

ZONASI KEGEMPAAN KOTA BUKITTINGGI BERDASARKAN SIFAT SEISMİK TANAH

M. Shalino Aguna¹, Rusnardi Rahmat Putra²

^{1,2}Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: m.shalinoaguna@gmail.com

Abstrak: Kota Bukittinggi merupakan salah satu wilayah dengan tingkat kerawanan gempa tinggi karena terletak di jalur aktif Sesar Sumatera serta dikelilingi oleh dua gunung api aktif. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan zonasi kegempaan berdasarkan parameter perioda dominan dan amplifikasi tanah. Data mikrotremor dari 55 titik dianalisis menggunakan metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) untuk memperoleh nilai frekuensi alami (f_0) dan amplifikasi (A_0). Selanjutnya dihitung indeks kerentanan seismik (K_g) dan kecepatan gelombang geser (V_s). Hasil analisis menunjukkan bahwa wilayah dengan tanah lunak memiliki nilai amplifikasi dan perioda yang tinggi, sehingga lebih rentan terhadap dampak gempa. Zona kegempaan dibagi menjadi tiga: tinggi, sedang, dan rendah. Informasi ini penting untuk mitigasi bencana dan perencanaan pembangunan infrastruktur tahan gempa.

Kata Kunci : Zonasi Kegempaan, Amplifikasi Tanah, Perioda Dominan, HVSr, Mikrotremor

Abstract : Bukittinggi City is one of the regions with high seismic vulnerability as it lies on the active Sumatra Fault Zone and is surrounded by two active volcanoes. This study aims to conduct seismic zoning based on dominant period and soil amplification parameters. Microtremor data from 55 points were analyzed using the Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) method to obtain natural frequency (f_0) and amplification (A_0). Subsequently, seismic vulnerability index (K_g) and shear wave velocity (V_s) were calculated. The results show that areas with soft soil layers have high amplification and dominant period values, making them more susceptible to earthquake damage. The seismic zones are classified into three categories: high, moderate, and low. This information is vital for disaster mitigation and planning of earthquake-resistant infrastructure.

Keyword : Seismic Zoning, Soil Amplification, Dominant Period, HVSr, Microtremor

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki resiko tinggi terhadap gempa bumi tektonik karena berada di dekar pertemuan tiga lempeng tektonik besar. Kota Bukittinggi merupakan salah satu kota di Provinsi Sumatera Barat yang berada di wilayah rawan gempa. Letaknya yang berada pada zona patahan Semangko yang terbentuk akibat tabrakan lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia, menjadikan wilayah ini sangat rentan terhadap aktivitas kegempaan. Kota Bukittinggi yang secara geografis diapit dua gunung berapi, yaitu Gunung Marapi dan Gunung Singgalang menyebabkan Kota Bukittinggi menjadi kawasan dengan resiko gempa bumi yang tinggi. Aktivitas Gunung Merapi

yang cukup intens terjadi belakangan ini memicu ancaman gempa bumi. Kondisi ini meningkatkan risiko terhadap bencana gempa bumi dan kerusakan infrastruktur.

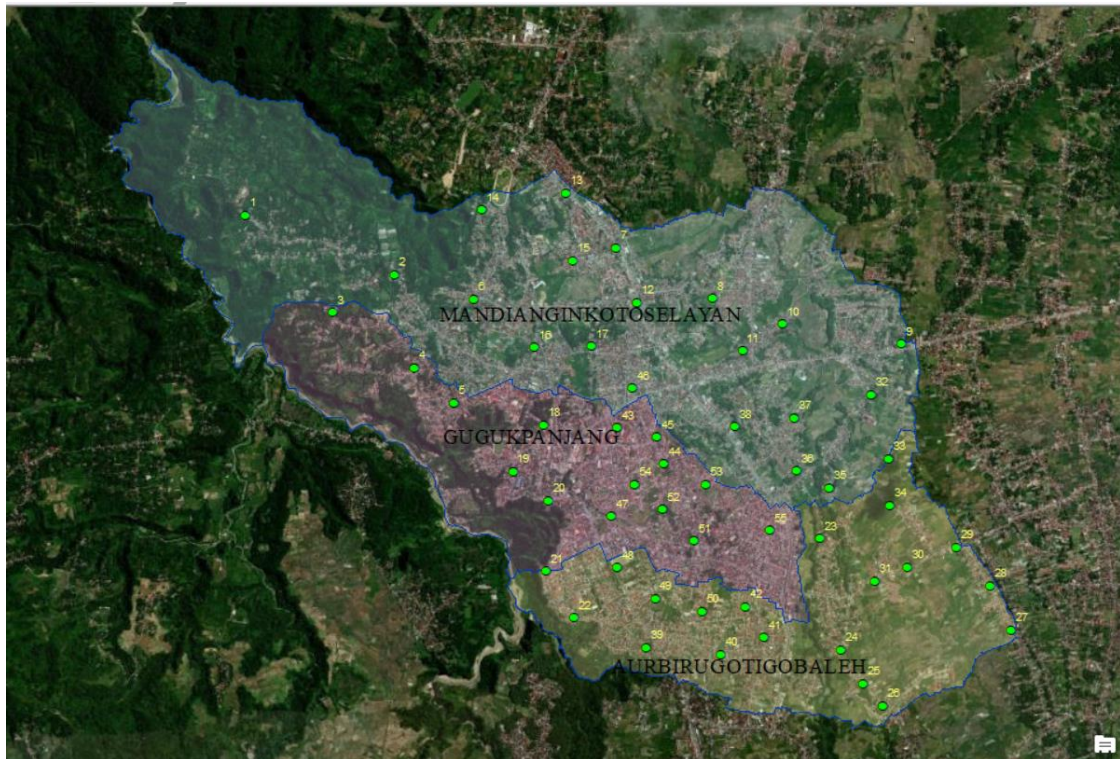
Untuk mengurangi dampak negatif yang gempa bumi, maka perlu untuk memahami bagaimana karakteristik tanah mempengaruhi amplifikasi gelombang seismik di berbagai tempat di Kota Bukittinggi. Pentingnya penelitian ini terletak pada upaya untuk memetakan dan memahami kondisi tanah di Kota Bukittinggi untuk merancang bangunan yang lebih tahan gempa, mengembangkan sistem peringatan dini yang lebih efektif, serta memastikan bahwa pembangunan

dilakukan dengan mempertimbangkan keselamatan dan keberlanjutan.

Salah satu upaya mitigasi risiko gempa adalah dengan melakukan zonasi kegempaan. Zonasi ini bertujuan untuk mengklasifikasikan wilayah berdasarkan respon lokal tanah terhadap gelombang seismik, khususnya perioda dominan dan amplifikasi. Tanah lunak cenderung memperkuat getaran gempa, yang dapat memperbesar kerusakan bangunan di permukaan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif menggunakan metode HVSR terhadap data mikrotremor. Data diambil dari 55 titik pengukuran mikrotremor di Kota Bukittinggi. Untuk titik koordinat pengukuran mikrotremor dapat dilihat pada gambar 1.

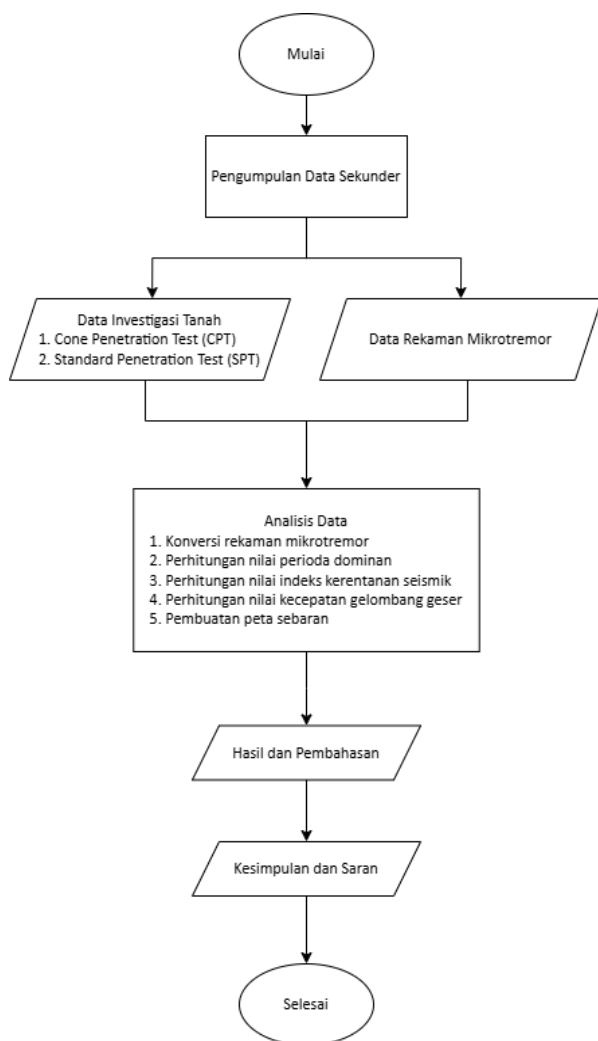


Gambar 1. Titik Koordinat Pengukuran Data Mikrotremor

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat lunak. Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Software GPL berfungsi mengonversi data hasil mikrotremor yang berupa nilai getaran alami dari format komputer yang tidak bisa dipahami oleh manusia menjadi bentuk yang dapat dibaca di Microsoft Excel.
2. Software Cygwin berfungsi mengonversi data dari format excel ke dalam bentuk format 'dat' dengan cara memasukkan data atau file excel ke dalam program cygwin.
3. Software Bido 2.02 digunakan untuk pengolahan data mikrotremor pada tanah. Software ini dirancang khusus untuk analisis frekuensi alami pada tanah. Digunakan pada saat analisis HVSR tanah.
4. Software ArcGIS digunakan untuk membuat peta gempa atau mikrozonasi.

Peta zonasi dibuat dengan metode interpolasi IDW untuk menampilkan distribusi spasial dari masing-masing parameter. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai frekuensi dominan berkisar antara 0,19 Hz hingga 1,11 Hz. Wilayah dengan nilai rendah menunjukkan keberadaan tanah lunak dengan lapisan sedimen tebal, yang menghasilkan perioda dominan hingga 5,26 detik.

Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah memiliki potensi resonansi dengan struktur tinggi yang memiliki periode getar lebih panjang, sehingga perlu perhatian khusus dalam perencanaan struktur bangunan bertingkat.

Nilai amplifikasi pada tabel berkisar antara 0,062 hingga 14,912. Titik dengan nilai amplifikasi tertinggi adalah Titik 18, sedangkan yang terendah adalah Titik 27. Nilai amplifikasi yang tinggi menandakan peningkatan getaran tanah di titik tersebut ketika terjadi gempa, yang bisa memperbesar kerusakan struktur di permukaan.

Sebagian besar nilai amplifikasi berada dalam kisaran 1 – 5, yang masih termasuk kategori sedang. Namun, adanya beberapa titik dengan amplifikasi ekstrem (misalnya Titik 9 dan 18) menunjukkan perlunya investigasi lebih lanjut terhadap lapisan tanah di lokasi tersebut.

Periode getar tanah berkisar dari ~0,9 detik hingga 5,2 detik. Titik dengan periode paling besar adalah Titik 41 (5,26 detik), sedangkan yang paling kecil adalah Titik 28 (0,9 detik). Wilayah dengan periode panjang cenderung mendukung resonansi dengan struktur tinggi, sementara wilayah dengan periode pendek lebih berisiko terhadap bangunan bertingkat rendah.

Nilai K_g bervariasi, titik dengan nilai K_g sangat tinggi antara lain titik 9, titik 13, titik 18. Titik-titik tersebut memiliki amplifikasi tinggi dan frekuensi rendah, kombinasi yang sangat berisiko dalam hal resonansi terhadap struktur tinggi. Titik dengan nilai K_g sangat rendah (mendekati nol), seperti Titik 27 dan 28, menunjukkan tanah yang relatif aman atau struktur keras yang tidak memperkuat gelombang gempa secara signifikan.

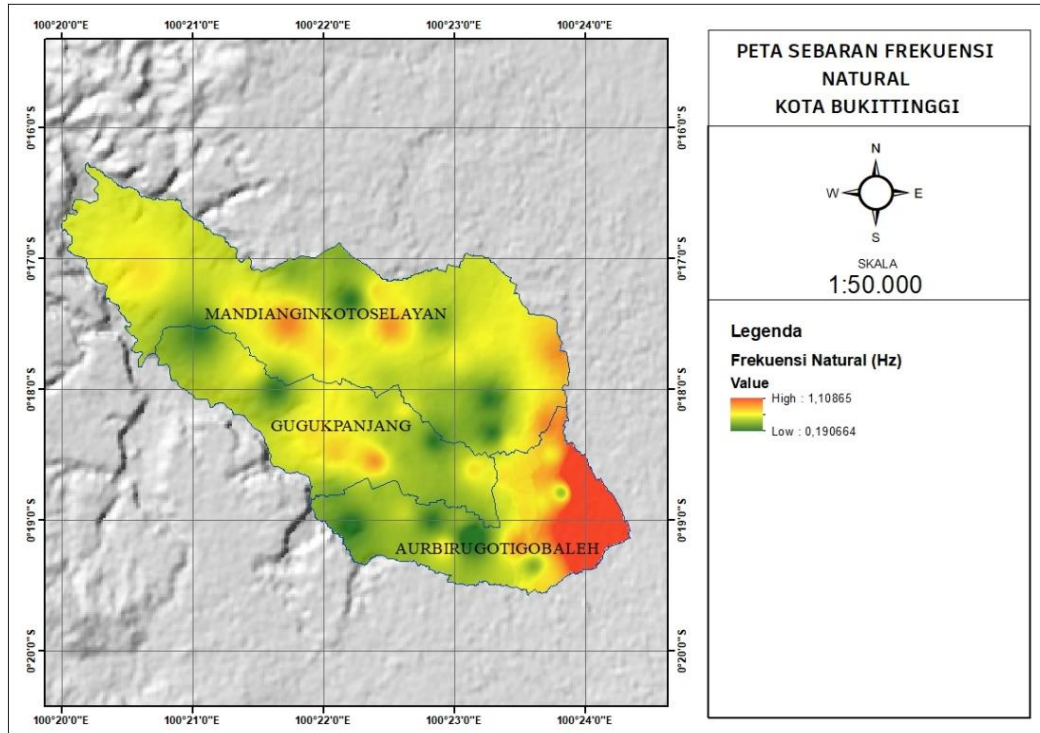
Distribusi nilai V_s memperlihatkan bahwa sebagian besar lokasi memiliki $V_s < 15$ m/s, yang mencerminkan karakteristik tanah yang lunak sampai sedang, berpotensi mengalami amplifikasi gelombang gempa lebih besar. Nilai V_s sangat erat kaitannya dengan indeks kerentanan seismik (K_g). Semakin rendah nilai V_s , semakin tinggi nilai K_g .

Tabel 1. Nilai Frekuensi, Perioda, Amplifikasi, K_g , dan V_s

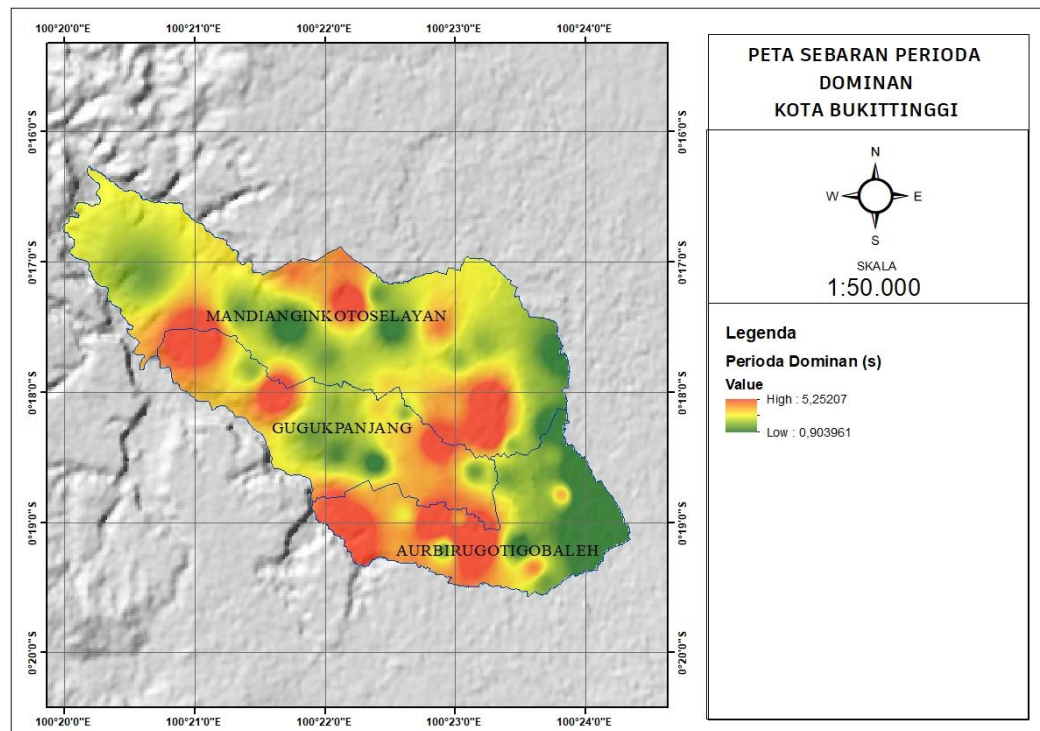
Titik	X	Y	Frekuensi	Amplifikasi	K_g	T	V_s
1	-0,284964502	100,3438305	0,34	1,108	3,61	2,9411765	6,8
2	-0,289737699	100,3558496	0,34	1,721	8,71	2,9411765	6,8
3	-0,292775378	100,3508235	0,24	4,056	68,55	4,1666667	4,8

Titik	X	Y	Frekuensi	Amplifikasi	Kg	T	Vs
4	-0,297222219	100,3574066	0,33	2,733	22,63	3,0303030	6,6
5	-0,300010440	100,3605537	0,24	3,311	45,68	4,1666667	4,8
6	-0,291694995	100,3621315	0,39	0,905	2,10	2,5641026	7,8
7	-0,287586420	100,3735693	0,34	1,741	8,91	2,9411765	6,8
8	-0,291646901	100,3813722	0,28	8,971	287,42	3,5714286	5,6
9	-0,295320375	100,3965024	0,38	14,904	584,55	2,6315789	7,6
10	-0,293726396	100,3869263	0,33	0,901	2,46	3,0303030	6,6
11	-0,295846316	100,3837295	0,33	4,327	56,74	3,0303030	6,6
12	-0,291975689	100,3752329	0,38	2,694	19,10	2,6315789	7,6
13	-0,283197405	100,3695153	0,28	0,526	0,99	3,5714286	5,6
14	-0,284568046	100,3628211	0,28	1,608	9,23	3,5714286	5,6
15	-0,288615567	100,3700765	0,24	5,770	138,72	4,1666667	4,8
16	-0,295590364	100,3670379	0,34	3,424	34,48	2,9411765	6,8
17	-0,295475185	100,3716485	0,32	4,297	57,70	3,1250000	6,4
18	-0,301809942	100,3677799	0,33	14,912	673,84	3,0303030	6,6
19	-0,305558484	100,3653027	0,34	2,199	14,22	2,9411765	6,8
20	-0,307874915	100,3681743	0,35	0,845	2,04	2,8571429	7,7
21	-0,313537513	100,3679793	0,27	5,438	109,53	3,7037037	5,8
22	-0,317256349	100,3702090	0,23	6,486	182,91	4,3478261	4,6
23	-0,310914586	100,3898920	0,34	2,108	13,07	2,9411765	6,8
24	-0,319828480	100,3915803	0,38	2,218	12,95	2,6315789	7,6
25	-0,322544162	100,3933805	0,28	1,608	9,23	3,5714286	5,6
26	-0,324309274	100,3949858	0,34	4,016	47,44	2,9411765	6,8
27	-0,318263735	100,4052724	0,92	0,062	0,00	1,0869565	18,4
28	-0,314701210	100,4035497	1,11	0,074	0,00	0,9009009	22,2
29	-0,311625059	100,4008736	0,88	0,526	0,31	1,1363636	17,6
30	-0,313186009	100,3969354	0,29	1,302	5,85	3,4482759	5,8
31	-0,314313420	100,3943284	0,33	0,936	2,65	3,0303030	6,6
32	-0,299366290	100,3940580	0,33	0,845	2,16	3,0303030	6,6
33	-0,304498036	100,3954727	0,39	3,348	28,74	2,5641026	7,8
34	-0,308255051	100,3954935	0,33	3,747	42,55	3,0303030	6,6
35	-0,306841133	100,3906863	0,33	5,025	76,52	3,0303030	6,6
36	-0,305499995	100,3880921	0,24	0,459	0,88	4,1666667	4,8
37	-0,301254797	100,3878410	0,24	0,503	1,05	4,1666667	4,8
38	-0,301951967	100,3830964	0,29	2,501	21,57	3,4482759	5,8
39	-0,319660973	100,3759895	0,29	2,126	15,59	3,4482759	5,8
40	-0,320202858	100,3819552	0,34	1,436	6,06	2,9411765	6,8
41	-0,318877064	100,3854362	0,19	5,538	161,42	5,2631579	3,8
42	-0,316372191	100,3839185	0,29	4,364	65,67	3,4482759	5,8
43	-0,302023984	100,3736747	0,30	3,592	43,01	3,3333333	4,68
44	-0,304914831	100,3774166	0,29	2,957	30,15	3,4482759	6,032
45	-0,302780723	100,3768687	0,33	3,191	30,86	3,0303030	4,62
46	-0,298879844	100,3748536	0,30	3,164	33,37	3,3333333	6
47	-0,309120818	100,3731572	0,38	2,350	14,53	2,6315789	8,816
48	-0,313235553	100,3736519	0,29	1,059	3,87	3,4482759	6,728
49	-0,315739779	100,3767059	0,31	4,749	72,75	3,2258065	4,712
50	-0,316744049	100,3805039	0,24	7,902	260,17	4,1666667	4,8
51	-0,311085485	100,3798653	0,29	1,313	5,94	3,4482759	5,8

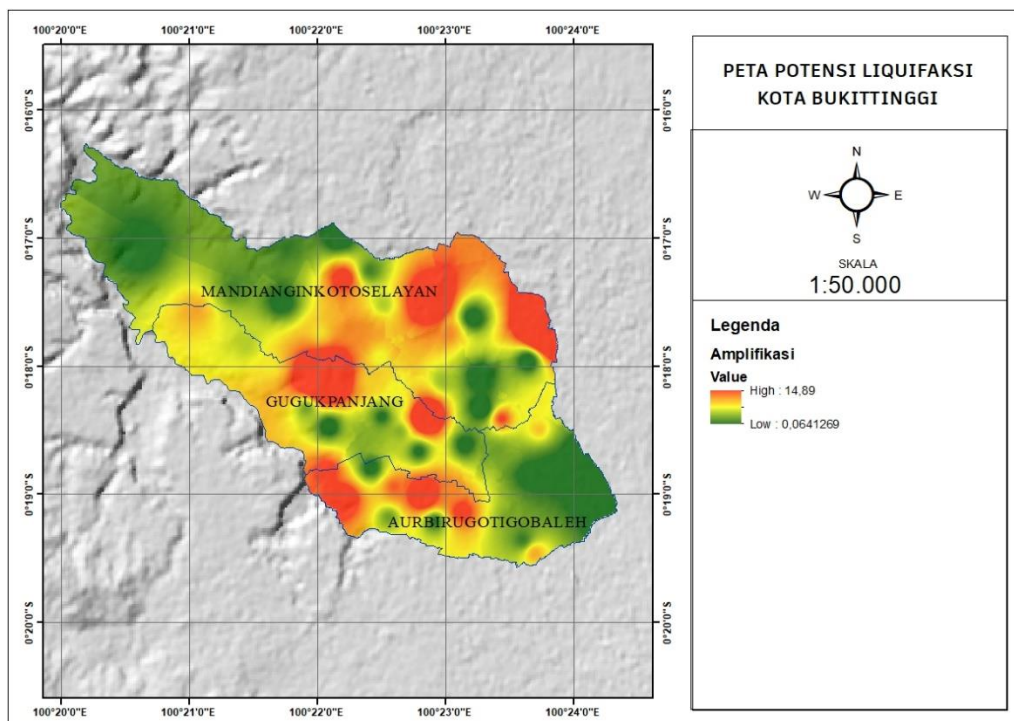
Titik	X	Y	Frekuensi	Amplifikasi	Kg	T	Vs
52	-0,308593508	100,3773359	0,29	2,353	19,09	3,4482759	5,8
53	-0,306584965	100,3807826	0,24	10,776	483,84	4,1666667	4,8
54	-0,306547504	100,3750903	0,30	1,302	5,65	3,3333333	6
55	-0,310239772	100,3858828	0,34	0,990	2,88	2,9411765	6,8



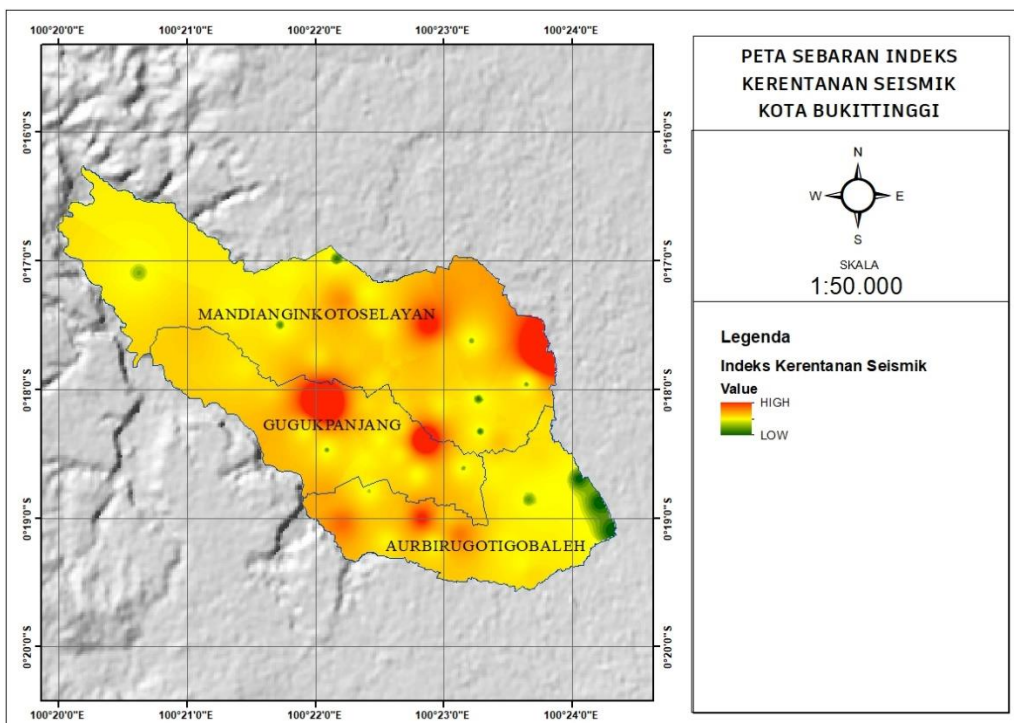
Gambar 3. Peta Sebaran Frekuensi Alami



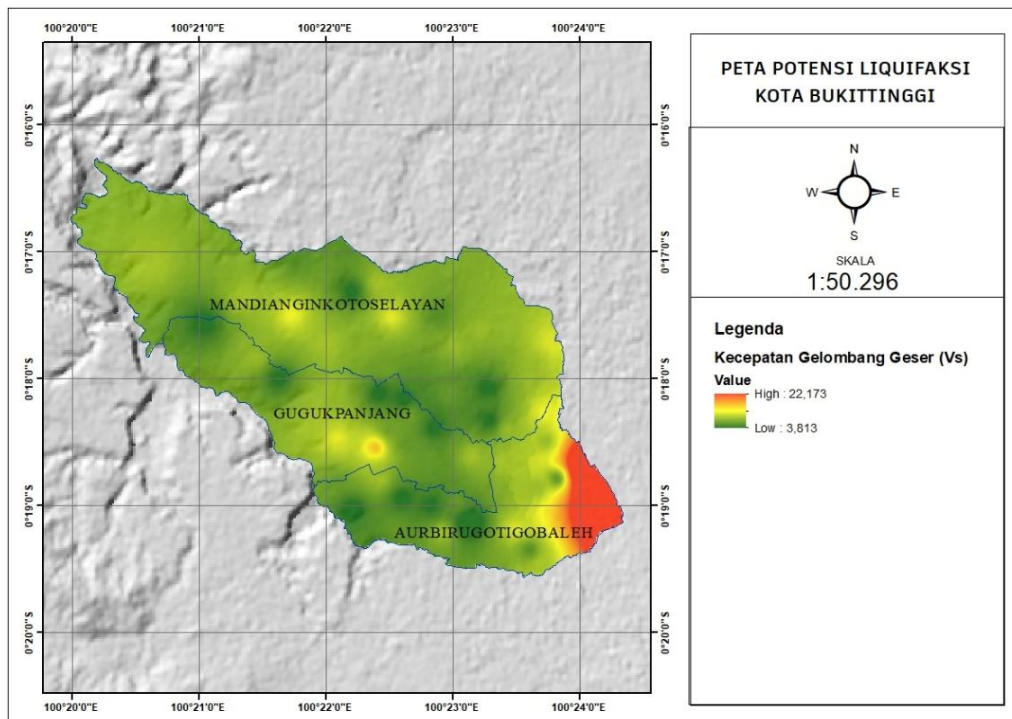
Gambar 4. Peta Periode Tanah



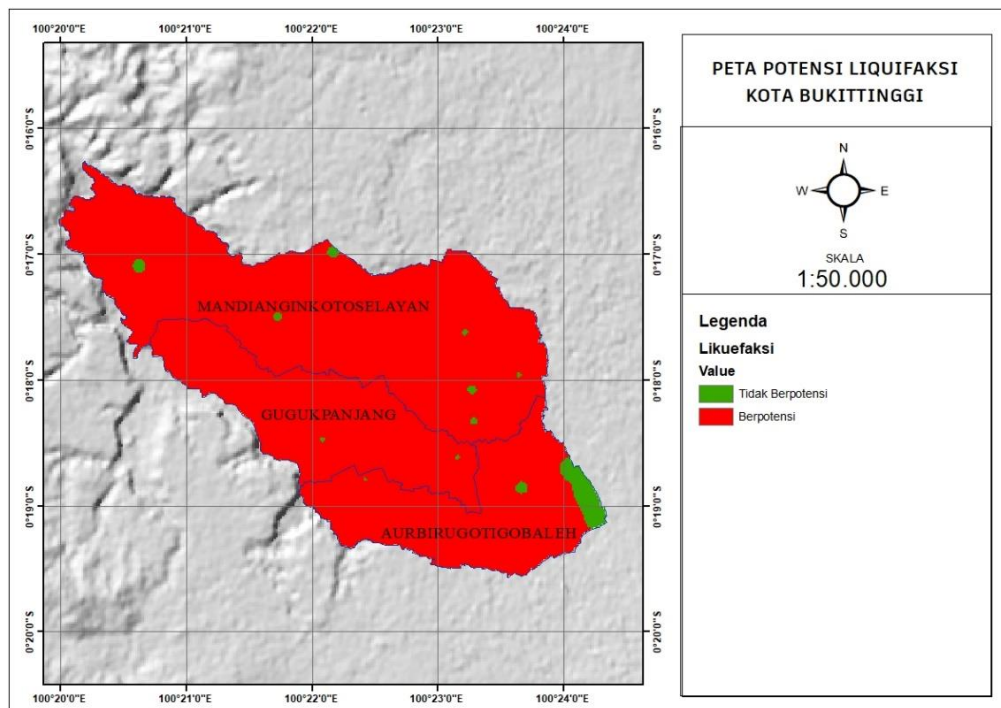
Gambar 5. Peta Amplifikasi Tanah



Gambar 6. Peta Indeks Kerentanan Seismik



Gambar 7. Peta Kecepatan Gelombang Geser Tanah



Gambar 8. Peta Potensi Likuifaksi

KESIMPULAN

Nilai perioda dominan tanah di Kota Bukittinggi berada dalam kisaran 0,9–5,26 detik, sedangkan nilai amplifikasi tanah berkisar antara 0,062–14,912. Hal ini mencerminkan variasi karakteristik geologi, mulai dari tanah keras hingga sangat lunak.

Wilayah dengan kerentanan seismik tinggi umumnya memiliki kombinasi nilai frekuensi rendah dan amplifikasi tinggi. Titik-titik yang menunjukkan nilai K_g tinggi, menandakan tanah yang sangat berisiko terhadap guncangan gempa.

Nilai kecepatan gelombang geser (V_s) menunjukkan sebaran 3,8–22,2 m/s. Nilai V_s

rendah ditemukan pada wilayah dengan tanah lunak dan sedimen vulkanik tebal, sedangkan nilai Vs tinggi mengindikasikan lapisan tanah lebih padat dan stabil.

Pemetaan zonasi kegempaan mengindikasikan bahwa sebagian wilayah Kota Bukittinggi, memiliki potensi amplifikasi gelombang gempa yang signifikan dan kerentanan seismik yang tinggi. Hal ini menjadi perhatian dalam perencanaan pembangunan dan mitigasi risiko bencana.

Kota Bukittinggi secara geologis terletak pada jalur patahan aktif (Sesar Sumatera) dan diapit oleh dua gunung berapi aktif, yang semakin memperkuat urgensi kajian zonasi seismik sebagai dasar perencanaan struktur tahan gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Alihudien, A. (2014). INDEK KERENTANAN DAN AMPLIFIKASI TANAH AKIBAT GEMPA DI WILAYAH UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER. *Media Teknik Sipil*, 12(2).
- Arifin, S. S. (2014). Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi HVSr Mikrotremor dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa dan Sekitarnya. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 2(01), 30-40.
- Irawan, L., Hasibuan, L. H., & Fauzi, F. (2020). *Analisa Prediksi Efek Kerusakan Gempa Dari Magnitudo (Skala Richter) Dengan Metode Algoritma ID3 Menggunakan Aplikasi Data Mining Orange*. *Jurnal Teknologi Informasi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Bidang Teknik Informatika*, 14(2), 189-201.
- Kanai, K. (1983). *Engineering seismology*. Tokyo: University of Tokyo Press.
- Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, Quarterly Report of the Railway Technology Research Institute, Japan.
- Nakamura, Y. (2000). Real Time Information Systems for Seismic Hazards Mitigation UrEDAS, HERAS and PIC. Japan: Quarterly Report of RTRI, Vol. 37, No. 3, 112-127.
- Mirzaoglu, Mete. et al,. (2003). Application of microtremors to seismic microzoning procedure. *Balkan: Journal of the Balkan Geophysical*, Vol. 6, No. 3,p.
- Rahma, Ilqia et al. 2023. "Identifikasi Daerah Rawan Longsor Berdasarkan Kecepatan Gelombang Geser (Vs30) Di Desa Salamkanci , Kecamatan Bandongan Village , Bandongan District." 1(1): 9-14
- Rahman, A. S. (2023). ANALISIS NILAI PERIODE DOMINAN TANAH DAN AMPLIFIKASI AKIBAT GEMPABUMI TARUTUNG M5. 8 01 OKTOBER 2022 TERHADAP KERUSAKAN INFRASTRUKTUR BERDASARKAN METODE HVSR. *Buletin Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika*, 3(2), 28-33.
- Rusdydy, I., Jamaluddin, K., Fatimah, E., Syafrizal, S., & Andika, F. (2016). Studi Awal: Analisa Kecepatan Gelombang Geser (Vs) Pada Cekungan Takengon Dalam Upaya Mitigasi Gempa Bumi. *Jurnal Teknik Sipil*, 6(1), 1-12.
- SESAME. (2004). *Guidelines For The Implementation Of The H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations*. Europe: SESAME European research project.
- Tohari, A., & Wardhana, D. D. (2018). Mikrozonasi seismik wilayah Kota Padang berdasarkan pengukuran mikrotremor. *Riset Geologi dan Pertambangan*, 28(2), 205-220.