

**ANALISIS NILAI PERIODE DOMINAN TANAH DAN
AMPLIFIKASI AKIBAT GEMPABUMI TARUTUNG M5.8 01
OKTOBER 2022 TERHADAP KERUSAKAN
INFRASTRUKTUR BERDASARKAN METODE HVSR**
*ANALYSIS OF THE DOMINANT AND AMPLIFICATION
PERIOD VALUES DUE TO THE M5.8 TARUTUNG
EARTHQUAKE 01 OCTOBER 2022 AGAINST
INFRASTRUCTURE DAMAGE BASED ON THE HVSR
METHOD*

**Aditya Setyo Rahman^{1,*}, Hendro Nugroho², Dadang Permana¹, Oriza
Sativa¹, Agus Riyanto³, Romauli Kristiana Sirait⁵, Yoga Dharma
Persada¹, Lewi Ristiyono², Chichi Nurhafizah², Wenny Enjelia Br
Sinuraya², Defri Mandoza², Mira Hestina Ginting³, R. B. Yanuar Harry
Wicaksono³, Alexander Taufan Felix Parera³, Yosvin Apriando³,
Furqon Dawam Raharjo⁴, Mikhael Natal Naibaho⁵, Andreas
Kurniawan Silitonga⁵**

¹Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl. Angkasa 1 No.2, RT.1/RW.10, Gn. Sahari Sel., Kec. Kemayoran, Kota Jakarta Pusat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10610

² Balai Besar MKG Wilayah I Medan, Jl. Ngumban Surbakti No.15, Sempakata, Kec. Medan Selayang, Kota Medan, Sumatera Utara 20131

³Sta. Geof. Klas I Deli Serdang, Jalan Geofisika No.1, Tuntungan I, Kec. Pancur Batu, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20353

⁴Sta. Geof. Klas I Padang Panjang, Jl. Meteorologi, Silaing Bawah, Kec. Padang Panjang Bar., Kota Padang Panjang, Sumatera Barat 27118

⁵Sta. Met. Klas II Bandara Silangit, Silando, Muara, North Tapanuli Regency, North Sumatra 22312

*Email: setyo.bmkg@gmail.com

ABSTRAK

Telah terjadi gempabumi dengan magnitudo 5.8 yang terletak di darat wilayah Tapanuli Utara, Sumatera Utara pada kedalaman 10 km. Gempabumi yang terjadi ini menimbulkan beberapa kerusakan infrastruktur. Untuk mengetahui sumber kerusakan tersebut dapat digunakan pengukuran mikrotremor. Dalam mikrotremor dikenal metode HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). Metode HVSR biasanya digunakan pada seismik pasif (mikrotremor) tiga komponen. Metode HVSR dilakukan dengan cara estimasi rasio spektrum Fourier komponen vertikal terhadap komponen horisontal. Parameter penting yang dihasilkan dari metode HVSR adalah periode dominan dan amplifikasi. Kedua parameter ini dapat digunakan untuk karakterisasi geologi setempat karena parameter ini berkaitan erat dengan parameter fisik bawah permukaan. Diperoleh nilai periode dominan pada lokasi penelitian antara 0.3 - 1.2 s. Sedangkan nilai amplifikasi antara 1.23 - 3.53. Nilai tersebut menunjukkan bahwa karakteristik tanah di wilayah tersebut merupakan tanah lunak sampai tanah keras

Kata kunci: HVSR, Periode Dominan, Amplifikasi.

ABSTRACT

An earthquake with a magnitude of 5.8 has occurred on land in the North Tapanuli region, North Sumatra at a depth of 10 km. The earthquake that occurred caused some damage to infrastructure. Microtremor measurements can be used to determine the source of the damage. In microtremor known HVSR method. The HVSR method is usually used for three-component passive seismic (microtremor). The HVSR method is carried out by estimating the ratio of the Fourier spectrum of the vertical component to the horizontal component. The important parameters resulting from the HVSR method are the dominant period and amplification. These two parameters can be used for local geological characterization because these parameters are closely related to subsurface physical parameters. The dominant period value obtained at the research site is between 0.3 - 1.2 s. While the amplification value is between 1.23 - 3.53. That value shown soil characteristic on site are soft soil to hard soil.

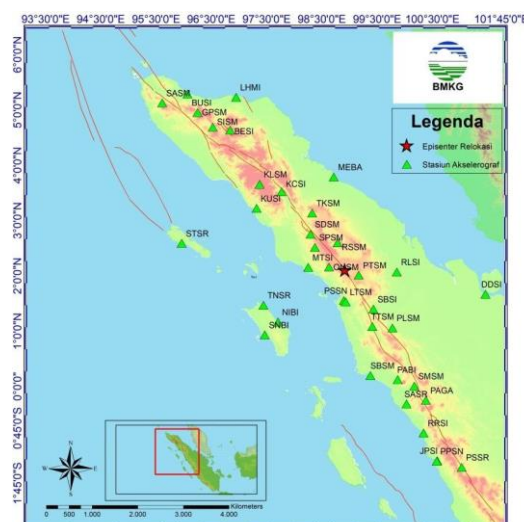
Keywords: HVSR, Dominant Period, Amplification.

1. Pendahuluan

Telah terjadi gempa bumi pada hari Sabtu tanggal 01 Oktober 2022 pukul 02:28:41 WIB dengan magnitudo 5.8. Pusat Gempabumi (episenter) terletak pada koordinat $2,108242^{\circ}$ LU $98,913916^{\circ}$ BT berada di darat wilayah Tapanuli Utara, Sumatera Utara pada kedalaman 10 km. Gempabumi yang terjadi ini bisa diklasifikasikan sebagai gempa bumi dangkal akibat adanya aktivitas Sesar Besar Sumatra Segmen Renun dengan pergerakan geser (*strike-slip*).

Gempabumi pada 1 Oktober tersebut mengakibatkan guncangan yang cukup besar di wilayah sekitar episenter gempa bumi. Dari Gambar 1 terlihat bahwa gempa bumi dengan kekuatan magnitudo 5.8 tersebut terekam oleh jaringan peralatan akselerograf BMKG yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Sebanyak 37 stasiun akselerograf mencatat gempa bumi yang telah menimbulkan guncangan hingga intensitas V MMI. Stasiun Onan Ganjang, Humbang Hasundutan, Sumatera Utara (ONSM) merupakan stasiun dengan jarak terdekat yaitu sekitar 23.21 km dari episenter gempa bumi dan Stasiun Sampoiniet, Aceh Jaya, Aceh (SASM) merupakan stasiun dengan jarak terjauh dari episenter

gempabumi dengan jarak sekitar 488.16 km.



Gambar 1. Peta episenter gempa bumi Pusat Gempa berada di darat wilayah Tapanuli Utara, hari Sabtu, 01 Oktober 2022 pukul 02:28:41 WIB beserta stasiun akselerograf yang merekam kejadian gempa bumi tersebut.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan menggunakan metode mikrotremor untuk mengetahui periode dominan dan amplifikasi akibat gempa bumi tersebut.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*)

Metode HVSR [1] menyatakan adanya hubungan antara perbandingan komponen horisontal

dan vertikal terhadap kurva eliptisitas pada gelombang Rayleigh [2] yang menyatakan bahwa perbandingan spektrum H/V sebagai fungsi frekuensi berhubungan erat dengan fungsi $site$ transfer untuk gelombang S.

Prinsip dari metode HVSR yaitu menggunakan seismik pasif tiga komponen. Terdapat dua parameter penting yang didapatkan dari hasil pengolahan metode ini antara lain frekuensi natural (f_0) dan amplifikasi (A). Kedua parameter ini pada dasarnya merupakan implementasi dari karakterisasi geologi suatu daerah. Langkah dari pengolahan metode HVSR adalah sebagai berikut:

- a. Sensor mikroseismik merekam getaran.
- b. Didapatkan *time series data* dari tiap-tiap komponen. Pada langkah ini dilakukan pemotongan sinyal *ambient*, agar dapat diolah pada langkah selanjutnya.
- c. Spektrum *fourier* didapatkan dengan melakukan transformasi fourier pada tiap - tiap komponen (N-S, E-W dan vertikal).

Rata-rata dari 2 spektrum horizontal dihitung kemudian hasilnya dibagi oleh spektrum vertikalnya sehingga didapatkan kurva HVSR serta nilai dari (f_0) dan (A_0).

2.2. Transform *Fourier*

Transformasi *fourier* di dalam mikroseismik adalah metode yang sering digunakan untuk mendekomposisi sebuah gelombang seismik menjadi beberapa gelombang harmonik sinusoidal dengan masing-masing frekuensi tertentu. Sedangkan kumpulan dari gelombang harmonik

sinusoidal dikenal sebagai Deret *Fourier*. Transformasi *Fourier* digunakan untuk merubah data domain waktu ke dalam domain frekuensi. Hal ini dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt \quad (1)$$

dengan $F(\omega)$ disebut sebagai transformasi *fourier*

dari $f(t)$. Transformasi ini dapat dihitung lebih cepat menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) pada komputasi digital.

2.3. Frekuensi Natural (F_0)

Nilai frekuensi natural dari pengolahan HVSR menyatakan frekuensi alami yang terdapat di daerah tersebut. Hal ini menyatakan bahwa apabila terjadi gempa atau gangguan berupa getaran yang memiliki frekuensi yang sama dengan frekuensi natural, maka akan terjadi resonansi yang mengakibatkan amplifikasi gelombang seismik di area tersebut. Nilai frekuensi natural (f_0) suatu wilayah didukung oleh beberapa faktor, yaitu ketebalan lapisan lapuk dan kecepatan rata-rata bawah permukaan (V_s) [3].

2.4. Periode Dominan (T_0)

Periode domiinan didapatkan dari turunan nilai Frekuensi Natural (F_0), dirumuskan dengan,

$$T_0 = 1/F_0 \quad (2)$$

Periode dominan dilambangkan dengan T_0 sementara F_0 merupakan frekuensi natural.

Parameter ini merupakan implementasi untuk mengkarakteristikan geologi di lokasi penelitian.

2.5. Amplifikasi (A_0)

Amplifikasi pada gelombang seismik dapat disebabkan ketika suatu benda yang memiliki frekuensi diri, kemudian diusik oleh gelombang lain dengan frekuensi yang sama. Amplifikasi gelombang gempa bisa terjadi ketika gelombang merambat ke permukaan tanah dimana frekuensi natural (F_0) tanah tersebut memiliki nilai frekuensi yang hampir sama atau sama dengan frekuensi gempa yang datang. Amplifikasi merupakan peristiwa penguatan suatu gelombang ketika melewati suatu medium tertentu. Perbandingan antara karakteristik sinyal horizontal terhadap sinyal vertikal berbanding lurus dengan penguatan gelombang pada saat melalui suatu medium [4].

3. Data dan Metode

3.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang diakuisisi menggunakan alat mikrotremor Lunitek dan Pegasus setelah kejadian gempabumi utama.

3.2. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode mikrotremor. Mikrotremor merupakan getaran konstan pada permukaan bumi yang sangat lemah dengan amplitudo antara 10^{-4} – 10^{-2} mm. Sumber mikrotremor berasal dari aktivitas manusia seperti aktivitas mesin industri, lalu lintas dan fenomena alam seperti aliran air sungai, angin, variasi tekanan atmosfer, gelombang laut dan dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dinamika sedimen permukaan di suatu daerah.

Analisis data hasil survei mikrotremor untuk mendapatkan T_{dom} dilakukan

dengan bantuan program komputer Geopsy. Periode dominan tanah diperoleh melalui analisis HVSR (*horizontal to vertical spectral ratio*). Dalam analisis dilakukan proses *windowing*, *filtering* dan *smoothing* dengan kriteria menyesuaikan mikrotremor yang terekam. Selanjutnya hasil pembacaan periode dominan akan diperbandingkan dengan nilai V_{s30} berdasarkan persamaan empiris [5] untuk diperoleh jenis tanah sesuai standar SNI 03-1726-2019. Persamaan empiris dan hubungan periode dominan dan nilai V_{s30} dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan empiris periode natural/dominan terhadap V_{s30} [1]

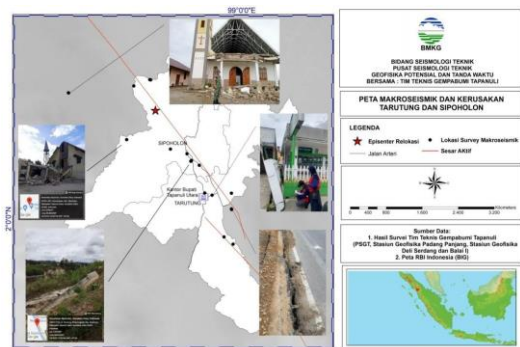
Natural Period (sec)	V_{s30} calculated from site period (m/sec)
	$V_{30} > 1100$
$T < 0.2$	$V_{30} > 600$
$0.2 = T < 0.4$	$300 < V_{30} = 600$
$0.4 = T < 0.6$	$200 < V_{30} = 300$
$T = 0.6$	$V_{30} = 200$

Note: Semakin besar nilai periode dominan tanahnya, maka jeni tanah semakin lunak

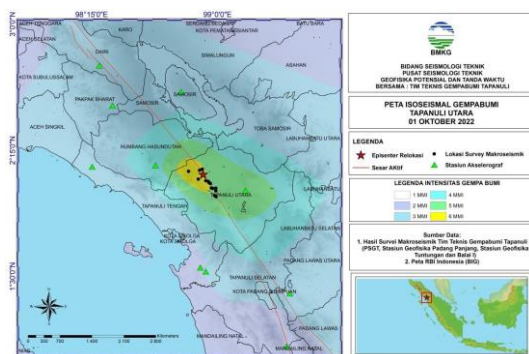
4. Hasil

4.1. Makroseismik

Makroseismik adalah pengamatan secara langsung di lapangan berupa dampak kejadian gempabumi, seperti: kerusakan dinding berupa retak rambut, kegagalan struktur, bergesernya genting atap, fenomena likuifaksi, dll yang dapat mencerminkan besarnya intensitas di daerah tersebut berdasarkan skala *Modified Mercalli Intensity* (MMI). Gambar 2 menunjukkan peta sebaran Makroseismik dan isoseismal akibat gempabumi.



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Peta sebaran lokasi survei makroseismik dan kerusakan gempabumi Tapanuli Utara. (b) Peta isoseismal intensitas gempabumi Tapanuli Utara.

Berdasarkan pengamatan makroseismik dan isoseismal pada Gambar 2 ditunjukkan bahwa intensitas akibat gempabumi berkisar antara V - VI MMI.

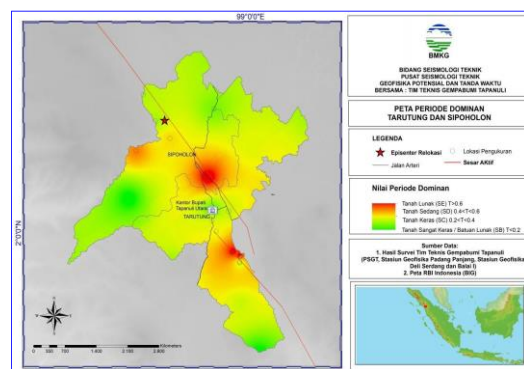
4.2. Mikrotremor

Pengukuran dilakukan berdasarkan dampak dari gempabumi dengan M5.8 pada 01 Oktober 2022. Hasil pengukuran di lapangan selanjutnya menggunakan metode HVSR diperoleh nilai Frekuensi Dominan yang selanjutnya dapat diperoleh nilai Periode Dominan Tanah.

Tabel 2. Nilai periode dominan dan faktor amplifikasi di lokasi penelitian.

Lokasi	T_0 (s)	A_0
Desa Parbubuan II	0.95	2.27

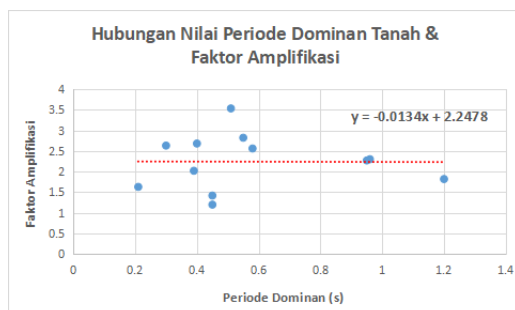
Desa Hutapea Banuaea	0.55	2.82
Desa Lombanturuan Hotel	1.2	1.82
Soponomensen Jl. Raja Johannes Hutabarat	0.51	3.53
Sipoholon	0.45	1.42
Sipoholon Ujung	0.96	2.3
Desa Pansumapintu Kantor Bupati Tapanuli Utara	0.3	2.63
Kec. Pamonangan I	0.45	1.2
Kec. Pamonangan II	0.21	1.63
Kec. Pamonangan III	0.40	2.68
	0.39	2.02
	0.58	2.56



Gambar 3. Peta klasifikasi jenis tanah wilayah Tarutung dan sekitarnya berdasarkan data survei Periode Dominan Tanah (Tdom).

Dari hasil analisis nilai periode dominan tanah diketahui bahwa lokasi-lokasi penelitian tersebut memiliki karakteristik jenis tanah rata-rata tergolong dalam klasifikasi jenis tanah lunak hingga tanah keras. Daerah yang rentan terjadi kerusakan berada pada lokasi dengan klasifikasi jenis tanah lunak hingga sedang. Namun, tidak hanya terjadi pada klasifikasi jenis tanah tersebut saja kerusakan terjadi melainkan apabila struktur bangunan yang kurang baik

maka akan terjadi kerusakan juga di lokasi dengan klasifikasi jenis tanah keras berdasarkan hasil pengukuran periode dominan (T_{dom}).



Gambar 4. Grafik hubungan nilai periode dominan tanah dengan faktor amplifikasi di lokasi-lokasi penelitian.

Berdasarkan hasil yang didapat maka tipe kerusakan (dalam MMI) memiliki kesesuaian antara makroseismik dengan mikroseismik. Hal ini ditunjukkan dengan semakin lunaknya jenis tanah dan besarnya faktor amplifikasi, maka kerusakan juga akan semakin berat walaupun dari sisi struktur bangunan juga dipertimbangkan. Namun, dalam penelitian ini faktor kerusakan yang ditimbulkan dari struktur bangunan dikesampingkan.

5. Kesimpulan

Hasil Analisis periode dominan dan faktor amplifikasi menunjukkan wilayah utara dari kota Tarutung (Kantor Bupati) secara umum diklasifikasikan sebagai tanah sedang hingga tanah keras dan wilayah selatan dari kota Tarutung (Kantor Bupati) tanah lunak hingga sedang, yang dapat berkorelasi dengan banyaknya kerusakan yang terjadi.

Ucapan Terima Kasih

Apresiasi setinggi-tingginya untuk rekan-rekan BMKG Pusat, Balai Besar MKG Wilayah I Medan, Stasiun Geofisika Padang Panjang, Stasiun Geofisika Klas I Deli Serdang, dan Stasiun Meteorologi Klas II Silangit

atas kerjasama dan dukungannya dalam melakukan survei dan akuisisi data guna terpenuhinya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Nogoshi, M. dan Igarashi, T. (1971). On the Amplitude Characteristics of Microtremor (Part 2). *Zisin (Journal of the Seismological Society of Japan. 2nd ser.)*, Vol.24, No.1, hal. 26–40. http://doi.org/10.4294/zisin1948.24.1_26.
- [2] Nakamura, Yutaka. (2000). Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications. *Proceedings of the XII World Conference Earthquake Engineering*, Vol.Paper no 2656.
- [3] Mucciarelli, M. & Gallipoli, M. (2001). A critical review of 10 years of microtremor HVSR technique. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, Vol.42, hal. 255–266.
- [4] Nia Annisa Ferani Tanjung, Hakim Prima Yuniarto, & Danang Widyawarman. (2019). Analisis amplifikasi dan indeks kerentanan seismik di kawasan FMIPA UGM menggunakan metode HVSR. *Jurnal Geosaintek*, Vol. 5 No. 2.
- [5] Zhao, J., Irikura, K., Zhang, Jian, Fukushima, Y., Somerville, Paul G., Asano, A., Saiki, T., Okada, H., & Takahashi, T. (2004). Site Classification for Strong Motion Stations in Japan using H/V responseSpectral, 13 the World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada August 1-6, 2004 Paper No. 1278.