

Mikrozonasi kerentanan seismik di kawasan Kabupaten Lebong Provinsi Bengkulu berdasarkan data uji mikrotremor

Microzoning of seismic vulnerability in Lebong Regency, Bengkulu Province based on microtremor test data

Pauziatun Hasanah¹, Rena Misliniyati¹, Khairul Amri¹, Lindung Zalbuin Mase^{1,*}, Refrizon², Arif Ismul Hadi², Darmawan Ikhlas Fadli²

Received 20 June 2024

Accepted 20 August 2024

Published November 2024

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu (UNIB), 38371 Indonesia

²Program Studi Geofisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu (UNIB), 38371 Indonesia

Abstrak. Kabupaten Lebong merupakan daerah rawan gempa karena dilintasi oleh Sesar Sumatera dan Pelabai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi risiko gempa bumi berdasarkan data uji mikrotremor dengan *Metode Horizontal To Vertical Spectral Ratio* (HVSR). Pengukuran dilakukan sebanyak 106 titik yang tersebar di Kecamatan Amen, Bingin Kuningan, Lebong Atas, Lebong Sakti, Lebong Selatan, Lebong Utara, Pinang Belapis, Rimbo Pengadang, Topos, Pelabai dan Uran Jaya. Parameter yang di analisis meliputi faktor amplifikasi (A_0), frekuensi dominan (f_0), periode dominan (T_0) dan indeks kerentanan seismik (K_g). Hasil analisis menunjukkan bahwa indeks kerentanan seismik dengan kategori tertinggi dengan rentang nilai 5 sampai dengan lebih dari 10 berada di Kecamatan Pinang Belapis, Pelabai, Lebong Selatan, Topos, Rimpo Pegadang, dan Uram Jaya dimana pada kecamatan tersebut berjenis tanah sangat padat dan batuan lunak serta tanah lempung tebal lunak. Bangunan yang dapat mengalami resonansi jika terjadi gempa adalah bangunan dengan tingkat 1 sampai dengan 4 lantai. Hal ini disebabkan karena frekuensi natural bangunan yang sama dengan frekuensi getaran yang dialami oleh tanah.

Abstract. Lebong Regency is an earthquake-prone area because it is crossed by the Sumatra and Pelabai Faults. This study aims to analyze the potential risk of earthquakes based on microtremor test data with the *Horizontal To Vertical Spectral Ratio* (HVSR) Method. Measurements were carried out at 106 points spread across Amen, Bingin Kuningan, Lebong Atas, Lebong Sakti, South Lebong, North Lebong, Pinang Belapis, Rimbo Pengadang, Topos, Pelabai and Uran Jaya Districts. The parameters analyzed include amplification factor (A_0), dominant frequency (f_0), dominant period (T_0) and seismic susceptibility index (K_g). The results of the analysis showed that the seismic vulnerability index with the highest category with a value range of 5 to more than 10 was in the sub-districts of Pinang Belapis, Pelabai, South Lebong, Topos, Rimpo Pegadang, and Uram Jaya where in these sub-districts there were very dense soils and soft rocks and soft thick clay soils Buildings that can experience resonance in the event of an earthquake are buildings with levels 1 to 4 floors. This is because the natural frequency of the building is the same as the vibration frequency experienced by the soil.

Keywords: Gempa Bumi, Mikrotremor, HVSR, Indek Kerentanan Seimik

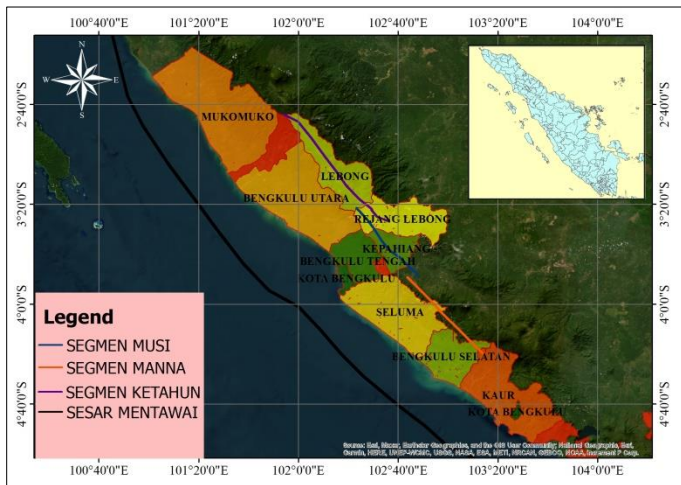
Pendahuluan

Kabupaten Lebong merupakan salah satu daerah terdampak gempa bumi di Provinsi Bengkulu, karena Provinsi Bengkulu merupakan daerah yang mempunyai tingkat kerawanan gempa bumi yang cukup tinggi (Misliniyati, *et al.*, 2018). Secara umum Provinsi Bengkulu dikelilingi oleh tiga sumber gempa primer, yaitu Zona Subduksi Sumatera, Sesar Mentawai, dan Sesar Sumatera. Ketiga sumber seismik ini sering menimbulkan bahaya seismik di wilayah pesisir dan pegunungan Sumatera (Mase, 2020).

Menurut data kejadian bencana BNPB, pada tahun 2017 beberapa daerah di Provinsi Bengkulu, khususnya Kabupaten Lebong, memiliki tingkat kerawanan yang cukup tinggi terhadap gempa bumi, seperti di Kecamatan Lebong Atas dan Pelabai.

Gambar 1 menunjukkan gempa bumi yang mengancam Kabupaten Lebong bersumber dari Segmen Ketahun Sesar Sumatera yang membentang sepanjang Bukit Barisan dengan magnitudo kecil (Supartoyo & Putranto, 2014). Syaputra, *et al.*, (2023), pada penelitiannya menjelaskan bahwa Segmen Ketahun terdiri dari tiga sesar yaitu sesar turun, sesar naik dan sesar geser serta merupakan batuan sedimen dengan sebaran massa jenis 1,97 g/cm³ hingga 2,00 g/cm³. Supartoyo & Putranto, (2014), menyebutkan bahwa Kabupaten Lebong pernah mengalami gempa bumi yang mengakibatkan kerusakan bangunan seperti di Kecamatan Lebong Atas dan Pelabai, yaitu gempa yang diakibatkan oleh Segmen Ketahun Sesar Sumatra 15 Maret 1952 dengan kekuatan 6,8 SR pada episenter gempa bumi terletak di darat pada koordinat 3,23° LS-102,35° BT dan gempa yang diakibatkan oleh Sesar Pelabai 6 Desember 2017 dengan kekuatan 5,0 de-

ngan episenter gempa terletak pada koordinat $3,18^{\circ}$ LS- $102,11^{\circ}$ BT. Secara umum kerusakan akibat gempa dipengaruhi oleh kekuatan dan kualitas bangunan, karakteristik geoteknik dan geologi, serta percepatan tanah di lokasi bangunan (Haris & Irjan, 2013).



Gambar 1. Peta Geologi Wilayah Bengkulu (Sumber data : peta shp Indonesia dari <http://www.lapakgis.com>)

Penelitian ini merupakan penyempurnaan dari penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan oleh Supartoyo & Putranto, (2014), yang membahas tentang potensi gempa bumi daerah Lebong, Provinsi Bengkulu. Penelitian tersebut membahas tentang gempa bumi yang terjadi pada daerah Kabupaten Lebong yang diakibatkan adanya Segmen Ketahun Sesar Sumatera dan Sesar Pelabai. Oleh karena itu, penelitian tersebut dirasa kurang lengkap maka penelitian ini ditambahkan guna mengidentifikasi gempa bumi di Kabupaten Lebong, karena Kabupaten Lebong merupakan salah satu daerah rawan gempa bumi, sehingga perlu adanya studi mikrozonasi indeks kerentanan seismik sebagai acuan mitigasi untuk mengetahui tingkat kerentanan di wilayah ini. Metode yang digunakan pada penelitian yaitu metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectra Ratio*), proses analisis data yang akan diukur dalam bentuk parameter amplifikasi (A_0), frekuensi natural (f_0), periode dominan (T_0) dan indeks kerentanan seismik (K_g), serta untuk mendapatkan kapasitas resonansi (K_r) pada bangunan (Misliniyati, et al., 2023).

Parameter indeks kerentanan seismik (K_g) sendiri memberikan gambaran terhadap daerah-daerah mana saja yang mungkin beresiko dan seberapa rentan suatu bangunan yang mungkin terjadi akibat gempa bumi (Refrizon, et al., 2013). Menurut Nia, et al., (2019), nilai kerentanan seismik tertinggi biasanya terdapat pada tanah yang memiliki litologi batuan sedimen lunak dan menunjukkan bahwa wilayah tersebut rentan terhadap guncangan, sehingga diperlukan adanya peta kerawanan gempa bumi berbasis indeks kerentanan seismik sebagai acuan mitigasi untuk mengetahui tingkat kerentanan suatu wilayah dan dapat menjadi sumber informasi untuk perencanaan pembangunan kedepan (Fadli, et al., 2021).

Faktor Amplifikasi (A_0)

Faktor amplifikasi adalah pertambahan ukuran gelombang tanah yang terjadi ketika melewati medium yang lebih lunak dibandingkan medium yang dilalui sebelumnya (Anindya, et al., 2017). Akibatnya, wilayah dengan nilai faktor amplifikasi tinggi lebih rentan terhadap kerusakan akibat gempa. Kecepatan gelombang juga mempengaruhi faktor amplifikasinya, faktor amplifikasi dapat lebih besar jika kecepatan gelombang lebih rendah, yang menandakan bahwa faktor amplifikasi berbanding terbalik dengan kepadatan medium penyusunnya. Menurut (Lantu, et al., 2018), nilai faktor amplifikasi tanah erat kaitannya dengan perbandingan kontras impedansi pada lapisan permukaan dengan lapisan dibawahnya.

Frekuensi Natural (f_0)

Frekuensi natural atau frekuensi dominan merupakan kondisi fisik tanah yang mencerminkan tebal atau tipisnya lapisan sedimen dalam suatu wilayah. Frekuensi natural ini erat kaitannya pada ketebalan lapisan sedimen (h). Dengan kata lain, ketika gempa bumi terjadi dalam mode getaran yang frekuensinya sama dengan frekuensi alami, maka terjadi resonansi yang menyebabkan gelombang seismik meningkat di daerah tersebut. Nilai frekuensi natural (f_0) rendah menunjukkan suatu wilayah dengan lapisan sedimen tebal, sedangkan nilai frekuensi natural yang tinggi menggambarkan suatu wilayah dengan lapisan sedimen tipis. Semakin rendah nilai frekuensi natural di bidang geoteknik, maka semakin tinggi pula kemungkinan terjadinya gempa bumi di wilayah tersebut (Farid & Mase, 2020).

Periode Dominan (T_0)

Periode dominan adalah waktu yang diperlukan mikrotremor untuk merambat di bawah tanah atau waktu yang diperlukan suatu benda untuk berpindah dari dasar ke permukaan. Nilai periode dominan digunakan untuk memperkirakan jumlah bangunan bertingkat yang mengalami kerusakan parah ketika terjadi gempa bumi (Gosar, 2010). Periode dominan dapat dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$T_0 = \frac{1}{f_0} \quad (1)$$

dimana T_0 adalah periode dominan dan f_0 adalah frekuensi natural.

Indeks Kerentanan Seismik (K_g)

Akkaya (2020), menjelaskan bahwa kerentanan seismik (K_g) merupakan parameter yang bergantung pada sifat dinamis tanah, dengan adanya parameter ini bisa mengevaluasi kerentanan suatu lokasi berdasarkan gerakan tanah yang kuat. Kerentanan tanah juga dapat digunakan untuk memperkirakan titik lemah tanah yang berpotensi terjadi kerusakan bangunan akibat gempa bumi

(Anindya, *et al.*, 2017). Indeks kerentanan seismik dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.

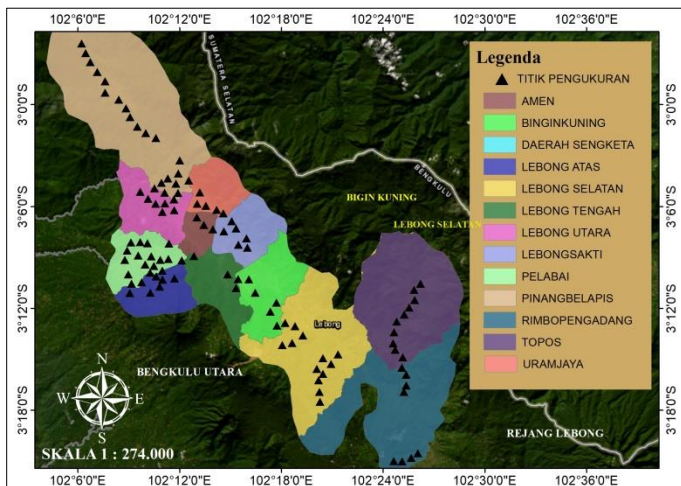
$$K_g = \frac{A_0^2}{f_0} \quad (2)$$

dimana K_g adalah indeks kerentanan seismik, A_0 adalah faktor amplifikasi dan f_0 adalah frekuensi natural (Hz).

Metodologi

Kondisi Geologi dan Titik Penelitian

Wilayah ini memiliki ciri morfologi perbukitan dan pegunungan yang lereng-lerengnya terjal, sungai-sungai dengan lembah yang curam dan dalam, serta sering terdapat air terjun. Secara umum, daerah ini terbentuk oleh batuan vulkanik dan batuan plutonik yang merupakan hasil erupsi gunung merapi yang aktif. Lokasi penelitian ini secara geografis terletak di 3° 02' 40" SL-102° 11' 40" BT yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di 12 kecamatan yang ada di Kabupaten Lebong Provinsi Bengkulu, dimana secara geologis Kabupaten Lebong terletak pada Zona Sesar Sumatera, yaitu sesar geser dekstral yang membentang dari selatan ke utara (Mukazairo, *et al.*, 2020). Segmen Ketahun terletak di sebelah barat Kabupaten Lebong dan melewati wilayah Kabupaten Bengkulu Utara yang merupakan bagian dari Sesar Sumatera yang aktif. Sieh & Natawidjaja, (2000), menyatakan bahwa Segmen Ketahun Sesar Sumatra memiliki panjang 85 km dan lebar zona *dilatational step over* antara 5 hingga 18,5 km serta terletak pada 3,35° LS dan 3,75° BT, sedangkan untuk Sesar Pelabai terletak di dalam wilayah Kabupaten Lebong dan merupakan bagian dari Sesar Sumatra, namun lebih kecil dan lokal dibandingkan dengan Segmen Ketahun.

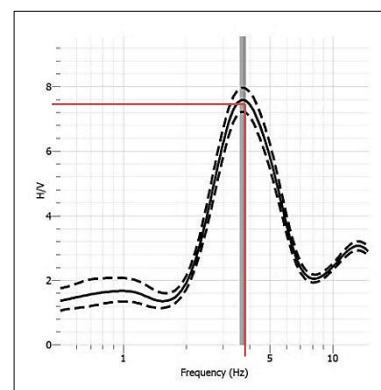
Teknik Akuisi dan Pengolahan Data

Gambar 2 menunjukkan akuisi data mikrotremor yang terdiri dari 106 titik pengukuran, dimana teknis

pengambilan data mikrotremor memanfaatkan perangkat *portable seismometer Short Period* untuk merekam data mikrotremor sekitar lokasi yang diselidiki. Peralatan yang digunakan antara lain laptop, kabel konektor, GPS, kompas, kamera. Rekaman data akuisi disimpan dalam format *SAF (Pertiwi, *et al.*, 2018). Proses pengumpulan data memakan waktu ± 30 menit untuk setiap pengambilan data dan frekuensi sampling 200 Hz (SESAME., 2004).

Pengolahan data mikrotremor dimulai dengan menginput data ke dalam *software* GEOPSY berdasarkan metode HVSR. Zaenudin, *et al.*, (2022), menjelaskan tahapan pengelolaan HVSR yaitu seismik komponen dibagi berdasarkan panjang jendela, setiap jendela dilakukan transformasi *fourier* untuk seluruh bagian dan sinyal yang dihasilkan harus melalui proses *filtering* untuk meminimalisir *noise* dan gangguan. Kemudian data sinyal yang dipilih berdasarkan *windowing* manual dalam waktu tertentu dengan *noise* yang sedikit dan sinyal yang stabil. Data yang dihasilkan akan digunakan sebagai bahan analisis mikrozonasi daerah yang mengalami indeks kerentanan seismik dengan bantuan *software* ArcGIS menggunakan interpolasi IDW (*inverse Distance Weighting*).

Dari hasil pengelolaan data dengan metode HVSR diperoleh garis perbandingan antara amplifikasi dan respon gelombang horizontal dan vertikal. Gambar 3 menjelaskan bahwa sumbu horizontal mewakili frekuensi getaran tanah dan sumbu vertikal mewakili amplitudo getaran tanah. Selain itu, garis hitam tebal menunjukkan kurva H/V dan garis putus-putus menunjukkan penyimpangan dari kurva H/V, untuk pengecekan kurva tersebut mengacu pada standar SESAME (SESAME, 2004).

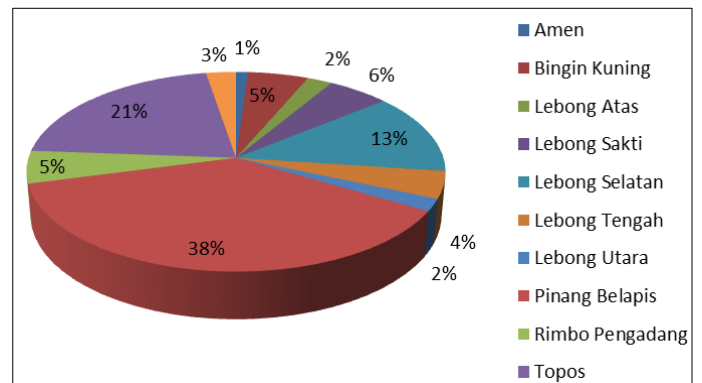


Gambar 3 Contoh Kurva H/V

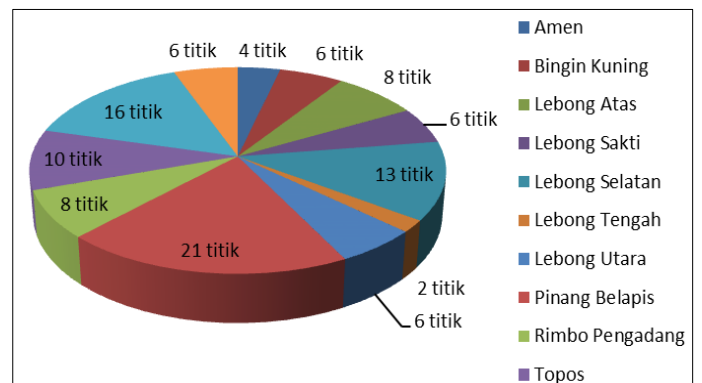
Gambar 3 menunjukkan kurva H/V pada salah satu titik pengukuran. Menurut Natasa, *et al.*, (2022), kurva HVSR dikatakan baik jika puncak yang dihasilkan jelas dan simpangan kurva mendekati nilai rata-rata kurva HVSR, untuk kriteria kurva H/V ditunjukkan pada Tabel 1 yang mengacu pada SESAME., (2004). Tahapan atau alur penelitian mikrotremor disajikan pada Gambar 4.

Tabel 1. Kriteria reliabilitas kurva H/V (SESAME, 2004)

Kriteria untuk Reliabilitas kurva H/V
$f_0 > \frac{10}{I_w}$
$n_c(f_0) > 200$
$\sigma_A(f) < 2$ untuk $0,5 f_0 < f < 2 f_0$ if $f_0 > 0,5 \text{ Hz}$
atau $\sigma_A(f) < 3$ untuk $0,5 f_0 < f < 2 f_0$ if $f_0 < 0,5 \text{ Hz}$



Gambar 5. Luas Wilayah di Kabupaten Lebong



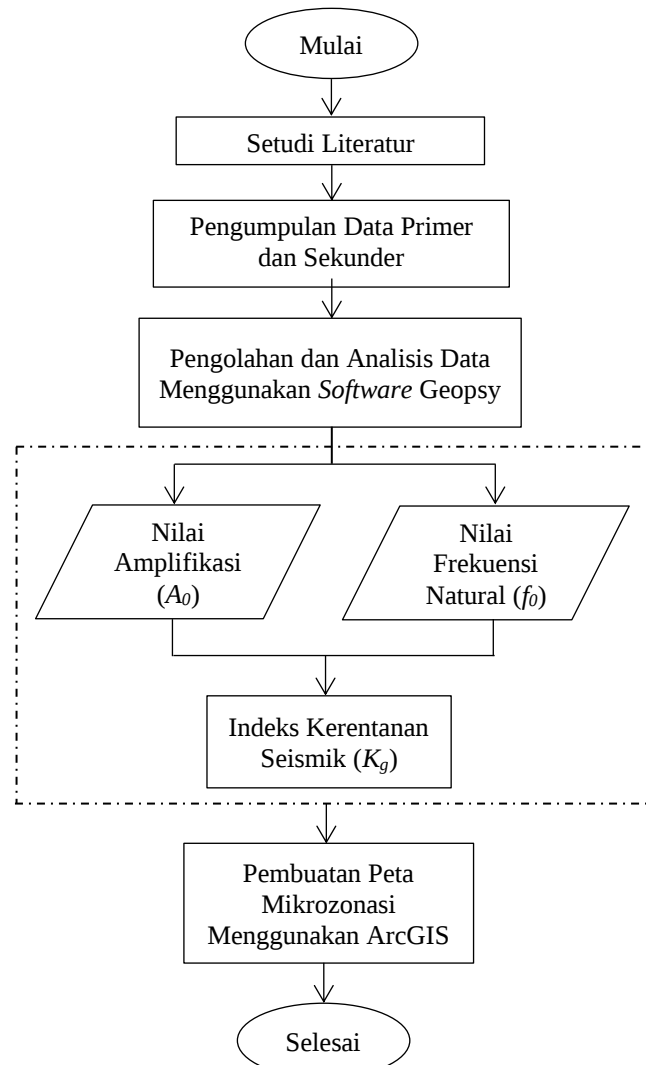
Gambar 6. Sebaran Titik Pengukuran

Gambar 5 dan 6 menunjukkan kecamatan dengan wilayah paling besar berada di Kecamatan Pinang Belapis dan wilayah paling kecil berada di Kecamatan Amen. Sedangkan untuk jumlah sebaran titik pengukuran terbanyak berada pada Kecamatan Pinang Belapis dan Pelabai.

Hasil penelitian menunjukkan nilai faktor amplifikasi berkisar antara 1,36 hingga 17,22 (Gambar. 7) dan nilai frekuensi natural berkisar antara 0,37 Hz hingga 26,32 Hz (Gambar. 8). Kedua parameter ini menghitung indeks kerentanan seismik wilayah studi. Hasil perhitungan menunjukkan nilai indeks kerentanan gempa berkisar antara 0,27 cm/s² hingga 219,20 cm/s² seperti terlihat pada Gambar 10. Nilai frekuensi natural tersebut kemudian menghasilkan nilai periode dominan antara 0,04 hingga 2,73 detik (Gambar. 9).

Tabel 2. Nilai A_0 dan f_0 di Setiap Titik Pengukuran

Titik	A_0	f_0
LB 1	3,0071	2,4259
LB 2	4,2447	1,1360
LB 3	8,9640	0,3666
LB 4	2,3138	3,7625
LB 5	3,7626	2,9300
LB 6	5,1457	1,2551
LB 7	5,6589	18,2475
LB 8	3,4312	14,4271
LB 9	3,3715	0,5721
LB 10	2,4301	4,0019



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Hasil Penelitian

Berdasarkan data BPS 2015, luas wilayah Kabupaten Lebong berkisar $\pm 1665,26 \text{ km}^2$, yang terdiri dari 12 kecamatan. Luas wilayah dan jumlah sebaran titik pengukuran di Kabupaten Lebong diperlihatkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Titik	A_0	f_0
LB 11	3,0167	8,2333
LB 12	4,8127	0,7209
LB 13	4,4575	4,7568
LB 14	6,0308	3,4161
LB 15	3,4041	1,7450
LB 16	4,5796	22,2349
LB 17	6,4923	26,3178
LB 18	4,6971	5,6033
LB 19	3,3405	1,8800
LB 20	4,0869	0,9143
...	...	...
...	...	...
...	...	...
...	...	...
...	...	...
LB 88	7,0409	3,9543
LB 89	3,7212	7,7644
LB 90	3,9462	0,7130
LB 91	3,0133	0,6854
LB 92	2,1753	1,0656
LB 93	2,8328	0,7005
LB 94	2,6817	0,6793
LB 95	4,0029	13,1277
LB 96	3,1424	18,8702
LB 97	2,9604	0,9759
LB 98	3,9606	19,5135
LB 95	4,0029	13,1277
LB 99	5,1852	4,5995
LB 100	3,2441	2,9557
LB 101	4,8095	14,6813
LB 102	4,4183	15,6065
LB 103	14,9905	10,0183
LB 104	6,0445	3,8425
LB 105	2,3546	4,6814
LB 106	102,233	3,0398

Distribusi Nilai Faktor Amplifikasi

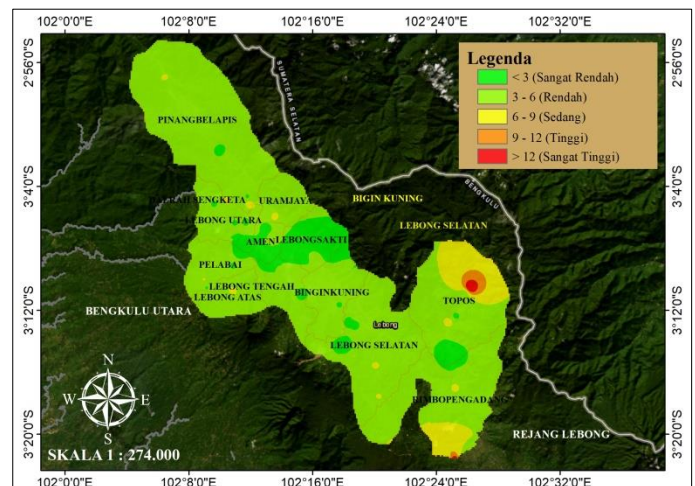
Faktor amplifikasi adalah nilai amplitudo maksimum yang diperoleh dari pengolahan data mikroseismik. Faktor amplifikasi bergantung pada kecepatan gelombang, semakin lambat kecepatan gelombang, semakin besar faktor amplifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa faktor amplifikasi berhubungan dengan tingkat kepadatan batuan (Misliniyati, *et al.*, 2023). Nilai amplifikasi yang diperoleh dari kurva HVSR dibagi menjadi lima zona seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi Faktor Amplifikasi (Tohari & Wardhana, 2018)

Zona	Amplifikasi	Klasifikasi
1	$A_0 < 3$	Sangat Rendah
2	$3 \leq A_0 < 6$	Redah
3	$6 \leq A_0 < 9$	Sedang
4	$9 \leq A_0 < 12$	Tinggi
5	$A_0 > 12$	Sangat Tinggi

Gambar 7 menunjukkan nilai faktor amplifikasi di lokasi penelitian ini didominasi nilai rendah dengan

rentang 3-6 yang berada di Kecamatan Pinang Belapis, Pelabai, Lebong Selatan, Topos, Rimbo Pegadang, Lebong Atas, Bingin Kuning, Lebong Sakti, Uram Jaya, Lebong Utara, Amen dan Lebong Tengah. Hal itu menunjukkan di kecamatan tersebut kecil kemungkinan terjadi kerusakan serta guncangan ketika gempa bumi terjadi. Adapun nilai amplifikasi tertinggi terletak di Kecamatan Topos sebesar 17,22 yang ketika gempa bumi terjadi, dapat menyebabkan kerusakan dan guncangan yang besar. Nilai amplifikasi terkecil sebesar 1,36 terletak di Kecamatan Rimbo Pegadang.



Gambar 7. Peta Nilai Amplifikasi (A_0)

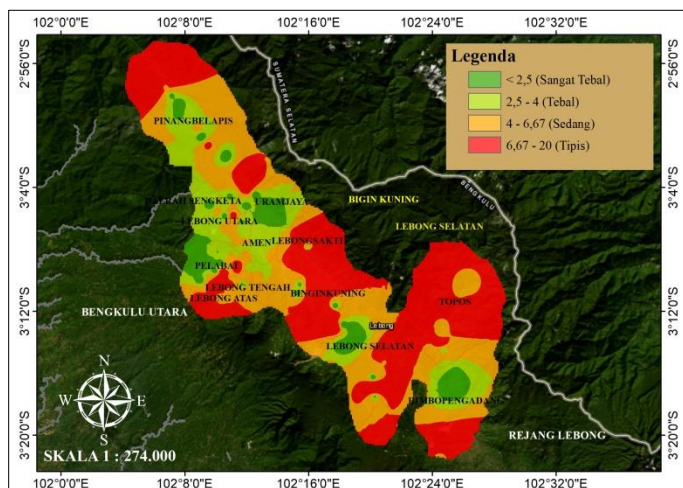
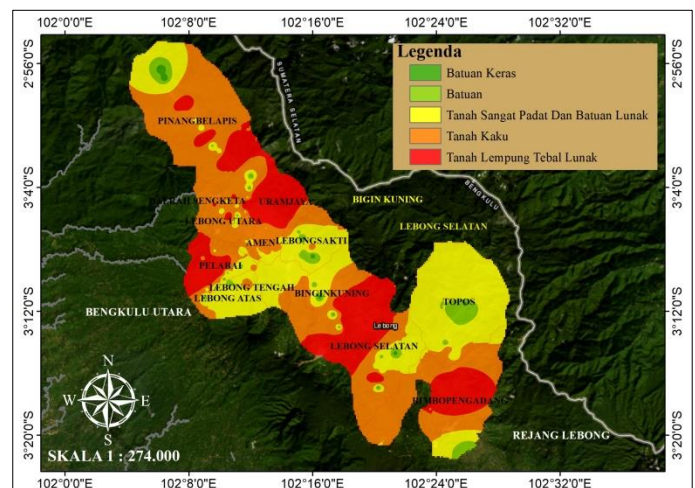
Distribusi Nilai Frekuensi Natural

Frekuensi natural merupakan kondisi fisik tanah yang mencerminkan tebal atau tipisnya lapisan sedimen di suatu daerah. Tebal lapisan sedimen mempengaruhi tingkat kerentanan terhadap getaran gempa, ketebalan sedimen itu sendiri merupakan salah satu parameter yang dibutuhkan dalam proses perencanaan infrastruktur (Hesti, *et al.*, 2021). Klasifikasi tebal lapisan sedimen berdasarkan klasifikasi Kanai diperlihatkan seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi Frekuensi Natural (Arifin, *et al.*, 2014)

Klasifikasi Tanah		Frekuensi Natural (Hz)	Klasifikasi Kanai
Tipe	Jenis		
IV	I	6,67 - 20	Tipis
III	II	4 - 6,67	Sedang
II	III	2,5 - 4	Tebal
I	IV	< 2,5	Sangat Tebal

Distribusi nilai frekuensi natural pada Gambar 8 menunjukkan bahwa lokasi penelitian didominasi oleh tanah tipe III jenis II dan tanah tipe IV jenis I, tanah ini terdiri dari batuan hingga batuan keras dengan ketebalan sedimen sedang dan tipis serta kedalaman 5 sampai 10 m. Pada penelitian ini didapat nilai frekuensi natural tertinggi sebesar 26,32 Hz yang terletak di Kecamatan Pinang Belapis dan nilai terkecil sebesar 0,37 Hz di Kecamatan Pinang Belapis.

Gambar 8 Peta Nilai Frekuensi Dominan (f_0)Gambar 9 Peta Periode Dominan (T_0) yang menginterpretasikan Kelas Situs Tanah

Distribusi Nilai Periode Dominan

Hubungan nilai frekuensi natural (f_0) dengan periode dominan (T_0) berbanding terbalik, semakin tinggi nilai frekuensi natural maka semakin pendek nilai periode dominannya. Sebaliknya jika nilai frekuensi naturalnya rendah maka nilai periode dominannya menjadi panjang. Dari Persamaan 1 dapat ditentukan jenis tanah dan tinggi maksimum bangunan yang rentan terhadap gempa. Semua bangunan mempunyai periode dominan atau resonansi, yaitu waktu yang diperlukan bangunan untuk bergetar (Mustika, *et al.*, 2022).

Mase, *et al.*, (2018), menyatakan bahwa periode getaran suatu bangunan dapat ditentukan dengan Persamaan 2.

$$T_n = 0,1 \times n \quad (2)$$

dimana T_n adalah periode dominan dan n adalah jumlah lantai bangunan. Untuk mengklasifikasikan kelas situs tanah dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kelas Situs Tanah (Zhoa, 2004)

Jenis Tanah NEHRP	Periode Dominan (T_0)	Deskripsi Umum
A+B	$T \leq 0,2$	Batuan
C	$0,2 \leq T \leq 0,4$	Tanah Keras
D	$0,4 \leq T \leq 0,6$	Tanah Sedang
E+F	$T \geq 0,6$	Tanah lunak

Pada penelitian ini nilai periode dominan tertinggi dan terendah terdapat pada wilayah Kecamatan Pinang Belapis dengan nilai tertinggi sebesar 2,73 detik dan nilai terendah sebesar 0,04 detik. Gambar 9 menunjukkan bahwa Kabupaten Lebong mempunyai tipe tanah utama C dan D. Nilai tersebut berkisar antara $0,2 < T_0 < 0,6$. Sehingga bangunan berlantai rendah dan sedang dapat didirikan karena saat terjadinya bencana gempa bumi kerusakan yang ditimbulkan tidak besar.

Tabel 6 menunjukkan hubungan antara nilai periode dominan dengan resonansi bangunan gedung, yang mana resonansi bangunan gedung itu sendiri merupakan fenomena bangunan yang bersosialisasi dengan amplitudo besar akibat frekuensi natural dan frekuensi getaran. Jika frekuensi natural dan frekuensi getaran sama akan menyebabkan resonansi dari amplifikasi getaran yang signifikan, sehingga mengakibatkan kerusakan struktural atau bahkan kegagalan total bangunan (Wahyuni, 2014).

Tabel 6. Kategori Kerentanan Bangunan Gedung di Kabupaten Lebong

Kecamatan	Bangunan Rentan Resonansi
Amen	1 s/d 2 Lantai
Bingin Kuning	1 s/d 2 Lantai
Lebong Atas	1 Lantai
Lebong Sakti	1 Lantai
Lebong Selatan	2 s/d 3 Lantai
Lebong Tengah	2 s/d 3 Lantai
Lebong Utara	2 s/d 3 Lantai
Pinang Belapis	2 s/d 3 Lantai
Rimbo Pegadang	2 s/d 3 Lantai
Topos	1 Lantai
Pelabai	2 s/d 3 Lantai
Uram Jaya	3 s/d 4 Lantai

Berdasarkan Tabel 6 diketahui bangunan bertingkat rendah seperti Kecamatan Amin, Bingin Kunin, Lebong Atas, Lebong Sakti, dan Topos lebih besar kemungkinannya mengalami resonansi saat terjadi bencana seismik. Sementara itu, bangunan gedung setinggi tiga hingga empat lantai berkemungkinan mengalami resonansi seperti di Kecamatan Lebong Selatan, Lebong Tengah, Lebong Utara, Pinang Belaru, Limbo Pegadan, Perabai, dan Ulam Jaya.

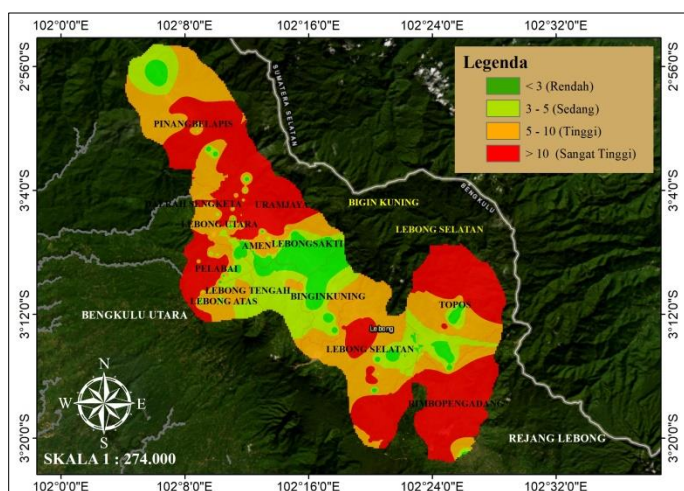
Distribusi Nilai Indeks Kerentanan Seismik

Berdasarkan Persamaan 3, nilai indeks kerentanan seismik diklasifikasikan ke dalam berbagai tingkat zona kerentanan seismik. Hal ini mengacu pada Akkaya (2020) dan ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Klasifikasi Indeks Kerentanan Seismik (Akkaya, 2020)

Indeks Kerentanan Seismik	Klasifikasi
$K_g \leq 3$	Rendah
$3 < K_g \leq 5$	Sedang
$5 < K_g \leq 10$	Tinggi
$K_g \geq 10$	Sangat Tinggi

Berdasarkan hasil analisis, secara keseluruhan nilai indeks kerentanan seismik pada penelitian ini diklasifikasikan dalam kategori tinggi dan sangat tinggi yang dapat diwaspadai terhadap akan adanya risiko bencana gempa bumi skala besar. Dari Gambar 10 terlihat nilai indeks kerentanan seismik tertinggi terdapat di Kecamatan Pinang Belapis, Perabai, Lebong Selatan, Topos, Limpo Pegadang, dan Uram Jaya. Karena tanah di kawasan ini umumnya tersusun atas batuan dasar yang sangat padat, lunak, dan tanah lempung lunak yang tebal sehingga tidak cocok untuk meredam getaran gempa serta terdapat lapisan sedimen yang tebal hingga tipis.

Gambar 10 Peta Indeks Kerentanan Seismik (K_g)

Kesimpulan

Berdasarkan analisis serta perhitungan dari faktor amplifikasi dan frekuensi dominan setiap titik yang menghasilkan nilai indeks kerentanan, diperoleh bahwa nilai tingkat kerentanan bencana gempa bumi yang lebih tinggi diantara seluruh kecamatan di Kabupaten Lebong berada pada Kecamatan Pinang Belapis, Perabai, Lebong Selatan, Topos, Rimpopo Pegadang dan Uram Jaya, dimana kecamatan tersusun atas batuan dasar yang sangat padat, lunak, dan tanah lempung lunak yang tebal sehingga tidak cocok untuk meredam getaran gempa. Peta mikrozonasi kerentanan seismik ini diharapkan dapat berguna oleh warga maupun pemerintah setempat sebagai acuan mitigasi bencana dan pembangunan yang akan dilakukan Hesti, Suharno., Mulyasari, R. & Hidayatika, A. (2021). Analisis Karakteristik Lapisan Sedimen Berdasarkan Data Mikrotremor Di Area Rumah Sakir Pendidikan Unila. Jurnal Geofisika Eksplorasi, 7(2): 150-159.

di Kabupaten Lebong kedepannya. Diharapkan penelitian lebih lanjut dapat dilaksanakan dengan metode lain sehingga dapat melakukan perbandingan hasil yang diperoleh dari tiap metode yang digunakan.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Geofisika Universitas Bengkulu atas dukungannya berupa data mikrotremor dan tim peneliti Laboratorium Geoteknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Bengkulu yang telah mendukung dan berkontribusi dalam pekerjaan ini serta memberikan masukan kepada penulis baik dukungan fisik maupun materi sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

Referensi

- Akkaya, İ. (2020). Availability of seismic vulnerability index (K_g) in the assessment of building damage in Van, Eastern Turkey, Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 19(1): 189-204.
- Anindya, P. R., Purwanto, S. M. & Widodo, A. (2017) Identifikasi Percepatan Tanah Maksimum (PGA) Dan Kerentanan Tanah Menggunakan Metode Mikrotremor I Jalur Sesar Kendeng. Geosaintek, 3(2): 107-114.
- Arifin, S. S., Mulyatno, B. S., Marjiyono, & Setianegara, R. (2014). Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa Dan Sekitarnya. Jurnal geofisika eksplorasi, 2(1): 30-40.
- Badan Pusat Statistik. (2015). Kabupaten Lebong dalam Angka 2015.
- Fadli, D. I., et al. (2021). Identifikasi Daerah Rawan Longsor Secara Mikrozonasi Di Jalan Alternatif Provinsi Menggunakan Metode Simple Additive Weighting (SAW). Indonesian Journal of Applied Physics, 13(1), pp. 37-52.
- Farid, M. & Mase, L. Z. (2020). Implementation of seismic hazard mitigation on the basis of ground shear strain indicator for spatial plan of Bengkulu City, Indonesia, International Journal of Geomate, 18(69): 199-207.
- Gosar, A. (2010). Site effects and soil-structure resonance study in the Kobarid basin (NW Slovenia) using microtremors, Natural hazards and earth system sciences, 10(4): 761-772.
- Haris, A. & Irjan. (2013). Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum Wilayah Yogyakarta Dengan Metode Atenuasipatwardhan. Jurnal Neutino, 5(2).
- Lantu, Aswad, S., Fitriani. & Marjiyono. (2018). Pemetaan Wilayah Rawan Bencana Gempabumi Berdasarkan Data Mikrotremor Dan Data Bor. Jurnal Geocelbes, 2(1): 20-30.
- Mase, L. Z. (2020). Seismic hazard vulnerability of Bengkulu City, Indonesia, based on deterministic

- seismic hazard analysis, *Geotechnical and Geological Engineering*, 38(5): 5433-5455.
- Mase, L. Z., Likitlersuang, S. & Tobita, T. (2018). *Analysis of seismic ground response caused during strong earthquake in Northern Thailand.*, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 114: 113-126.
- Misliniyati, R., Mase, L. Z. & Refrizon. (2023). *Upaya Peningkatan budaya sadar bencana gempa melalui analiis statistik parameter geofisika di kota bengkulu, indonesia.* *Jurnal pegabdian masyarakat*, 8(1): 67-77.
- Misliniyati, R., Mase, L. Z., Syahbana, A. J. & Soebowo, E. (2018). *Seismic hazard mitigation for Bengkulu Coastal area based on site class analysis*, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 212(1): p. 012004.
- Mukazairo, D. S. E., Refrizon. & Sugianto, N. (2020). *Peta Anomali Magnetik Daerah Mineralisasi Emas Di Desa Tambang Sawah Kecamatan Lebong Utara Berdasarkan Pengukuran Magnetik.* *Jurnal Newton-Maxwel*, 1(1).
- Mustika, R., Putra, R. R. & Fitria, R. (2022). *Analisis Periode Getar Alami Bangunan Menggunakan Mikrotremor.* *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2).
- Natasya, I. D., Larang, M. P., Putri, E. G. G., & Refrizon, (2022). *Upaya Mitigasi Bencana Longsor Jalan Lintas Bengkulu-Kepayang Berdasarkan Kecepatan Gelombang Geser (Vs).* *Jurnal of Physics*, 3(1).
- Nia, A. F. T., Hakim, P. Y. & Danan, W. (2019) *Analisis Amplifikasi Dan Indeks Kerentanan Seismik Di Kawasan Fmipa Ugm Menggunakan Metode HVSR.* *Jurnal Geosaintek*, 5(2): 60-67.
- Pertiwi, G., Wibowo, N. & Darmawan, D. (2018). *Identifikasi Daerah Longsor Kecamatan Bagelan menggunakan Metode Mikrotremor.* *Wahana Fisika*, 3(2): 102-110.
- Refrizon, Hadi, A. I., Lestari, K. & Oktari, T. (2013). *Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum Dan Tingkat Kerentanan Seismik Daerah Ratu Agung Kota Bengkulu.* *Prosiding semirata 2013*, 1(1): 323-328.
- SESAME. (2004). *Guidelines for the implementation of H/V spectral ratio technique on ambient vibrations: measurements, processing, and interpretations.* SESAME.
- Sieh, K., & Natawidjaja, D. (2000). *Neotectonics Oo the Sumatran Fault, Indonesia*, *Journal of Geophysical Research*, 105(B12): 28295-28326.
- Supartoyo, Surono, & 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.
- Syaputra, E. W., Refrizon. & Zakariya, H. (2023). *Identifikasi Sesar Segmen Ketahun Berdasaerkan Metode First Horizontal Derivative (HFD) dan Second vertical Derivative (SVD) Data Anomalia Gaya Berat GGMplus.* *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, 12(4): 598-607.
- Tohari, A. & Wardhana, D. D. (2018). *Mikrozonasi Seismik Wilayah Kota Padang Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor: Rise.Geo.Tam* 28(2).
- Wahyuni, A. (2014). *Pengukuran Frekuensi Natural Pada Gedung Bertingkat Menggunakan Accelerometer GPL-6A3P.* *Jft*, 1(1).
- Zaenudin, A., Darmawan, I.G.B., Farduwin, A. & Wibowo, R.C. (2022). *Shear wave velocity estimation based on the particle swarm aplitimization method of HVSR curve inversion in Bakauheni district, Indonesia.* *Journal of Earth Sciences*, 31(5).
- Zhao, J. X., Irikura, Kojiro, K., Zhang, J., Fukushima, Y., Somerville, P. G., Asano, A., Saiki, T., Okada, H. & Takahashi, T. (2004). *Site Classification for Strong Motion Stations in Japan using H/V response Spectral Ratio.* *World Conference on Earthquake Engineering*.