

Analisis Bahaya Gempabumi di Wilayah Kabupaten Sumenep Berdasarkan Distribusi Seismisitas dan Nilai PGA

Ratri Andinisari¹, Ardiyanto M. Gai², Rizka Rahma³, Christian R. Doko⁴

¹Program Studi Teknik Sipil, ITN Malang, Jl. Bendungan Sigura-Gura No. 2, Malang

Email: aratri@lecturer.itn.ac.id

²Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, ITN Malang, Jl. Bendungan Sigura-Gura No. 2, Malang

Email: ardiyanto_maksimilianus@lecturer.itn.ac.id

³Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, ITN Malang, Jl. Bendungan Sigura-Gura No. 2, Malang

Email: rizkarahma10@gmail.com

⁴Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, ITN Malang, Jl. Bendungan Sigura-Gura No. 2, Malang

Email: riwuchristiandoko@gmail.com

ABSTRAK

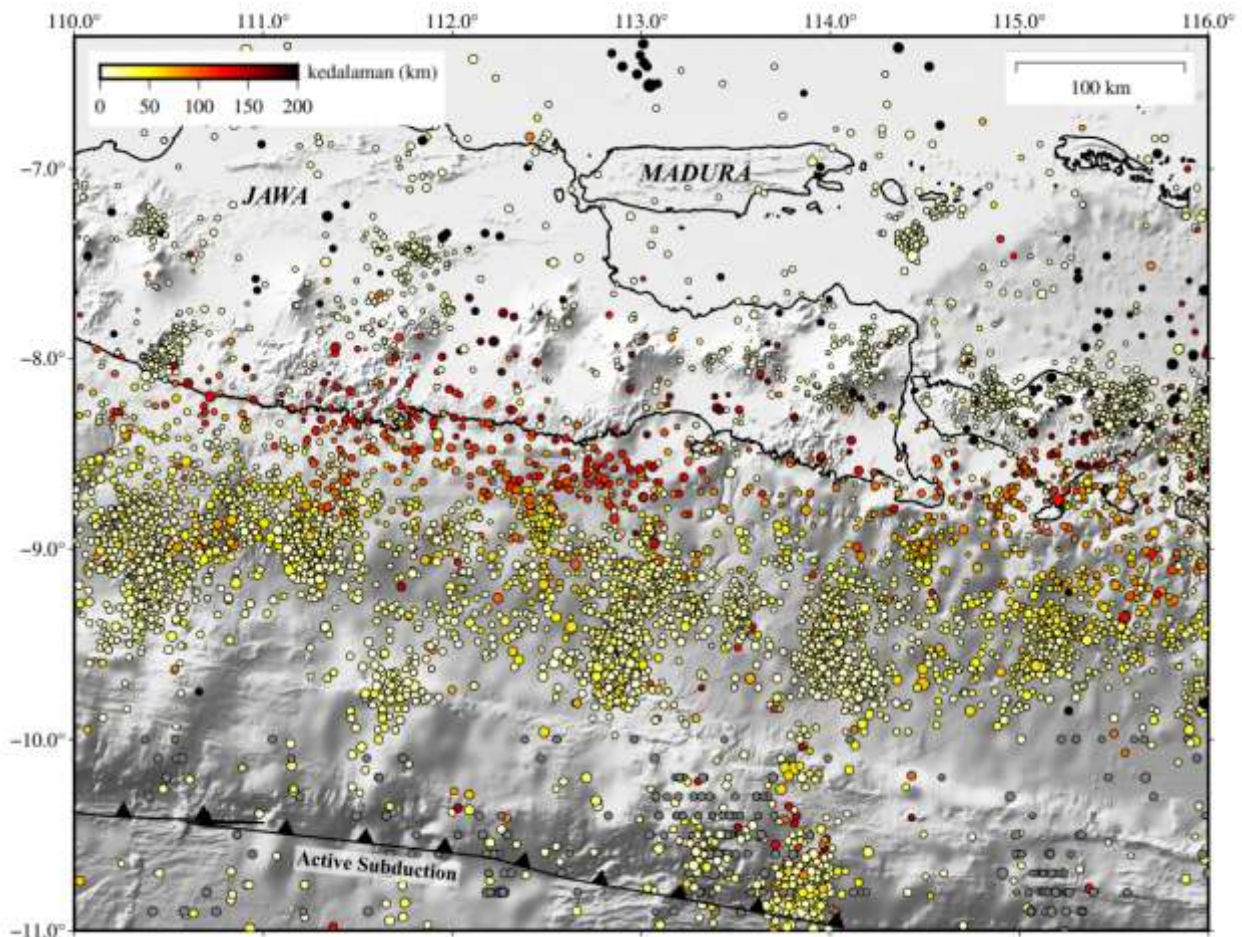
Korelasi antara distribusi seismisitas dan nilai PGA dapat digunakan untuk melakukan analisis bahaya bencana gempabumi pada suatu wilayah. Dalam kajian ini, kedua parameter tersebut digunakan untuk tingkat bahaya bencana gempabumi di Kabupaten Sumenep. Berdasarkan data seismisitas, terdapat sebanyak 257 gempabumi di wilayah Kabupaten Sumenep pada tahun 2010-2023. Terdapat pula gempabumi pada kategori sedang hingga tinggi pada tanggal 26 April 2018 dan 2 April 2019 dengan momen magnitudo 5,3 dan 4,9, masing-masing pada bagian perairan di selatan Pulau Raas dan Kangean. Kluster gempa bumi dengan magnitudo rendah juga ditemukan di pesisir selatan Pulau Raas dan Sapudi. Selain itu, rentang nilai PGA Kabupaten Sumenep adalah 0,1999 g hingga 0,2083 g dengan nilai tertinggi terdapat di wilayah Kabupaten Sumenep yang berbatasan dengan Kabupaten Pamekasan, serta di bagian selatan Pulau Sapudi dan Raas. Secara keseluruhan, Kabupaten Sumenep memiliki seismisitas dan nilai PGA yang rendah. Akan tetapi, adanya gempabumi dengan momen magnitudo sedang hingga tinggi memperkuat kemungkinan bahwa segmen-segmen patahan di kabupaten ini mampu menghasilkan gempabumi dengan momen magnitudo yang sama atau lebih besar di masa depan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa Kabupaten Sumenep terpapar bahaya gempabumi dengan level sedang.

Kata kunci: seismisitas, PGA, bahaya, gempabumi, Sumenep

PENDAHULUAN

Kegempaan di Pulau Jawa banyak dipengaruhi oleh adanya zona subduksi di sepanjang pesisir selatan Jawa, dimana Lempeng Australia menghunjam di bawah Lempeng Eurasia dengan laju 58-65 mm/tahun (Widiyantoro and van der Hilst, 1996; Koulali et al. 2017). Menurut katalog yang dirilis Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), setidaknya terdapat 9 gempabumi destruktif dengan momen magnitudo (Mw) antara 5,3 hingga 7,8 yang terjadi di Pulau Jawa dalam kurun waktu 65 tahun terakhir, 9 diantaranya terjadi di wilayah Propinsi Jawa Timur. Kegempaan di wilayah Jawa Timur terkonsentrasi di sepanjang pesisir selatan Jawa dengan berbagai kedalaman dan magnitude (Irsyam et al., 2017). Distribusi episenter gempabumi di wilayah Jawa Timur dari tahun 2010-2023 berdasarkan katalog BMKG terdapat pada Gambar 1.

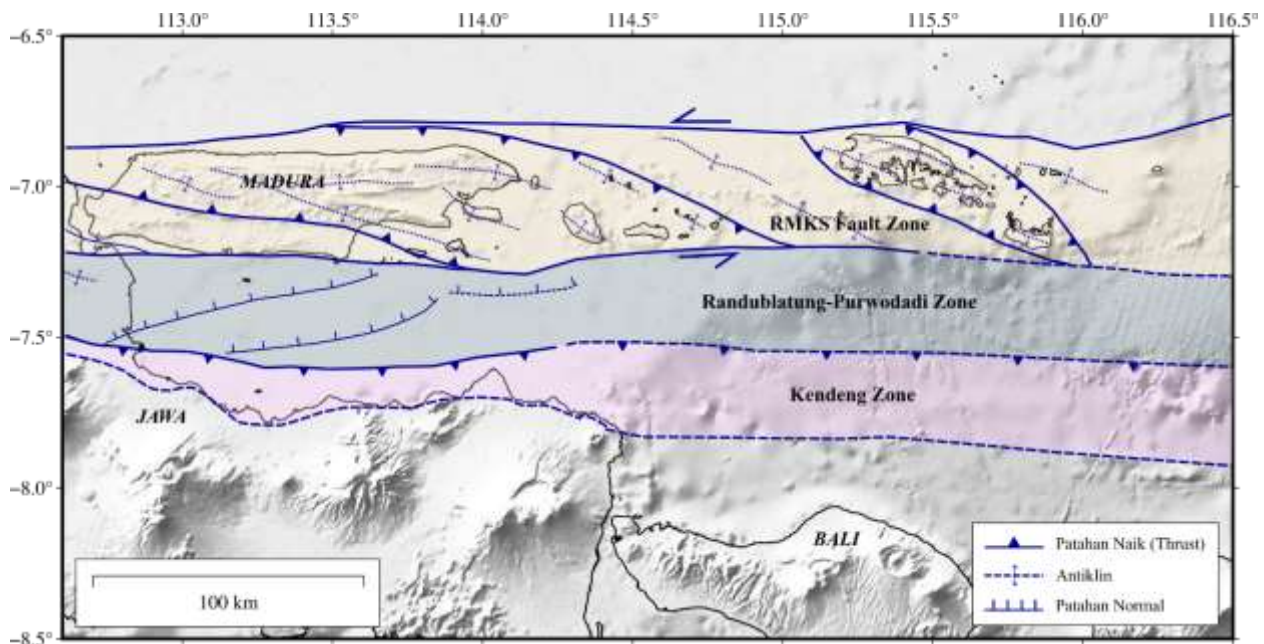
Gempabumi dengan magnitude rendah juga terjadi pada area lepas pantai utara Pulau Jawa. Secara geologis, area ini merupakan sebuah basin dengan kondisi tektonik yang cukup rumit dimana terdapat sebuah zona deformasi yang memanjang dari barat ke timur dari sebelah utara Rembang, Tuban, Madura, Kangean, Sakala, hingga Sepanjang, tepatnya di sebelah utara zona geologi Randublatung-Purwodadi. Studi terdahulu dengan menggunakan metode seismik dan gaya berat menyatakan bahwa pada area ini terdapat zona patahan yang cukup aktif berupa sesar geser mengiri (*sinistral strike slip*) dengan panjang sekitar 1200 km, *strike* ke arah tenggara, dan kemiringan 90° (Satyana et al., 2004; Irsyam et al., 2017; Prasetyadi, 2023; Pramadhana et al., 2024). Zona deformasi tersebut kemudian disebut zona sesar Rembang-Madura-Kangean-Sakala atau RMKS Fault Zone, seperti yang disajikan pada Gambar 2. RMKS Fault Zone terletak diantara area dengan kondisi tektonik yang berbeda di utara dan selatan Pulau Madura dengan mayoritas struktur geologi yang diakibatkan *wrenching* atau perkembangan pola sesar mendatar (*strike slip*). Mengingat cukup rumitnya kondisi geologi pada area tersebut, sangat disayangkan bahwa hingga saat ini belum ada kajian yang membahas mengenai korelasi kondisi geologi yang telah dijabarkan dengan seismisitas di wilayah Jawa Timur.



Gambar 1. Seismisitas Jawa Timur berdasarkan katalog BMKG pada tahun 2010 hingga 2023. Warna masing-masing lingkaran episenter gempa bumi menunjukkan kedalaman pusat gempa sesuai dengan skala warna pada bagian kiri atas peta.

Salah satu kabupaten yang keseluruhan areanya terdapat pada RMKS Fault Zone adalah Kabupaten Sumenep. Kabupaten ini terdiri atas wilayah daratan dan 126 pulau dengan luas wilayah keseluruhan mencapai 208.402 ha yang terbagi menjadi 27 wilayah kecamatan. Akibat letak geografis Kabupaten Sumenep tepat pada RMKS Fault Zone, wilayah kabupaten ini tersusun atas berbagai struktur geologi akibat *tectonic wrenching*, misalnya sinklin dan antiklin, serta sesar naik yang dangkal. Terdapat tiga sesar naik utama pada Kabupaten Sumenep, antara lain yang terdapat di bagian timur Pulau Madura dan juga pada pesisir barat serta timur Pulau Kangean, yang keseluruhannya berorientasi barat laut – tenggara (Gambar 2).

Selain menggunakan korelasi antara kondisi geologis dan seismisitas, analisis bahaya gempa bumi di suatu wilayah dapat pula dilakukan dengan menghitung nilai Peak Ground Acceleration (PGA). Nilai PGA itu sendiri merepresentasikan nilai percepatan tanah di batuan dasar pada lokasi tertentu saat terjadinya gempa bumi. Besaran ini merupakan salah satu parameter yang sering digunakan sebagai indeks intensitas getaran dan kerusakan akibat gempa bumi. Area dengan nilai PGA tinggi kemungkinan akan mengalami kerusakan yang lebih besar dibandingkan dengan area dengan nilai PGA yang lebih rendah. Metode yang sering digunakan dalam analisis kebencanaan berkaitan dengan nilai PGA adalah *Probability Seismic Hazard Analysis* (PSHA). Metode ini memanfaatkan fungsi distribusi probabilitas dan memperhitungkan pengaruh faktor ketidakpastian dalam terjadinya gempa bumi dengan magnitude tertentu. Dengan menggunakan metode ini, dapat dikaji tingkat bahaya gempa bumi di suatu wilayah beserta faktor ketidakpastiannya (Kumala et al., 2018). Prediksi risiko bahaya gempa dengan menggunakan metode PSHA menunjukkan bahwa nilai PGA untuk wilayah Jawa Timur saat $T=0$ detik untuk *Probability of Exceedance* (PE) 10% dalam rentang waktu 50 tahun adalah 0,2-0,4 g dan 0,40-0,65 g untuk PE 2% dalam 50 tahun. Rentang nilai PGA tersebut menunjukkan bahwa wilayah Jawa Timur merupakan daerah dengan tingkat kerawanan gempa bumi dengan kategori sedang sampai tinggi. Pada penelitian yang sama, dinyatakan pula bahwa nilai PGA untuk 10% PE dalam kurun waktu 50 tahun pada Kabupaten Sumenep memiliki nilai 0,306 g (Kumala dan Wahyudi, 2016).



Gambar 2. Struktur geologi area laut lepas utara Jawa dan Bali yang memperlihatkan zona geologi Kendeng, Randublatung-Purwodadi, dan RMKS Fault Zone. Garis patahan ini digambar kembali berdasarkan peta *geological setting* Jawa Timur oleh Satyana et al. (2004).

Kajian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat bahaya bencana gempa bumi di Kabupaten Sumenep berdasarkan seismisitas dan PGA wilayah tersebut. Pertama-tama data seismisitas dimanfaatkan sebagai acuan dalam penentuan indeks bahaya gempa bumi di wilayah Kabupaten Sumenep. Guna mendapatkan gambaran bahaya gempa bumi secara detail, selanjutnya dilakukan pula identifikasi bahaya gempa melalui pemetaan nilai PGA. Dengan demikian, wilayah Kabupaten Sumenep yang terpapar bahaya gempa bumi dapat teramati dengan baik hingga pada level wilayah kecamatan.

METODE

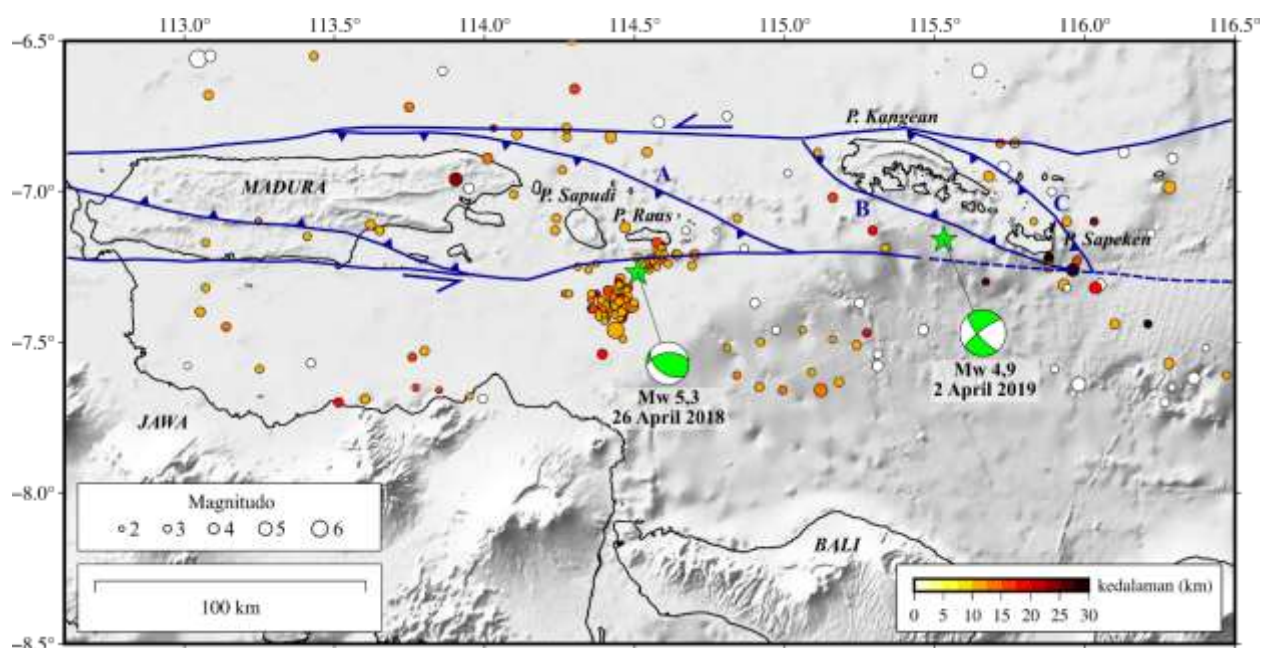
Kajian ini menggunakan dua dataset sekunder, yaitu data seismisitas dan nilai PGA untuk Kabupaten Sumenep. Data seismisitas yang digunakan dalam Kajian ini didapatkan dari katalog gempa bumi BMKG pada tahun 2010 hingga 2023 yang dapat diakses melalui website repogempa (<https://repogempa.bmkg.go.id/eventcatalog>, terakhir diakses pada tanggal 15 Mei 2024). Adapun parameter data gempa bumi yang digunakan dalam analisis ini meliputi lintang, bujur, dan kedalaman pusat gempa, *origin time* atau waktu kejadian gempa, serta magnitudo gempa. Parameter-parameter tersebut dibutuhkan dalam pembuatan peta distribusi seismisitas di Kabupaten Sumenep. Dari katalog BMKG tahun 2010-2023, ditemukan sebanyak 257 gempa bumi yang terjadi di Kabupaten Sumenep dengan momen magnitudo maksimal 5,3.

Nilai PGA didapatkan dengan menggunakan aplikasi LINI yang terdapat pada website PU Bina Marga (<https://lini.binamarga.pu.go.id/>, terakhir diakses tanggal 15 Mei 2024) dengan rentang sampling $0,01^\circ$ bujur dan lintang. Dalam kajian ini digunakan PGA dengan PE 7% dalam kurun waktu 75 tahun yang berarti bahwa per tahunnya terdapat kemungkinan sebesar 0,093% nilai PGA yang terukur pada suatu daerah memiliki nilai yang sama atau lebih besar dari nilai yang telah ditentukan. Pedoman perhitungan nilai PGA pada aplikasi LINI adalah SNI 8460:2017 mengenai persyaratan perancangan geoteknik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi tektonik Kabupaten Sumenep dan RMKS Fault Zone serta distribusi seismisitas dari tahun 2010 hingga 2023 terdapat pada Gambar 3. Dari gambar tersebut terlihat bahwa keseluruhan wilayah Kabupaten Sumenep terletak pada RMKS Fault Zone. Patahan utama yang terdapat pada kabupaten ini salah satunya adalah patahan naik (*thrust*) di sepanjang pesisir timur laut Pulau Madura, Pulau Sapudi, dan Pulau Raas (segmen patahan A pada Gambar 3). Dua patahan utama lainnya adalah patahan naik di barat daya dan timur laut Pulau Kangean dan Pulau Sapeken

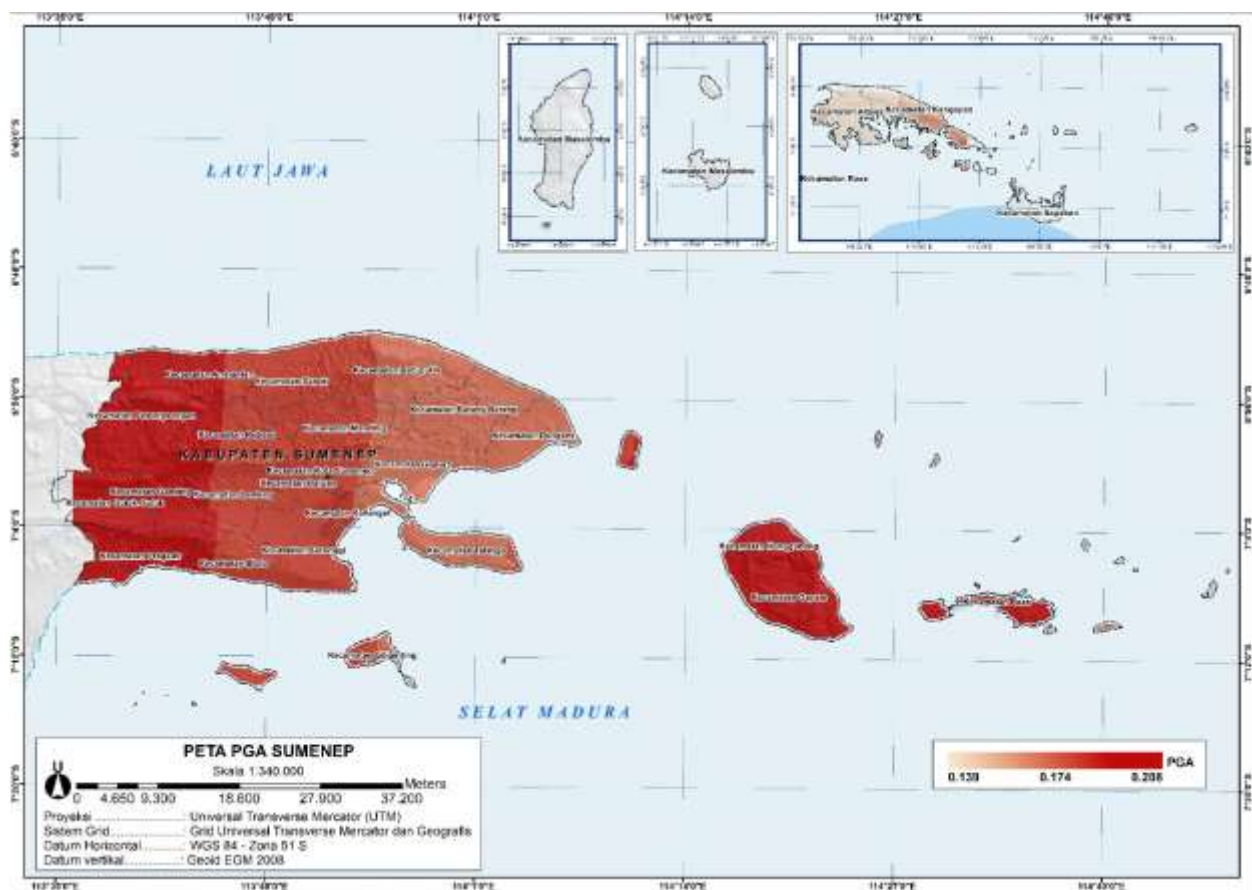
(segmen patahan B dan C pada Gambar 3). Berdasarkan katalog yang dirilis BMKG pada periode 2010-2023, terdapat 257 gempabumi di Kabupaten Sumenep dengan magnitudo 2,3 hingga 5,3. Gempabumi pada kategori sedang hingga tinggi di Kabupaten Sumenep terjadi pada tanggal 26 April 2018 (Mw 5,3) dan 2 April 2019 (Mw 4,9), masing-masing pada bagian perairan di selatan Pulau Raas dan Kangean. Gempabumi Mw 5,3 pada 26 April 2018 memiliki mekanisme sumber berupa patahan naik dengan orientasi NWW-SSE dan berlokasi pada area batas antara RMKS Fault Zone dan Randublatung-Purwodadi Zone. Pada area timur laut dan barat daya episenter gempa ini terdapat dua kluster gempabumi dengan kedalaman maksimal 20 km. Ditinjau dari lokasi dan orientasi kluster serta mekanisme sumber yang tersedia, kemungkinan gempabumi pada 26 April 2018 dan gempa-gempa kecil pada lokasi tersebut disebabkan oleh bidang patahan yang sama. Gempabumi lain dengan magnitudo sedang (Mw 4,9) terjadi pada tanggal 2 April 2019 dengan mekanisme sumber berupa patahan mendatar (*strike-slip*). Gempa ini tidak dapat diasosiasikan dengan kluster gempabumi maupun patahan segmen manapun di Kabupaten Sumenep. Keseluruhan distribusi episenter menunjukkan rendahnya kemungkinan keterkaitan antara terjadinya gempabumi dengan segmen patahan naik A, B, dan C. Hal ini terlihat dari tidak adanya kluster episenter di sepanjang ketiga segmen patahan tersebut.



Gambar 3. Distribusi seismisitas di Kabupaten Sumenep berdasarkan katalog BMKG tahun 2010-2023 beserta patahan-patahan yang ada pada RMKS Fault Zone.

Dalam kajian ini, rentang nilai PGA Kabupaten Sumenep dibagi menjadi 6 kelas dengan rentang nilai dominan 0,1999-0,2083 g seluas 53,586 ha. Pembagian wilayah berdasarkan nilai PGA tersebut terdapat pada Gambar 4. Berdasarkan Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 yang disusun Kementerian Pekerjaan Umum, Kabupaten Sumenep memiliki nilai PGA paling rendah jika dibandingkan dengan wilayah kabupaten lainnya. Secara geologi, Kabupaten Sumenep didominasi oleh perselingan batupasir kuarsa dengan batugamping dan batulempung, serta alluvium (Situmorang et al., 1992). Komposisi alluvium dan perselingan batupasir kuarsa tersebut menurun pada bagian timur Pulau Madura, yang juga disertai dengan penurunan nilai PGA.

Dari hasil klasifikasi nilai PGA (Gambar 4), terlihat adanya 12 kecamatan di Kabupaten Sumenep yang memiliki nilai PGA paling tinggi, antara lain Kecamatan Ambunten, Bluto, Dungkek, Ganding, Gayam, Guluk-Guluk, Lenteng, Nonggunong, Pasongsongan, Pragaan, Raas, dan Rubaru. Dari 12 Kecamatan tersebut, Kecamatan Pasongsongan merupakan wilayah kecamatan dengan nilai PGA tertinggi. Hal ini konsisten dengan kondisi geologi Pulau Madura itu sendiri, mengingat Kecamatan Pasongsongan merupakan salah satu kecamatan yang terletak di wilayah paling barat Kabupaten Sumenep, dimana komposisi komposisi alluvium dan perselingan batupasir kuarsa sangat dominan. Sementara itu, nilai PGA pada Kecamatan Gayam, Nonggunong, dan Raas yang terletak pada Pulau Sapudi dan Raas juga memiliki nilai PGA yang tergolong tinggi di wilayah Kabupaten Sumenep. Anomali ini konsisten dengan tingginya seismisitas di wilayah perairan bagian selatan kedua pulau tersebut. Meskipun demikian, nilai PGA yang terdapat pada seluruh kecamatan tersebut tergolong rendah jika dibanding dengan nilai PGA tertinggi yang teramati di seluruh Kawasan Indonesia (> 3,0 g).



Gambar 4. Distribusi nilai PGA di wilayah Kabupaten Sumenep PGA dengan PE 7% dalam kurun waktu 75 tahun.

Berdasarkan distribusi dan seismisitasnya, wilayah daratan Kabupaten Sumenep tidak terpapar bahaya gempa signifikan, kecuali pada kecamatan-kecamatan yang berbatasan dengan Kabupaten Pamekasan serta Pulau Sapudi dan Raas. Adanya segmen patahan naik pada perairan di sepanjang pesisir timur laut Pulau Madura, Pulau Sapudi, dan Pulau Raas serta segmen patahan naik di sekeliling Pulau Kangean dan Sapeken dengan orientasi barat laut – tenggara juga berpengaruh pada tingginya bahaya gempabumi di wilayah Kabupaten Sumenep. Akan tetapi, hampir semua segmen patahan naik tersebut tidak berasosiasi dengan seismisitas pada tahun 2010-2023. Rendahnya produktifitas gempabumi dan nilai PGA tidak sepenuhnya menjadikan level bahaya gempabumi di wilayah kabupaten ini menjadi rendah. Adanya gempabumi dengan momen magnitudo 4,9 dan 5,3 membuktikan adanya kemungkinan bahwa segmen-segmen patahan pada wilayah kabupaten ini teraktifasi kembali dan menghasilkan gempabumi dengan intensitas sedang hingga tinggi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa Kabupaten Sumenep terpapar bahaya gempabumi dengan level sedang.

KESIMPULAN

Dalam kajian ini dilakukan analisis bahaya gempabumi di wilayah Kabupaten Sumenep berdasarkan distribusi seismisitas dan nilai PGA. Data yang digunakan pada kajian ini terdiri atas data seismisitas yang dirilis BMKG untuk tahun 2010-2023 dan nilai PGA dengan PE 7% dalam kurun waktu 75 tahun. Kesimpulan yang didapatkan dari analisis kedua dataset tersebut antara lain:

1. Data seismisitas menunjukkan adanya gempabumi dengan magnitudo sedang yang terjadi pada tanggal 26 April 2018 (Mw 5,3) dan 2 April 2019 (Mw 4,9), masing-masing pada bagian perairan di selatan Pulau Raas dan Kangean. Gempabumi Mw 5,3 pada 26 April 2018 memiliki mekanisme sumber berupa patahan naik, sedangkan gempabumi Mw 4,9 pada 2 April 2019 dengan mekanisme sumber berupa patahan mendatar (*strike-slip*). Terdapat pula kluster gempabumi dengan magnitudo rendah di selatan Pulau Sapudi dan Raas.
2. Nilai PGA di wilayah Kabupaten Sumenep berada pada rentang 0,1999-0,2083 g. Distribusi nilai PGA tertinggi terdapat pada kecamatan-kecamatan paling barat di sepanjang perbatasan antara Kabupaten Sumenep dan Pamekasan, serta pada kecamatan yang terdapat di Pulau Sapudi dan Raas.

3. Secara umum, seismisitas di wilayah Kabupaten Sumenep cukup rendah. Nilai PGA yang teramati di wilayah Kabupaten Sumenep juga tergolong rendah jika dibanding dengan nilai PGA tertinggi yang teramati di seluruh Kawasan Indonesia. Mengingat bahwa gempa bumi dengan intensitas sedang hingga tinggi pernah terjadi di Kabupaten Sumenep, terdapat kemungkinan bahwa segmen-segmen patahan di kabupaten ini mampu menghasilkan gempa bumi dengan momen magnitudo yang sama atau lebih besar di masa depan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa Kabupaten Sumenep terpapar bahaya gempa bumi dengan level sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Irsyam, M., Widiyantoro, S., Natawidjaja, D. H., Meilano, I., Rudyanto, A., Hidayati, S., Triyoso, W., Hanifa, N. R., Djarwadi, D., Faizal, L., Sunarjito, (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Indonesia.
- Koulali A, McClusky S, Susilo, S. et al., (2017). *The kinematics of crustal deformation in Java from GPS observations: Implications for fault slip partitioning*. Earth Planet Sci. Lett., 458, 69-79.
- Kumala, S. A., Huda, D. N., Irawan, M. C., (2018). *Analisis PGA (Peak Ground Acceleration) Berdasarkan Data Gempa Untuk Wilayah Jakarta Timur Menggunakan Software PSHA*. Faktor Exacta, 11 (4), 379-384.
- Kumala, S. A., Wahyudi, (2016). *Analisis Nilai PGA (Peak Ground Acceleration) Untuk Seluruh Wilayah Kabupaten dan Kota di Jawa Timur*. INERSIA, Vol. XII (1), 37-43.
- Pramadhana, D. A., Putra, B. H. P. P., Syirojudin, M., (2024). *Studi Pemetaan Sesar Rembang-Madura-Kangean-Sakala (Rmks) Dengan Data Gaya Berat Menggunakan Analisis Turunan*. Jurnal Geosaintek, 10 (1), 51-62.
- Prasetyadi, C., Rachman, M. G., Hapsoro, S. E., Shirly, A., Gunawan, A., Purwaman, I., (2016). *Seismic-Based Structural Mapping Of Rmks Fault Zone: Its Implication To Hydrocarbon Accumulation In East Java Basin*. Prosiding GEOSEA XIV CONGRESS AND 45TH IAGI ANNUAL CONVENTION 2016 (GIC 2016), Bandung, 10-16 Oktober 2016, 1-4.
- Satjana, H., Erwanto, E., Prasetyadi, C., (2004). *Rembang-Madura-Kangean-Sakala (RMKS) Fault Zone, East Java Basin: The Origin and Nature of a Geologic Border*. Prosiding INDONESIAN ASSOCIATION OF GEOLOGISTS 33RD ANNUAL CONVENTION, Bandung, 29 November - 1 Desember 2016, 1-23.
- Widiyantoro S and Van Der Hilst R., (1996). *Structure and evolution of lithospheric slab beneath the Sunda arc, Indonesia*. Science, (80-), 271: 1566-1570.