

IDENTIFIKASI KERENTANAN TANAH DAN PERCEPATAN TANAH MENGUNAKAN METODE MIKROTREMOR DI KAWASAN KAYU ARO BARAT

**Fani Sefiyanti¹, Sarwo Sucitra Amin¹, Ichy Lucya Resta^{2*}, Husnul Hamdi², Putri Astuti¹,
Annisa Amalina Fauziyah¹, Khoirul Fadhlhan Risky¹, Aura Lefdiana¹, Abimbi Randa
Pranata¹, Iryuvelamea Anggia Harahap¹**

¹Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jl. Jambi-Ma.Bulian Km.15, Muaro Jambi, 36122, Indonesia

²Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jl. Jambi-Ma.Bulian Km.15, Muaro Jambi, 36122, Indonesia

*email: ichylucya@unja.ac.id.

ABSTRAK

Kabupaten Kerinci, dengan keberadaan Gunung Api aktif, rentan terhadap gempa bumi. Meskipun demikian, kawasan lereng bukit, terutama di Kayu Aro Barat, masih dihuni oleh banyak penduduk. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi kerentanan tanah di wilayah tersebut menggunakan metode mikrotremor. Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi kerentanan tanah yang signifikan. Bagian barat laut memiliki kerentanan tanah yang lebih rendah (0,40-0,85), sedangkan bagian tenggara memiliki kerentanan yang lebih tinggi (2,19-2,64). Nilai Peak Ground Acceleration (PGA) maksimum tercatat di bagian tenggara dengan rentang 251-1729 mgal. Temuan ini mengindikasikan bahwa wilayah tenggara Kayu Aro Barat memiliki potensi risiko gempa bumi yang lebih tinggi dibandingkan wilayah lainnya. Meskipun nilai PGA masih berada dalam kategori aman, perlu diingat bahwa aktivitas seismik dapat memicu pergerakan tanah dan longsor, terutama di daerah dengan topografi curam dan kondisi tanah yang labil seperti di Kayu Aro Barat. Oleh karena itu, diperlukan kajian lebih lanjut dan upaya mitigasi risiko untuk melindungi keselamatan masyarakat.

Kata Kunci: Kabupaten Kerinci; Gempa Bumi; Peak Ground Acceleration

ABSTRACT

[Title : Identification Of Land Vulnerability And Ground Acceleration Using The Microtremor Method In The West area of Kayu Aro] Kerinci Regency, characterized by the presence of an active volcano, is highly susceptible to earthquakes. Despite this, the hillside areas, particularly in Kayu Aro Barat, remain densely populated. This study aims to assess soil vulnerability in the region using the microtremor method. The findings reveal significant variations in soil vulnerability. The northwestern area exhibits lower vulnerability values (0.40–0.85), while the southeastern area shows higher vulnerability levels (2.19–2.64). The maximum Peak Ground Acceleration (PGA) values were recorded in the southeastern area, ranging from 251 to 1729 mgal. These results indicate that southeastern Kayu Aro Barat is at a higher risk of earthquake impacts compared to other areas. Although the PGA values are still within the safe category, it is important to note that seismic activity could trigger soil movements and landslides, particularly in areas with steep topography and unstable soil conditions, such as in Kayu Aro Barat. Therefore, further studies and risk mitigation efforts are essential to ensure the safety of the local community.

Keywords: Kerinci Regency; Earthquake; Peak Ground Acceleration

Pendahuluan

Kayu Aro Barat adalah sebuah kecamatan yang berada di Kabupaten Kerinci, Provinsi Jambi, Indonesia. Wilayah ini termasuk kawasan dari Gunung api Kerinci yang masih aktif (Poedjopradjitno, 2012). Aktivitas vulkanik Gunung Kerinci yang aktif ini dapat menyebabkan timbulnya pergerakan tanah.

Pemetaan pergerakan tanah menjadi suatu hal yang sangat penting untuk dilakukan, untuk meminimalisir dampak dari bencana dan upaya mitigasi dapat dilakukan sebelum terjadinya bencana (Malik dkk, 2024). Identifikasi kerentanan tanah dikawasan Kayu Aro Barat perlu dilakukan mengingat kondisi dari Kayu Aro Barat yang sangat dekat dengan Gunung Kerinci dan jumlah penduduk

yang cukup padat (Badan Pusat Statistik, 2023). Proses identifikasi kerentanan dan percepatan tanah dapat menggunakan metode mikrotremor.

Metode mikrotremor adalah salah satu metode dalam geofisika yang digunakan untuk menganalisis getaran alami yang terjadi di permukaan bumi (Sharma dkk, 2024 ; Purba dkk, 2023). Metode ini digunakan untuk mempelajari sifat dinamis lapisan tanah (Chen, 2023 ; Gemilang dkk, 2024), analisis bencana kegempaan (Koesuma dkk, 2024), eksplorasi sumber panas bumi (Xu dkk, 2024). Metode mikrotremor juga digunakan pada analisa sesar bawah permukaan (Li dkk, 2024), analisa gunung api (Purba dkk, 2022), bencana likuifaksi di Lombok pada tahun 2018 (Taruna dkk, 2024) dan pemetaan pergerakan tanah (Susilo dkk, 2024).

Kerentanan dan pergerakan tanah ini dapat dianalisa dan diperoleh dengan metode *Horizontal to Vertical Ratio* (HVSr). Metode HVSr merupakan teknik sederhana yang dapat digunakan untuk menggambarkan karakteristik dinamis tanah (Nakamura,1989). Dalam menggambarkan kondisi kerentanan dan pergerakan tanah, metode HVSr ini menghasilkan nilai frekuensi natural (f_0) dan nilai amplifikasi (A_0) sebagai indikator kerentanan tanah (Yuniarto,2023). *Peak Ground Acceleration* (PGA) merupakan nilai dari percepatan getaran tanah maksimum yang terjadi disuatu daerah yang diakibatkan adanya gempa bumi.

Penelitian ini dilakukan untuk dapat mengidentifikasi percepatan tanah maksimum dan kerentanan tanah dari metode HVSr serta memetakan Kawasan yang memiliki potensi kerawanan lebih tinggi. Metode HVSr merupakan metode yang membandingkan spektrum vertikal dari gelombang mikrotremor, terdiri dari gelombang *Rayleigh*, periode puncak perbandingan H/V mikrotremor memberikan dasar dari gelombang S dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{H}{V} = \frac{\sqrt{(NS)^2 + (EW)^2}}{V} \quad (1)$$

dengan nilai :

- H/V : Spektrum Rasio HVSr
- NS : Spektrum Komponen Horizontal Utara-Selatan
- EW : Spektrum Komponen Horizontal Timur-Barat
- V : Spektrum Komponen Vertikal

Kerinci dikategorikan wilayah rawan akan bahaya bencana gempa bumi, karena berada pada

patahan Sumatra yang membentang sepanjang 1900 km dan sejajar dengan palung (Sih dan Natawidjaja, 2000) aktifitas kegempaan yang terjadi di daerah kerinci bisa disebabkan oleh aktifitas Sesar Sumatera atau Sesar Semangko dan juga dari pergerakan lempeng tektonik (Van Bemellen,1949). Pergerakan Gunung Kerinci tersebut merupakan salah satu parameter dalam Indeks Kerentanan Seismik yang saling berhubungan dengan tingkat kerawanan suatu wilayah dari ancaman resiko gempa bumi (Dewi, dkk, 2023).

Gempabumi merupakan getaran atau yang terjadi di permukaan bumi akibat adanya pelepasan energi dari bawah permukaan secara tiba-tiba yang dapat menciptakan gelombang seismik, disebabkan oleh pergerakan kerak bumi atau lempeng bumi. Gerakan atau getaran tanah yang terjadi akibat gempa disebabkan oleh terlepasnya akumulasi energi yang tersimpan di dalam bumi secara tiba-tiba (Sunarjo, 2012). Indeks Kerentanan Seismik suatu wilayah dapat ditentukan menggunakan metode yang efektif dan efisien dengan memanfaatkan getaran mikrotremor (Saadudin, dkk., 2015).

Metode Mikrotremor adalah getaran harmonik yang sangat kecil yang terjadi secara terus menerus yang terpantulkan oleh adanya bidang batas lapisan dengan frekuensi yang tetap, disebabkan oleh adanya getaran mikro di bawah permukaan tanah dan kegiatan lain (Pratiwi dan Handayani,2024). Mikrotremor mempunyai frekuensi lebih tinggi dari frekuensi gempabumi yaitu antara 10 hingga 20 Hz, periodenya kurang dari 0,1 detik yang secara umum antara 0.05 – 2 detik dan untuk mikrotremor periode panjang bisa 5 detik, sedang amplitudonya berkisar 0,1 – 2,0 mikron (Kanai, 1983), dengan memanfaatkan gelombang alami yang merambatkan energi dari sumber ke seluruh bagian bumi serta membawa informasi tentang medium yang dilewatinya (Afnimar, 2009).

METODE

Pengukuran metode mikrotremor menggunakan total 21 titik pengukuran yang tersebar di seluruh kecamatan Kayu Aro Barat (**Gambar 1**) pada tanggal 03 Maret – 10 Maret 2024. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu Seismograf MAE A6000S, dan *software* menggunakan *Ms. Excel* dan *Software Geopsy*. Pengukuran dimulai dari penentuan titik ukur mikrotremor, kemudian dilanjutkan dengan melakukan survey ke lokasi sesuai dengan titik yang

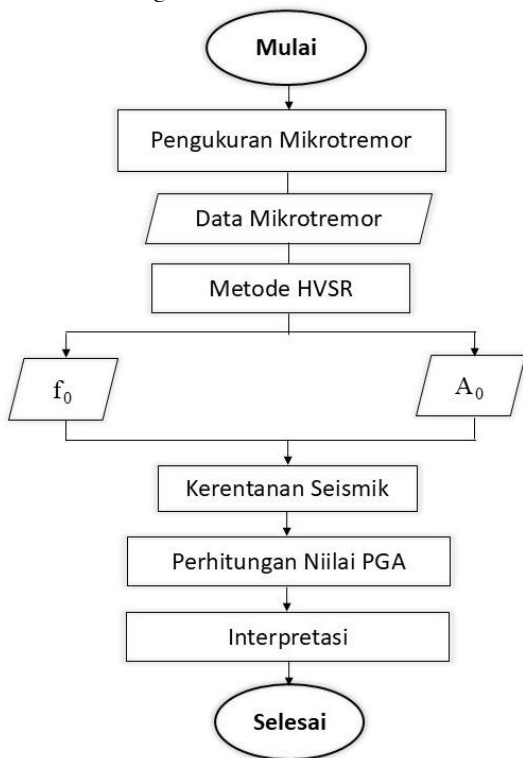
telah ditentukan. Proses pengambilan data berlangsung selama 10-15 menit dengan output berupa data format $*sg^2$ yang akan diolah

menggunakan *software geopsy* untuk mendapatkan kurva H/V.



Gambar 1. Akuisisi Data Mikrotremor

Dari kurva H/V didapatkan nilai frekuensi alami (f_0) dan amplifikasi (A_0), kemudian berdasarkan parameter tersebut dilakukan Interpretasi data melalui Peta Kerentanan Tanah dan Perhitungan nilai PGA (**Gambar 2**).

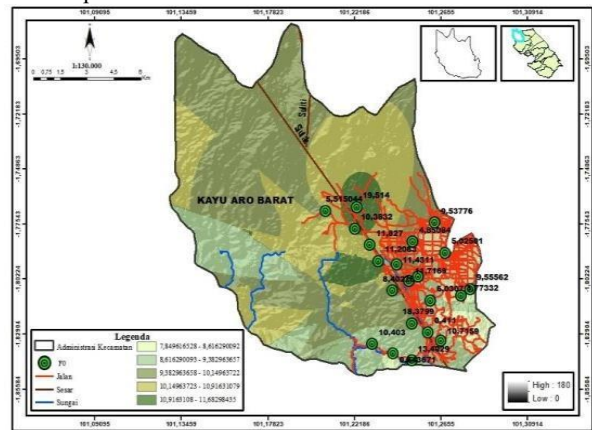


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari metode HVSR diperoleh nilai Frekuensi Natural dan Amplifikasi. Dengan melakukan interpolasi spasial antara titik-titik pengukuran, kita dapat menghasilkan peta

frekuensi resonansi (**Gambar 3**) berdasarkan nilai frekuensi natural dan peta amplifikasi maksimum yang teramati pada frekuensi natural ini (**Gambar 4**). Nilai frekuensi natural didapat berkisar 7,8-11,6 Hz. Pada Gambar 3, sebaran nilai frekuensi natural tampak menurun ke arah tenggara, yang diartikan sebagai penebalan lapisan endapan aluvial di arah tersebut.

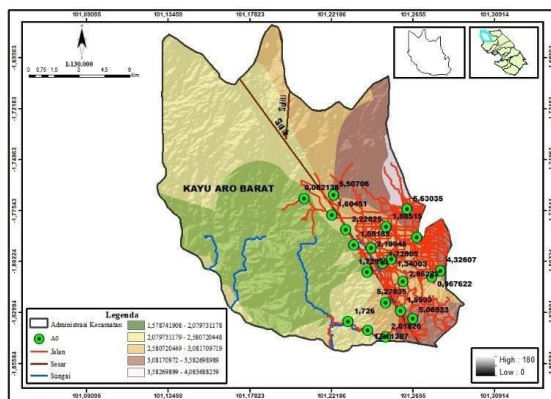


Gambar 3. Peta Sebaran Nilai Frekuensi Natural (f_0)

Di lokasi dengan sedimen tebal, frekuensi dominan cenderung lebih rendah karena resonansi terjadi pada gelombang dengan panjang gelombang yang lebih besar. Begitu pula, pada Gambar 5, terlihat bahwa zona di tenggara cenderung memiliki amplifikasi gerakan tanah yang relatif tinggi dibandingkan sekitarnya, dengan faktor amplifikasi antara 2,5 hingga 3,5. Ini sesuai dengan posisi Kayu Aro Barat yang berada di Lembah Kerinci, yang terdiri dari lapisan endapan aluvial dengan material gunungapi muda di bagian dasar lembah, terutama di bagian tenggara, memiliki lapisan tanah lunak yang belum terkonsolidasi. Lapisan ini berasal dari aktivitas Gunung Kerinci dan erosi

lembah. Material ini memberikan karakteristik tanah yang lunak dan tidak terkonsolidasi, terutama di bagian dasar lembah yang mana hasil ini sepenuhnya konsisten dengan hasil penelitian. Studi oleh (Resta dkk, 2021) di Sungai Penuh dan Kerinci juga menemukan bahwa area yang dekat dengan segmen aktif sesar, seperti Segmen Siulak, cenderung memiliki frekuensi rendah karena keberadaan material aluvial dan endapan vulkanik muda. Selanjutnya, frekuensi natural ini penting untuk mengidentifikasi kerentanan tanah terhadap amplifikasi gelombang seismik.

Dari sebaran nilai amplifikasi (**Gambar 4**), arah tenggara cenderung memiliki nilai amplifikasi relatif tinggi 3,08-3,58 yang merupakan salah satu indikator adanya kontras impedansi antara material lunak dan keras pada frekuensi resonansi yang bersangkutan yang relatif lebih tinggi. Ketika kontras impedansi antara lapisan tidak terlalu signifikan, amplitudo akan relatif kecil seperti yang teramati pada wilayah barat laut. Kayu Aro Barat berada di sepanjang Segmen Siulak dari Sesar Sumatra, yang dikenal sebagai zona tektonik aktif. Penelitian oleh (Resta dkk, 2021) menyebutkan bahwa endapan aluvial dan material vulkanik di zona ini memperbesar efek amplifikasi gelombang seismik. Penelitian lain di Tanah Kampung juga menunjukkan bahwa keberadaan endapan aluvial muda meningkatkan amplifikasi dan kerentanan



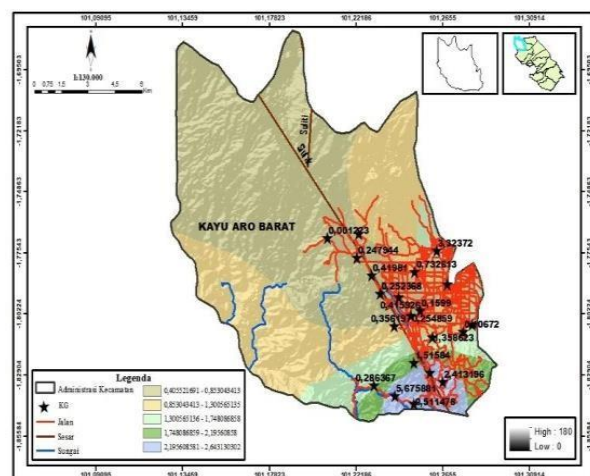
seismik (Gemilang dkk, 2024).

Gambar 4. Peta Sebaran Nilai Amplifikasi (A0)

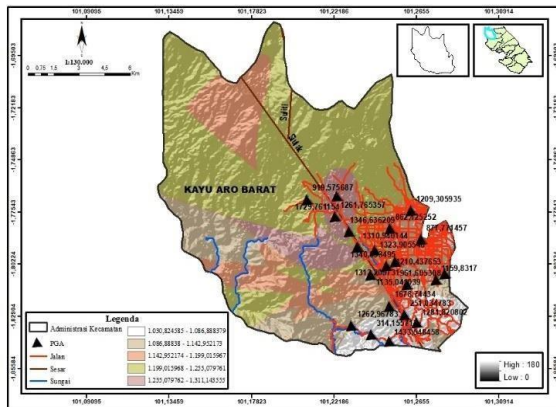
Dari Peta Kerentanan gempa (**Gambar 5**) terlihat persebaran nilai potensi adanya kerentanan tanah yang disebabkan akibat aktifitas gempabumi. Nilai kerentanan tanah yang tinggi terlihat pada area tenggara dengan kisaran 2,19-2,64 di indikasikan memiliki zona batuan yang cukup lemah akibat endapan aluvial yang tebal. Untuk kerentanan tanah yang rendah dengan nilai 0,4-2,61 di dominasi pada area barat laut yang di indikasikan memiliki zona batuan yang cukup kompak. Penelitian sebelumnya di Jambi Timur oleh (Satria dkk,2020) juga

menemukan bahwa daerah dengan endapan aluvial tebal memiliki indeks kerentanan seismik tinggi, yang dapat menyebabkan kerusakan infrastruktur lebih besar jika terjadi gempa bumi. Selain itu, (Beroya dkk,2009) menunjukkan bahwa metode HVSR dapat mengidentifikasi kerentanan tanah berdasarkan sifat amplifikasi dan ketebalan tanah lunak. Mereka menemukan bahwa tanah lunak dengan ketebalan signifikan memperbesar risiko amplifikasi dan kerusakan akibat gempa. Hal ini mendukung hasil penelitian ini, dimana amplifikasi tinggi ditemukan di area dengan tanah lunak dan material aluvial.

Dari Peta *Peak Ground Acceleration* (PGA) terlihat persebaran nilai potensi adanya percepatan tanah maksimum yang Dari Peta *Peak Ground Acceleration* (PGA) terlihat persebaran nilai potensi adanya percepatan tanah maksimum yang disebabkan akibat aktifitas gempabumi. Nilai PGA yang tinggi terlihat hampir diseluruh wilayah kecamatan Kayu Aro Barat dengan nilai kisaran 1030,82 – 1311,14. Hal ini sesuai dengan pengaruh Segmen Siulak dari Zona Sesar Sumatra, yang melintasi wilayah ini. Aktivitas sesar ini tidak hanya memicu percepatan tanah maksimum, tetapi juga memperbesar risiko kerusakan struktural akibat gempa bumi, terutama di wilayah tenggara yang berada dekat dengan jalur sesar utama. Begitu juga pada penelitian oleh (Resta dkk, 2021) di Kabupaten Kerinci, yang menemukan bahwa zona sepanjang Segmen Siulak memiliki PGA tinggi. Penelitian tersebut juga menyatakan bahwa intensitas kerusakan di area dengan PGA tinggi berada pada skala VII hingga VIII MMI, yang berpotensi menyebabkan kerusakan sedang hingga berat pada infrastruktur.



Gambar 5. Peta Sebaran Kerentanan Gempa (Kg)



Gambar 6. Peta Sebaran Nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA)

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian kerentanan tanah dan percepatan tanah maksimum yang dilakukan pada kecamatan Kayu Aro Barat diperoleh kesimpulan Terlihat potensi Potensi area yang rawan jika terjadi aktivitas gempabumi di area tenggara dari Kecamatan Kayu Aro barat dengan nilai kerentanan tanah yang lebih tinggi berkisar 2,19-2,64. Serta *Peak Ground Acceleration* yang maksimum dengan rentang nilai 251-1729 mgal. Sehingga perlu disosialisasikan untuk lebih waspada apabila terjadi aktivitas gempabumi yang bersumber dari tektonik maupun dari aktivitas gunungapi Kerinci.

Wilayah tenggara Kayu Aro Barat memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan tata ruang dan infrastruktur. Desain bangunan tahan gempa dan penguatan fondasi di area ini sangat penting untuk mengurangi dampak amplifikasi. Sedangkan jika ditinjau dari metode analisis, metode tambahan seperti SSR (*site-to-reference spectral ratio*) atau *transfer function* berbasis 2D perlu dilakukan karena dapat membantu memvalidasi hasil HVSR dan memberikan peta risiko amplifikasi yang lebih rinci.

DAFTAR PUSTAKA

- Afnimar.2009. Seismologi. Edisi Pertama. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Badan Pusat Statistik.2023. Kecamatan Kayu Aro Barat Dalam Angka. Buku Cetak, Kerinci : Suber Digital Printing.
- Beroya, M. A. A., Aydin, A., Tiglao, R., & Lasala, M.2009. Use of microtremor in liquefaction hazard mapping. *Engineering Geology*, 107(3-4), 140-153.
- Chen, S.; Lei, J.; Li, Y.2023. Microtremor Recording

Surveys to Study the Effects of Seasonally Frozen Soil on Site Response. *Sensors* 2023, 23, 5573.

- Dewi, I.K., Resta,I.L., Amin,S.S., Situmorang,S., & Ramadhani,A.F.2023.Analisis Kerentanan Tanah Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Jambi Dengan Menggunakan Data Mikrotremor.JoP, vol. 9, no. 1, pp. 109–115, 2023.
- Gemilang, R., Syawalia, N., Resta, I. L., Adhitya, B., Efendi, A., Sitompul, J., Marpaung, A. R., & Setiawan, R. A.2024. Identification Of Site Class Using Microtremor Hvsr Measurements In Tanah Kampung District. *JOURNAL ONLINE OF PHYSICS*, 9(3), 60-65.
- Kanai, K. 1983. Seismology in Engineering, Tokyo University, Japan.
- Nakamura, Y.1989. A Method For Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface. Quarterly Reports Of The Railway Technical Research Institute. Tokyo, 30, 25-33
- Koesuma, S., Shidqi, A.Z., & Sunardi, B.2024. Hazard analysis of earthquake in Pleret, Bantul Regency,Yogyakarta Special Region based on microtremor data. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1314 (2024) 012077.
- Li, Q.L., Zhang, H., Lei, X.D., & Li, C.2024.Imaging of upper breakpoints of buried active faults through microtremor survey technology. *Earth, Planets and Space*.
- Malik,M.A.,Ferguson,K.T,Ebenezer,A.,Emmanuel,K., Boateng, & Anthony,E .2024. Microtremor HVSR Technique for Seismic Risk Vulnerability Studies and Microzonation of Site Materials. book: Exploring the Unseen Hazards Our World.DOI:10.5772/intechopen.1006526
- Poedjopradjitno,S.2012.Morfotektonik danPotensi Bencana Alam di Lembah Kerinci, Berdasarkan Analisis Potret Udara. *Jurnal Geologi dan Sumber DayaMineral* 22, no. 2: 101-113
- Pratiwi, I.E.,W. Handayani. 2024. “Analisis Litologi Dan Zona Gerakan Tanah Menggunakan Metode Mikrotremor Di Desa Kalongan, Kecamatan Unggaran Timur, Kabupaten Semarang”. *Jurnal Stasiun Geofisika Sleman*. Vol. 2(1):01-06.
- Purba, T.R., Mariyanto, Komara, E.2022. Microtremor analysis around Jari mud volcano, Bojonegoro. *Journal of Physics:*

Conference Series

- Resta, I. L., Apriliyani, D. P., Nasri, M. Z., & Dewi, I. K. 2021. Deterministic seismic hazard analysis for assessing earthquake hazard in Sungai Penuh and Kerinci Regency, *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1876, No. 1, p. 012016), IOP Publishing.
- Saaduddin, Sismanto dan Marjiyono. 2015. Pemetaan Indeks Kerentanan Seismik Kota Padang Sumatera Barat dan Korelasinya dengan Titik Kerusakan Gempabumi 30 September 2009, *Jurnal Kebumihan Ke-8*, hal. 459-466, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Satria, A., Resta, I. L., & Nasri, M. Z., 2020, Analisis ketebalan lapisan sedimen dan indeks kerentanan seismik Kota Jambi Bagian Timur. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 6(1), 18-30.
- Sharma, H., Molnar, S., & Sirohey, A. 2024. Techniques to identify microtremor wave contributions and impact to seismic site characterization. *Journal Seismology* No.28 : 345–372
- Sieh, K., dan Natawidjaja, D. 2000. "Neotectonics of the Sumatran Fault, Indonesia". *Journal of Geophysical Research*. Vol. 105(12):28,295-28,302.
- Sunarjo, Gunawan, M.T, Pribadi, Sugeng., 2012. *Gempa Bumi Edisi Populer*. Jakarta:BMKG.
- Susilo, A., Alamsyah, M.J., Aprilia, F., Hisyam, F., Rohmah, S., Hasan, M.F.R. 2023. Subsurface Analysis Using Microtremor and Resistivity to Determine Soil Vulnerability and Discovery of New Local Fault. *Civile Journal* No 9 (9) doi.org/10.28991/CEJ-2023-09-09-014
- Susilo, A., Zulaikah, S., Pohan, A.F., Hasan, M.F.R, Hisyam, F., Rohmah, S., Adhi, M.A. 2024. Vulnerability Index Assessment for Mapping Ground Movements Using the Microtremor Method as Geological Hazard Mitigation. *Civile Journal* Vol. 10(05), May, 2024
- Taruna, R.M., Septiadhi, A., Sungkono, Mase, L.Z., Mashuri. 2024. Preliminary Assessment of Liquefaction Vulnerability using Microtremor Analysis in North Lombok. *Journal of Physics: Conference Series* 2866 (2024) 012061.
- Van Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology of Indonesian Volume 1A*, Government Printing Office, The Hague. Netherlanda, 732 p.
- Xu, H., Yang, X., Cai, X., Xu, Z., Liao, S., & Wu, X. 2024. Exploring geothermal resources with the CSAMT and microtremor methods: a case study in Tangquan, Jiangsu Province, China. *Front. Earth Sci.* 12:1437850. doi: 10.3389/feart.2024.1437850
- Yuniarto, A.H.P. 2023. Mikrozonasi Seismik di Kawasan ITSNU Pekalongan dengan Menggunakan Metode HVSR. *Jurnal Kumparan Fisika*. Vol. 6(1):47-54.