

# Permetaan Zonasi Indeks Kerentanan Seismik pada Daerah Tambang CV. Bara Mitra Kencana, Kecamatan Talawi, Sawahlunto

Lady Ayu Sapitri US<sup>1\*</sup>, Adree Octova<sup>2\*\*</sup>,

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, Indonesia

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, Indonesia

\*ladyayu833@gmail.com

\*\* adree.octova@gmail.com

**Abstract** CV. Bara Mitra Kencana is a company engaged in coal mining, the existence of mining pits changes intact rock into rock mass and the continuity of its strength is disrupted, many weak areas in the mining area are one of the factors for landslides on the mine slopes, and a cause of work accidents. To find out whether the area has a weak field or not, a zoning mapping study can be done by looking for a seismic vulnerability index using the HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) method. The dominant frequency value is 0.615 Hz – 13,112 Hz. The amplification value in the CV Bara Mitra Kencana mining area is 1,558 – 4,417. Seismic vulnerability index  $0.233 \times 10^{-6}$  s<sup>6</sup>/cm –  $31.723 \times 10^{-6}$  s<sup>2</sup>/cm with low to high categories. Mapping of seismic susceptibility index zoning at BMK 1 point where there is a high value of  $31.72 \times 10^{-6}$  s<sup>2</sup>/cm, BMK 2 point where the value obtained is low at  $0.23 \times 10^{-6}$  s<sup>2</sup>/cm, BMK 5, BMK 9, BMK 10 also classified as vulnerable to damage, because the seismic vulnerability index value is also high, ranging from  $11 \times 10^{-6}$  s<sup>2</sup>/cm –  $13 \times 10^{-6}$  s<sup>2</sup>/cm, Point BMK 3, BMK 4, BMK 6, BMK 7, BMK 8, BMK 11, BMK 12 is relatively safe because the seismic vulnerability index value is  $0.26 \times 10^{-6}$  s<sup>2</sup>/cm –  $8.8 \times 10^{-6}$  s<sup>2</sup>/cm, Areas prone to damage have a high seismic vulnerability index value, high amplification value and low dominant frequency value

**Keywords:** *Maps, Vibration, Waves, and Seismic*

## 1. Pendahuluan

CV. Bara Mitra Kencana merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara, dimana metoda penambangan yang digunakan adalah tambang bawah tanah. Pada lahan tambang terdapat banyak bidang lemah dikarenakan banyak rongga yang disebabkan oleh keberadaan lubang tambang, keberadaannya merubah batuan utuh menjadi massa batuan dan karena itu kontinuitas kekuatannya menjadi terganggu. Bidang lemah pada lahan tambang menjadi salah satu faktor terjadinya kelongsoran pada lereng tambang, dan menjadi salah satu penyebab terjadinya kecelakaan kerja.

Untuk mengetahui daerah tersebut memiliki bidang lemah atau tidak bisa dilakukan penelitian pemetaan zonasi, untuk mendapatkan zonasi yang lemah dengan cara mencari indeks kerentanan seismik. Indeks kerentanan seismik merupakan indeks yang menggambarkan tingkat kerentanan permukaan tanah saat terjadinya gempa bumi, wilayah yang memiliki nilai indeks kerentanan seismik yang tinggi menggambarkan suatu area yang menunjukkan daerah yang rentan mengalami kerusakan dan pergeseran tanah. Indeks kerentanan seismik dapat ditentukan dengan metoda HVSR, dimana metoda HVSR

(Horizontal Vertical Spectral Ratio) merupakan metoda yang digunakan sebagai indikator struktur bawah permukaan tanah yang memperlihatkan hubungan antara perbandingan-perbandingan rasio *spektrum fourier* dari sinyal mikrotremor komponen horizontal terhadap komponen vertikal.

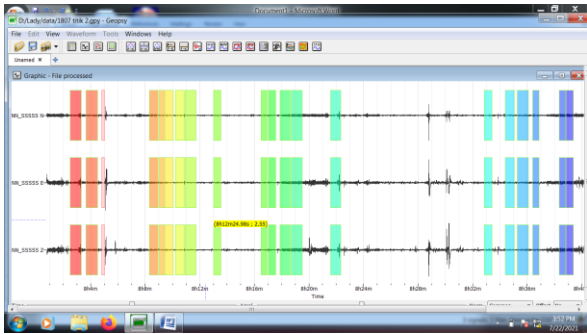
Analisis indeks kerentanan seismik ini menghasilkan pemetaan zonasi daerah tambang, dari hasil penelitian ini dapat memberikan informasi hasil tentang kondisi di daerah tambang dan menjadi salah satu tinjauan perusahaan untuk dapat berhati-hati dalam melakukan proses penambangan.

Berdasarkan hal tersebut, maka penulis mengangkat judul tentang “**Pemetaan Zonasi Indeks Kerentanan Seismik pada Daerah Tambang CV. Bara Mitra Kencana, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto**”.

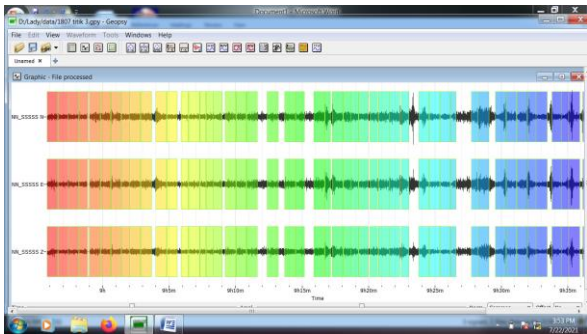
## 2. Lokasi Penelitian

Lokasi tambang dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan roda empat dari Kota Padang dengan jarak tempuh  $\pm 117$  KM ke Kota Sawahlunto (waktu tempuh normal  $\pm 3$  jam) serta menuju ke lokasi tambang dengan jarak tempuh  $\pm 3$  KM.



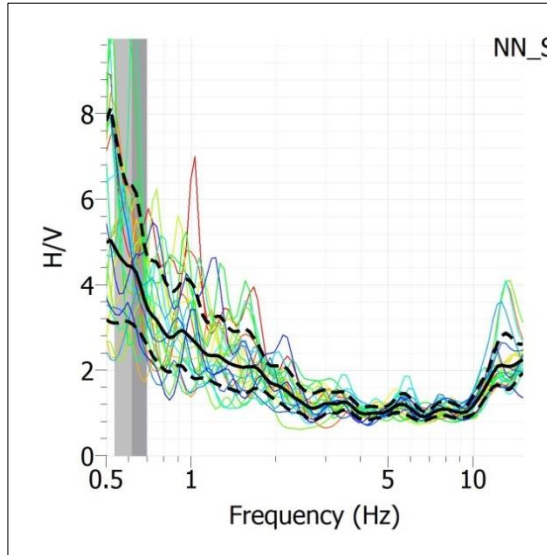


Gambar 2. Hasil rekaman pada titik 2

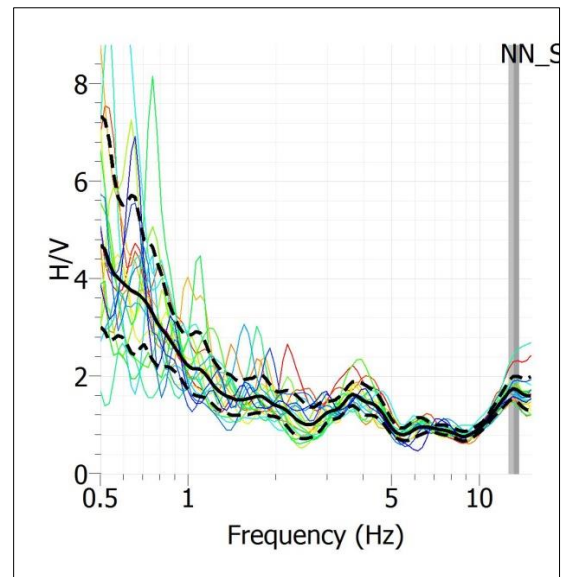


Gambar 3. Hasil rekaman pada titik 3

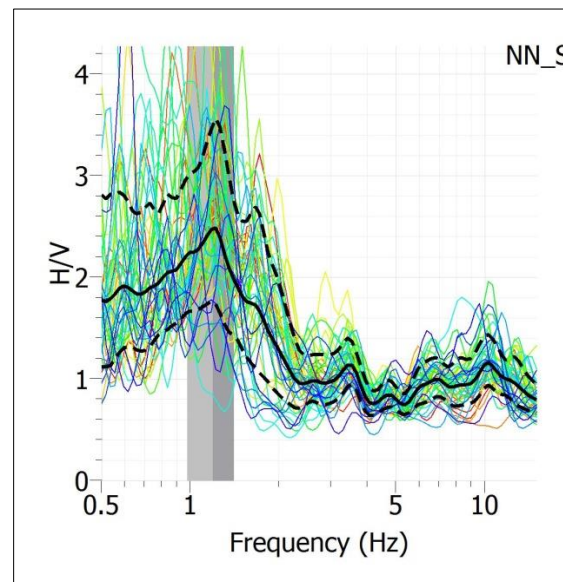
Rekaman hasil dari data seismik dalam dominan waktu dan jarak kemudian ditransformasikan ke dalam dominan frekuensi. Dari hasil transformasi perekaman data kecepatan dioalah menggunakan metoda H/V dan di dapatkan hasil kurva H/V seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Kurva hasil H/V pada titik 1



Gambar 5. Kurva H/V pada titik 2



Gambar 6. Kurva H/V pada titik 3

## 5.2 Pembahasan

### 5.2.1 Frekuensi Dominan

Frekuensi dominan ( $f_0$ ) di kawasan tambang CV Bara Mitra Kencana diperoleh dari sumbu horizontal pada puncak kurva H/V, secara teoritis nilai frekuensi dominan tanah merupakan cerminan kondisi fisik tanah tersebut. Tanah atau batuan lunak akan mempunyai periode getaran yang panjang dan begitu juga sebaliknya. Hal ini dikarenakan batuan lunak memiliki nilai frekuensi dominan yang relatif rendah. Sedangkan penguatan gelombang pada saat terjadinya getaran atau guncangan sangat dipengaruhi oleh ketebalan lapisan sedimen dan litologi daerah tersebut. Lapisan sedimen merupakan lapisan yang tersusun oleh pengendapan batuan sedimen di atas satu sama lain. Semakin tebal lapisan sedimen akan menghasilkan nilai frekuensi dominan yang kecil. Rendahnya nilai frekuensi dominan disebabkan oleh tebalnya material sedimen halus di dataran alluvial. Sedangkan tingginya

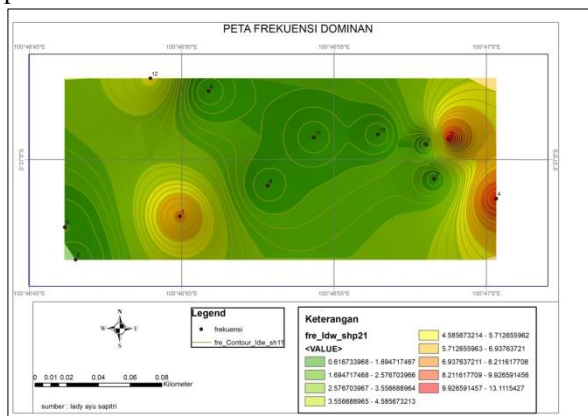
frekuensi dominan disebabkan oleh tipisnya sedimen pada singkapan batuan dasar.

Dari hasil pengukuran dilapangan dan setelah dilakukan analisis data maka didapatkan nilai frekuensi dominan di masing-masing titik pengukuran.

Tabel 1. Data frekuensi dominan

Titik	Frekuensi dominan	Keterangan Lokasi penelitian
1	0.615	Dekat dengan lereng, dekat dengan lubang tambang (banyak noise)
2	13.112	Dekat dengan jalan, dekat dengan lubang
3	1.191	Dekat dengan jalan, disebelah lereng
4	11.823	Dekat dengan jalan (banyak noise)
5	0.697	Dekat dengan jalan, keadaan jalan sedang tidak beroperasi
6	0.988	Dekat dengan 2 lubang tambang yang tidak beroperasi (sedikit noise)
7	9.097	Dekat jalan, banyak dump truck lewat (banyak noise)
8	1.193	Dekat jalan, dekat pepohonan (sedikit noise)
9	0.623	Di bukit sekitaran lahan baru akan dibuka (sedikit noise)
10	0.62	Lereng, dibawah lereng ada lubang tambang (sedikit noise)
11	0.657	Di lahan yang baru dibuka (sedikit noise)
12	6.394	Di dekat jalan, di bukit (banyak noise)

Dari nilai frekuensi dominan setiap titik penelitian dapat dibuat peta mikrozonasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Peta frekuensi dominan

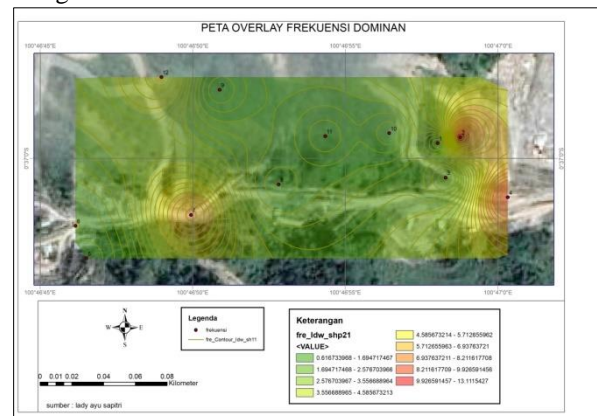
Berdasarkan hasil mikrozonasi pada gambar 32 diketahui nilai frekuensi dominan terendah terdapat pada titik BMK 1 yaitu 0,6 Hz yang berada pada warna biru di skala warna gambar 32. Mengacu pada tabel 4 terdapat klasifikasi tanah yang menyebabkan nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) dibawah 2,5 Hz tersusun dari

batuan aluvial yang terbentuk dari sedimen *delta, top soil*, lumpur dan lain-lainnya. Dimana ini tergolong pada klasifikasi tanah Tipe II dan Tipe I.

Diketahui juga nilai frekuensi paling besar terdapat pada titik BMK 2 dengan nilai 13,1 Hz. Titik BMK 2 memiliki warna oren gelap. Dengan klasifikasi tanah berada pada Tipe IV Jenis II tersusun dari batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari baruan *Hard Sandy, gravel*, dll. Ketebalan sedimen permukaannya sangat tipis, didominasi oleh batuan keras selanjutnya titik BMK 9, BMK 10, BMK 3, BMK 5, BMK 6, BMK 8, BMK 11 memiliki frekuensi dominan berkisar 0,6 Hz – 1,2 Hz. Dengan klasifikasi tanah berada pada Tipe I dan Tipe II Jenis I yang tersusun dari batuan alluvial, yang terbentuk dari sedimen *delta, top soil*, dengan ketebalan 30 m atau lebih. Lalu pada titik BMK 12, BMK 7 memiliki frekuensi dominan berkisar 6,3 Hz – 9,1 Hz. Dengan klasifikasi tanah berada pada Tipe IV Jenis I tersusun dari batuan alluvial, dengan ketebalan 5m. terdiri dari *sandy-gravel, sandy hard clay, loam*, dll.

Dan yang terakhir BMK 4 memiliki nilai frekuensi dominan 11,8 Hz berada pada Tipe IV Jenis II tersusun dari batuan tersier atau lebih tua, terdiri dari batuan *hard sandy, gravel*, dengan ketebalan sedimen permukaannya sangat tipis, didominasi oleh batuan keras. Titik BMK 4 memiliki warna oren terang pada skala warna gambar 32.

Dapat disimpulkan bahwa daerah dengan frekuensi rendah terdapat sedikit endapan alluvial yang sebagian besar berupa tanah lunak, yang cenderung mengalami penguatan guncangan yang tinggi sehingga mudah mengalami kerusakan. Untuk daerah dengan frekuensi dominan tinggi tergolong tanah keras, dimana daerah tersebut dapat mengalami penguatan guncangan yang kecil sehingga beresiko rendah mengalami kerusakan.



Gambar 8. Peta oveylay frekuensi dominan

Daerah yang memiliki nilai frekuensi tertinggi yaitu pada titik BMK 2 dan BMK 4 berada dikawasan datar dengan ketinggian 255 m sampai 257 m, dan frekuensi paling rendah yaitu pada titik BMK 1 berada dikawasan dataran tinggi dengan ketinggian 259 m. Selanjutnya pada titik BMK 1, BMK 2, BMK 3, BMK 4, BMK 8 berada di kawasan daratan tinggi dengan ketinggian 259 m – 260 m. dan titik lainnya yaitu BMK 5, BMK 6, BMK 7, BMK 9, BMK 10, BMK 11,

BMK 12 berada dikawasan sedang ataupun daratan tinggi dengan ketinggian berkisar 283 m – 378 m.

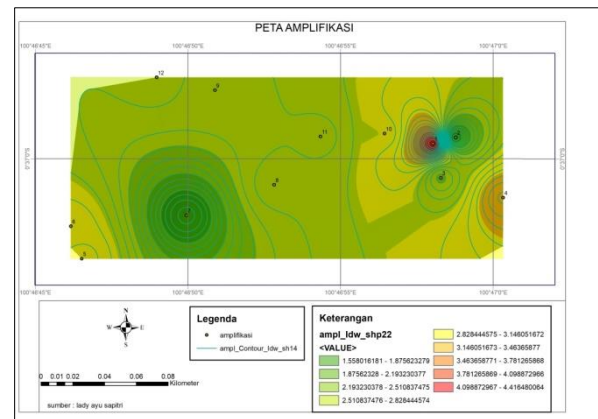
### 5.2.2 Faktor Amplifikasi

Dari hasil data pengukuran dilapangan dan setelah dilakukan analisis data maka didapatkan nilai amplifikasi di kawasan lahan tambang CV Bara Mitra

Kencana di masing-masing titik pengukuran. Adapun hasil yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 2.

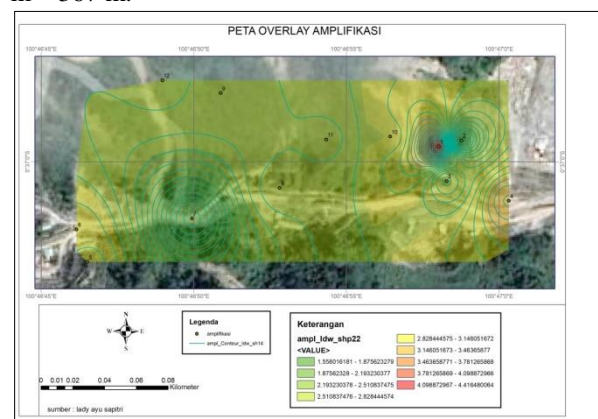
Titik	Amplifikasi	Keterangan Lokasi penelitian
1	4.417	Dekat dengan lereng, dekat dengan lubang tambang (banyak noise)
2	1.748	Dekat dengan jalan, dekat dengan lubang
3	2.474	Dekat dengan jalan, disebelah lereng
4	3.414	Dekat dengan jalan (banyak noise)
5	3.054	Dekat dengan jalan, keadaan jalan sedang tidak beroperasi
6	2.954	Dekat dengan 2 lubang tambang yang tidak beroperasi (sedikit noise)
7	1.558	Dekat jalan, banyak dump truck lewat (banyak noise)
8	2.757	Dekat jalan, dekat pepohonan (sedikit noise)
9	2.654	Di bukit sekitaran lahan baru akan dibuka (sedikit noise)
10	2.836	Lereng, dibawah lereng ada lubang tambang (sedikit noise)
11	2.66	Di lahan yang baru dibuka (sedikit noise)
12	2.751	Di dekat jalan, di bukit (banyak noise)

Nilai faktor amplifikasi dibagi menjadi 4 zona seperti pada tabel 2. BMK 7 merupakan daerah yang memiliki nilai amplifikasi paling rendah berkisaran 1,5 Hz. Dimana daerah yang memiliki nilai amplifikasi paling rendah berarti daerah tersebut tingkat kerusakannya rendah. Dan selanjutnya daerah penelitian dengan nilai amplifikasi rendah meliputi titik BMK 2, BMK 3, BMK 6, BMK 8, BMK 9, BMK 10, BMK 11, dan BMK 12 yang artinya daerah tersebut memiliki resiko rendah mengalami kerusakan. Untuk daerah dengan nilai amplifikasi tinggi atau sedang meliputi BMK 1, BMK 5 dan BMK 4 dimana daerah ini di waspadai karena memiliki resiko tinggi mengalami kerusakan.



Gambar 9. Peta amplifikasi

Berdasarkan overlay data dengan peta topografi yang ditunjukkan pada gambar 35, daerah yang memiliki nilai amplifikasi tertinggi yaitu pada titik BMK 1 berada di kawasan daratan tinggi berkisar 259 m, dan pada BMK 4 dan BMK 5 juga memiliki nilai amplifikasi tinggi berada pada ketinggian 257 m dan 378 m. Pada titik lainnya dengan nilai amplifikasi rendah yaitu BMK 2, BMK 3, BMK 6, BMK 7, BMK8, BMK 9, BMK 10, BMK 11, BMK 12 berada dikawasan sedang atau rendah dengan ketinggian 252 m – 367 m.



Gambar 10. Peta overlay amplifikasi

### 5.2.3 Indeks Kerentanan Seismik

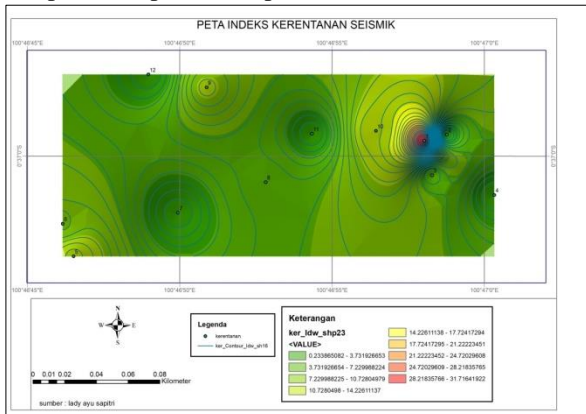
Indeks kerentanan seismik merupakan indeks yang menentukan kerentanan lapisan tanah yang terdeformasi. Oleh karena itu, nilai indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) berguna untuk mendeteksi zona lemah atau kawasan yang berpotensi akan terjadi kerusakan, dan rekahan tanah saat terjadinya perambatan gelombang.

Tabel 3. Nilai indeks kerentanan seismik

Titik	Indeks Kerentanan Seismik	Keterangan Lokasi penelitian
1	31.723	Dekat dengan lereng, dekat dengan lubang tambang (banyak noise)
2	0.233	Dekat dengan jalan, dekat dengan lubang
3	5.139	Dekat dengan jalan, disebelah lereng

4	0.985	Dekat dengan jalan (banyak noise)
5	13.381	Dekat dengan jalan, keadaan jalan sedang tidak beroperasi
6	8.832	Dekat dengan 2 lubang tambang yang tidak beroperasi (sedikit noise)
7	0.266	Dekat jalan, banyak dump truck lewat (banyak noise)
8	6.371	Dekat jalan, dekat pepohonan (sedikit noise)
9	11.306	Dibukit sekitaran lahan baru akan dibuka (sedikit noise)
10	12.972	Lereng, dibawah lereng ada lubang tambang (sedikit noise)
11	1.059	Dilahan yang baru dibuka (sedikit noise)
12	1.183	Di dekat jalan, di bukit (banyak noise)

Dari hasil pengukuran dilapangan dan setelah dilakukan analisis data maka didapatkan nilai indeks kerentanan seismik (Kg) di kawasan lahan tambang CV Bara Mitra Kencana. Adapun hasil yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 3.

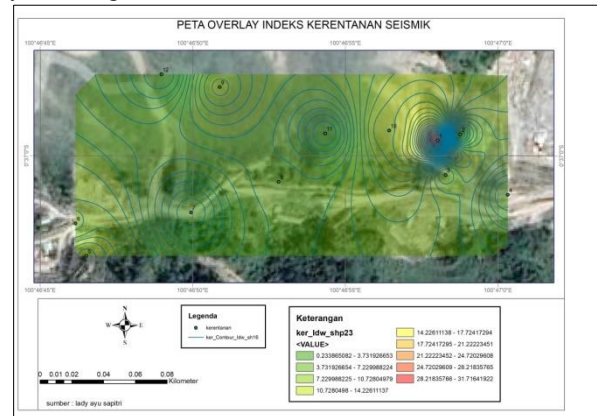


Gambar 11. Peta indeks kerentanan seismik

Berdasarkan gambar 36 nilai indeks kerentanan seismik (Kg) tertinggi terdapat pada titik BMK 1 dengan nilai  $31,7 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$ . sedangkan nilai indeks kerentanan seismik terendah terdapat pada titik BMK 2 dengan nilai indeks kerentanan seismik  $0,2 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$ . Titik BMK 10, BMK 5, BMK 9 juga tergolong rentan mengalami kerusakan karena nilai indeks kerentanan seismiknya tergolong tinggi yaitu berkisar  $11,3 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm} - 13,3 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$ . Lalu pada daerah BMK 2, BMK 3, BMK 4, BMK 6, BMK 7, BMK 8, BMK 11, BMK 12 memiliki nilai indeks kerentanan seismik rendah berkisar  $0,2 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm} - 8,8 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$  dimana ini tergolong dalam daerah yang agak rentang mengalami kerusakan atau tergolong aman.

Dari hasil yang telah didapatkan maka diketahui zona lemah di kawasan tambang CV Bara

Mitra Kencana yaitu pada titik BMK 1 yang memiliki nilai indeks kerentanan seismik tinggi amplifikasi tinggi dan nilai frekuensi rendah merupakan daerah yang rentan mengalami kerusakan. Daerah tersebut tersusun dari batuan aluvial yang terbentuk dari sedimen Delta, topsoil, Lumpur dan lain-lainnya. serta ketebalan sedimen pada permukaannya sangat tebal yaitu dengan ketebalan 30 M atau lebih.



Gambar 12. Peta overlay indeks kerentanan seismik

## 6. Penutup

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai mikrozonasi indeks kerentanan seismik di kawasan lahan tambang CV Bara Mitra Kencana yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai frekuensi dominan di lahan tambang CV Bara Mitra Kencana adalah 0,615 Hz – 13,112 Hz. Dan nilai amplifikasi di kawasan lahan tambang CV Bara Mitra Kencana adalah 1,558 – 4,417.
2. Nilai indeks kerentanan seismik (Kg) di kawasan lahan tambang CV Bara Mitra Kencana  $0,233 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm} - 31,723 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$  dengan kategori rendah sampai dengan tinggi.
3. Zona lemah yang didapat dari nilai indeks kerentanan seismik (kg) berada pada titik BMK 1 dimana terdapat nilai yang tinggi adalah  $31,72 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$ . Sedangkan nilai yang rendah dan dikatakan zona yang relatif aman adalah pada titik BMK 2 dimana nilai yang didapat adalah rendah yaitu  $0,23 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$ . Pada titik BMK 5, BMK 9, BMK 10 juga tergolong rentan mengalami kerusakan, karena nilai indeks kerentanan seismiknya juga tergolong tinggi berkisar  $11 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm} - 13 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$ . Titik BMK 3, BMK 4, BMK 6, BMK 7, BMK 8, BMK 11, BMK 12 tergolong relatif aman karena nilai indeks kerentanan seismiknya adalah  $0,26 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm} - 8,8 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$ . Daerah yang rawan mengalami kerusakan memiliki nilai indeks kerentanan seismik yang tinggi, nilai amplifikasi tinggi dan nilai frekuensi dominan yang rendah.

## 6.2 saran

1. Dalam melakukan penelitian yang selanjutnya atau akan menggunakan judul yang sama diharapkan agar untuk pengambilan dan pengukuran datanya lebih banyak agar mendapatkan hasil yang maksimal dan lebih akurat.
2. Bagi perusahaan agar dapat lebih berhati-hati dalam melakukan penambangan dikarenakan daerah yang dekat dengan lubang bukaan tambang ada yang memiliki nilai indeks kerentanan seismik tinggi, dan melakukan peninjauan lebih lanjut di lokasi yang di anggap rawan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Pengolahan Data Mikrotremor. Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol. 2 No. 2 Hal B76-B8 1
- [10] Nakamura, Y. 1989. A Methode For Dynamic Characteristics Estimation Of Subsurface Using Microtremor On The Ground Surface. Jurnal, Railway Technical Research Institute
- [11] Nakamura, Y. 2000. Clear Identification Of Fundamental Idea Of Nakamura's Technique And Its Applications. Japan: System and data research.
- [12] Nurrahmi, dkk. 2015. Analisis Kecepatan Gelombang Geser Vs30 Menggunakan Metode Refraksi Mikrotremor (Remi) di Kelurahan Talise. Jurnal Gravitasi Vol.14 No.1
- [13] Putri, R.Alfahmi. 2017. Pemetaan Mikrozonasi Gempabumi Daerah Solok Sumatera Barat Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor Dengan Metode Hvsr (Horizontal To Vertical Spectral Ratio).Lampung. Universitas Lampung.
- [14] Putri, Yustiana. 2016. Mikrozonasi Indeks Kerentanan Seismik di Kawasan Jalur Sesar Opak Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor. Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta
- [15] R. Anindya.P ., dkk. 2017. Identifikasi Percepatan Tanah Maksimum (PGA) dan Kerentanan Tanah Menggunakan Metode Mikrotremor I Jalur Sesar Kendeng. Jurnal Geosaintek. Institut Teknologi Sepuluh November.
- [16] SESAME. (2004). Guidelines For The Implementation Of The H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations. Europe: SESAME European research project
- [17] Syahrudin, M.H., Aswad, S., Palullungan, E.F., Maria, dan Syamsuddin. 2014. Penentuan Profil Ketebalan Sedimen Lintasan Kota Makassar Dengan Mikrotremor. Jurnal Fisika Vol. 4 No. 1. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- [18] Wahyudi. 2008. Amplikasi Mikroseismik Untuk Memindai dan Mengidentifikasi Keberadaan Hidrokarbon. Berkala MIPA, 18(2). Universitas Gadjah Mada.
- [19] Sungkono dan Santoso B. J. 2011. Karakteristik Kurva Horizontal To Vertical Spectralratio: Kajian Literatur dan Pemodelan. Jurnal Neutrino Vol. 4 No. 1
- [1] Arifin, Satria.S., 2015. Penentuan Rawan Guncangan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisi Nilai Amplifikasi HVSR Mikrotremor dan Analisi Periode Dominan Daerah Liwa dan Sekitarnya. Jurnal Geofisika Eksplorasi Vol.2 No.1
- [2] Astawarai, Made., dkk. 2012. Mekanika Batuan. Laboratorium Mekanika Batuan dan Peralatan Tambang. Institut Teknologi Bandung.
- [3] Dewinta, Geby. Dkk., 2014. Karakteristik Tanah Longsor di Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat. Departemen Geofisika FMIPA. Universitas Indonesia. Depok.
- [4] Febriani, Yeza, dkk., 2013. Analisis Nilai Peak Grout Acceleration dan Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Data Mikroseismik pada Daerah Rawan Gempa Bumi di Kota Bengkulu. Jurnal Ilmiah Edu Research Vol.2 No.2
- [5] Kayal, J R. 2008. Microearthquake Seismology and Seismotectonics of South Asia. India: Capital Publishing Company
- [6] Kusumawati, N. 2014. Analisis Struktur Lapisan Tanah Berdasarkan Ketebalan Sedimen Dan Identifikasi Resiko Gempabumi Di Kabupaten Kulon Progo Menggunakan Mikrotremor. Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.
- [7] Konno, K & Ohmachi, T. 1998. Ground-Motion Characteristic Estimated from Spectral Ratio between Horizontal and Vertical Components of Microtremor. Jurnal: Bulletin of the Seismological Society of America Vol 88.
- [8] Labertta, S., dkk. 2013. Mikrozonasi Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Analisi Mikrotremor di Kecamatan Jetis, Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta
- [9] Mufida, A., dkk. 2013. Profiling Kecepatan Gelombang Geser (Vs) Surabaya Berdasarkan