kumering Antara Danau Ranau Hingga Lembah Suoh, Lampung Barat. *Journal of Environment and Geological Hazard*, 8(692), 31–45.
- Bellier, O. & Sébrier, M. (1994) Relationship between tectonism and volcanism along the Great Sumatran Fault Zone deduced by spot image analyses. *Tectonophysics*, 233(3), 215–231. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0040-1951\(94\)90242-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0040-1951(94)90242-9)
- BMKG (2019) Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak Tahun 1821 – 2018. Pusat Gempabumi dan Tsunami, Kedepuitan Bidang Geofisika BMKG Jakarta. ISBN 2477-0582.
- Farr, T.G., Rosen, P.A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D., & Alsdorf, D. (2007) The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews of Geophysics*, 45(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2005RG000183>
- Katili, J.A., (1980) Geotectonics of Indonesia, A Modern View, Direktorat Jenderal Pertambangan, Departemen Pertambangan dan Energi.

- Mann P., Hempton M.R., Bradley D.C., and Burke K. (1983) Development of Pull-Apart Basins. *The Journal of Geology* Vol. 91, No. 5 (Sep., 1983), pp. 529-554 (26 pages) Published By: The University of Chicago Press
- McCaffrey, R. (2009) The Tectonic Framework of the Sumatran Subduction Zone. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 37(1), 345–366. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.031208.100212>
- Minster, B. and Jordan, T. (1978) Present Day Plate Motions, *Research-Atmospheres* 83(B11). 10.1029/JB083iB11p05331
- Muraoka, H., Nasution, A., Simanjuntak, J., Dwipa, S., Takahashi, M., Takahashi, H., Matsuda, K., and Sueyoshi, Y. (2005) Geology and Geothermal Systems in the Bajawa Volcanic Rift Zone, Flores, Eastern Indonesia. *Proceedings World Geothermal Congress 2005 Antalya, Turkey, 24-29 April 2005*
- Natawidjaja, D.H. (2018) Updating active fault maps and slip rates along the Sumatran Fault Zone, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 118(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012001>
- 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 Pitranto, E.T. (2014) *Katalog Gempabumi Merusak di Indonesia Tahun 1612 – 2014*. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi Bandung.
- Tjia, H.D., 1977, Tectonic depression along the transcurrent Sumatera fault zone, *Geologi Indonesia* Vol. IV, p. 13-27.
- Indonesia sesungguhnya memiliki potensi sumber energi terbarukan dalam jumlah besar. Beberapa diantaranya bisa segera diterapkan di tanah air, seperti: bioethanol sebagai pengganti bensin, biodiesel untuk pengganti solar, tenaga panas bumi, mikrohidro, tenaga surya, tenaga angin, bahkan sampah atau limbah pun bisa digunakan untuk membangkitkan listrik. Hampir semua sumber energi tersebut sudah dicoba diterapkan dalam skala kecil di tanah air (Abubakar, 2007).