

TUGAS AKHIR

**Identifikasi Keberadaan Rongga Bawah Permukaan Menggunakan Metode
Seismik Pasif dan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di daerah pit 15.15 Bukit
Karang Putih PT. Semen Padang**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program Studi S-1
Teknik Pertambangan*



Oleh :

TOMI SUPRIANTO SIMATUPANG

2017/17137023

Konsentrasi	: Pertambangan Umum
Program Studi	: S-1 Teknik Pertambangan
Departemen	: Teknik Pertambangan

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

PADANG

2021

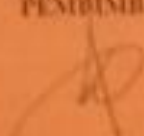
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Identifikasi Keberadaan Rongga Bawah Permukaan Menggunakan Metode
Seismik Pasif dan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di daerah pit 18.15 Bukit
Karang Putih PT. Semen Padang

Nama : Tami Suprianto Simatupang
Nim/TM : 17137023/2017
Program studi : S-1 Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

PEMBIMBING


Adree Octavia, S.Si, M.T.
NIP. 19861028 201212 1 003

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri

Padang


Dr. Fadhilah, S.Pd, M.Si.
NIP. 19721213 200012 2 002

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

NAMA : Tami Suprianto Simatupang
TM/NIM : 2017/17137023

Dinyatakan lulus setelah dilaksanakannya Sidang Tugas Akhir di depan Tim Penguji
Program Studi S1 Teknik Pertambangan Departemen Teknik Pertambangan Fakultas
Teknik Universitas Negeri Padang

Identifikasi Keberadaan Rongga Bawah Permukaan Menggunakan Metode
Seismik Pasif dan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di daerah pit 15,15 Bukit
Karang Putih PT. Semen Padang

Padang, 30 Mei 2022

Tanda tangan

Tim penguji

1. Adree Octova, S.Si, M.T

2. Heri Prabowo, ST, MT

3. Ansoery ST, MT

1. _____

2. _____

3. _____



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK

DEPARTEMEN TEKNIK PERTAMBANGAN

Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25131

Telephone: FT: (0751)7055644, 445118 Fax: 7055644

Homepage: <http://pertambangan.ft.unp.ac.id> E-mail: mining@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Toni Suprianto Simahang
NIM/TM : 17137023 / 2017
Program Studi : Teknik Pertambangan (S1)
Departemen : Teknik Pertambangan
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan Judul :

"IDENTIFIKASI KEBERADAAN RONGGA BAWAH PERMUKAAN MENGGUNAKAN METODE
SPERMU VASIE dan METODE GEOSTRUK Tahanan JENK di daerah RT
15-15 Dukit Karang Putih Pt. Semen Padang

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang,

Diketahui oleh,
Kepala Departemen Teknik Pertambangan

Dr. Fadhilah, S.Pd., M.Si.
NIP. 19721213 200012 2 001



Toni Suprianto Simahang

Biodata



I. Data diri

Nama : Tomi Suprianto Simatupang
JenisKelamin : Laki-laki
Tempat,Tanggal Lahir: Sibolga, 17 juli 1999
Status : Belum Menikah
Kesehatan : Sempurna (Tidak mengidap penyakitkhusus)
Agama : Kristen Protestan
Alamat : Komplek Pasir Parupuk Raya Tabing
No. B10, Koto Tengah, Padang,
SumateraBarat.
NomorHandphone : 082210578013/ 085263345392
E-mail : tomisuprianto1999@gmail.com

II. Data Pendidikan:

2005 – 2011 SD Negeri 081225 Sibolga
2011 – 2014 SMP Negeri 3 Sibolga
2014 – 2017 SMA Swasta HKBP Sibolga
2017– Sekarang Prodi S-1 Teknik Pertambangan Universitas
Negeri Padang

III. Tugas Akhir :

Tempat Penelitian : PT. SemenPadang
Tanggal Penelitian : 17 Januari – 4 februari 2022
Topik Studi Kasus : **“Identifikasi Keberadaan Rongga Bawah Permukaan Menggunakan Metode Seismik Pasif dan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di daerah pit 15.15 Bukit Karang Putih PT. Semen Padang”.**

Padang, Februari 2022

Tomi Suprianto Simatupang

BP. 2017/17137023

ABSTRAK

Tomi Suprianto Simatupang, 2022. “Identifikasi Keberadaan Rongga Bawah Permukaan Menggunakan Metode Seismik Pasif dan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di daerah pit 15.15 Bukit Karang Putih PT. Semen Padang”

Penelitian Seismik pasif dan Mikrotemor dilakukan di Pit 15.15 Bukit karang Putih PT Semen Padang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daerah yang dianggap sebagai zona rawan yang dapat menyebabkan terjadinya gerakan tanah. Penelitian Seismik Pasif dilakukan dengan pengukuran 20 titik yang dapat menggambarkan keseluruhan area Pit 15.15 dengan rentang waktu 20 menit dan metode yang digunakan adalah metode Vertical Spectral Ratio (HVSR) untuk mendapatkan kurva H/V yang menghasilkan frekuensi dominan (F_0) dan faktor amplifikasi (A) pada setiap titik pengamatan, yang akan digunakan untuk menghitung nilai Periode (T_0) dan indeks kerentanan seismik (K_g). Dan untuk Memverivikasi data pengukuran seismik pasif digunakan Metode pengukuran Geolistrik Tahanan jenis dengan jumlah pengukuran 4 Lintasan dengan panjang Total 1.440 dan konfigurasi yang digunakan ialah konfigurasi wanner-schlumberger. Mikrozonasi indeks kerentanan seismik dihasilkan menggunakan perangkat lunak Arcgis. Indeks kerawanan gempa (K_g) tertinggi berada pada titik SP 14 dengan nilai $12,28768567 \times 10^{-6} s^2/cm$ dalam kategori sangat rentan. sedangkan nilai indeks kerawanan seismik terendah berada pada titik SP 8 dengan nilai indeks kerawanan gempa sebesar $0,322245235 \times 10^{-6} s^2/cm$. Titik SP1, SP2, SP3, SP 4, SP 5, SP 6, SP 13, SP 15, SP 17 SP 18, SP 19, dan SP 20 juga tergolong agak rentan mengalami kerusakan karena nilai indeks kerentanan seismiknya tergolong sedang yaitu berkisar $1,321779771 \times 10^{-6} s^2/cm - 6,401400616 \times 10^{-6} s^2/cm$ ditandai dengan warna merah muda. Lalu pada daerah Titik SP 7, SP 8, SP 9, SP 10, SP 11, SP 12, dan SP 16, memiliki nilai indeks kerentanan seismik rendah berkisar $0,322245235 - 0,907461161 \times 10^{-6} s^2/cm$ dalam daerah yang tergolong aman ditandai dengan warna Hijau. Verifikasi data dari pengukuran Seismik pasif dengan Geolistrik tahanan jenis didapatkan hubungan antara zona lemah dari kedua metode pengukuran geofisika yang dibuktikan dengan besarnya Nilai indeks kerentanan Seismik dan nilai Tahanan jenis. Titik sounding pengukuran Seismik Pasif yang memiliki hubungan Zona lemah dengan pengukuran Geolistrik Tahanan Jenis ialah titik SP 1, SP 2. SP 3, SP 5, SP 13, SP 14, Sp 15.

Kata Kunci : HVSR, Seismik Passive, Geolistrik, Tahanan Jenis, Peta, Rongga

ABSTRACT

Tomi Suprianto Simatupang, 2022.“Identifikasi Keberadaan Rongga Bawah Permukaan Menggunakan Metode Seismik Pasif dan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di daerah pit 15.15 Bukit Karang Putih PT. Semen Padang”

Passive Seismic and Microtemor Research was conducted at Pit 15.15 Bukit Karang Putih, PT Semen Padang. This study aims to determine the area that is considered a vulnerable zone that can cause ground motion. Passive Seismic Research was conducted by measuring 20 points which can describe the entire Pit 15.15 area with a span of 20 minutes and the method used is the Vertical Spectral Ratio (HVSr) method to obtain an H/V curve that produces a dominant frequency (F0) and an amplification factor (A).) at each observation point, which will be used to calculate the Period value (T0) and the seismic vulnerability index (Kg). And to verify the passive seismic measurement data, the Geoelectrical resistivity measurement method is used with a number of measurements of 4 paths with a total length of 1,440 and the configuration used is the Wenner-Schlumberger configuration. Seismic vulnerability index microzonation was generated using Archgis software. The highest earthquake vulnerability index (Kg) is at point SP 14 with a value of $12.28768567 \times 10^{-6} s^2/cm$ in the very vulnerable category. while the lowest seismic hazard index value is at the SP 8 point with an earthquake susceptibility index value of $0.322245235 \times 10^{-6} s^2/cm$. Points SP 1, SP 2, SP 3, SP 4, SP 5, SP 6, SP 13, SP 15, SP 17 SP 18, SP 19, and SP 20 are also classified as somewhat vulnerable to damage because the seismic vulnerability index value is moderate, which is around $1,321779771 \times 10^{-6} s^2/cm$ – $6.401400616 \times 10^{-6} s^2/cm$ are marked in pink. Then in the SP 7, SP 8, SP 9, SP 10, SP 11, SP 12, and SP 16 points areas, they have a low seismic vulnerability index value ranging from 0.322245235 - $0.907461161 \times 10^{-6} s^2/cm$ in areas classified as safe are marked in Green. Verification of data from passive seismic measurements with geoelectric resistivity found a relationship between the weak zones of the two geophysical measurement methods as evidenced by the magnitude of the value of the seismic vulnerability index and the value of resistivity. The sounding points of Passive Seismic measurements that have a weak zone relationship with Geoelectrical resistivity measurements are points SP 1, SP 2. SP 3, SP 5, SP 13, SP 14, Sp 15.

Keyword : *HVSr, Passive Seismic, Geoelectric, Specific Resistance, Map, Cavity*

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas berkat dan rahmat yang diberikan Tuhan Yang Maha Esa sehingga masih diberikannya kesehatan bagi penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pemetaan Zonasi Indeks Kerentanan Seismik di Daerah Pit 15.15 Bukit Karang Putih PT. Semen Padang”. Ini sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan program S-1 Teknik Pertambangan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, terutama kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu mendukung penulis dan memberikan doa untuk kelancaran kegiatan, sehingga penulis bisa semangat dalam meraih impian.
3. Ibu Hj. Fadhillah S.Pd., M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Adree Octova, S.Si., M.T selaku Pembimbing Tugas Akhir yang sudah membimbing dan memberikan arahan dengan sangat baik.
5. Bapak Drs. Rusli HAR, M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Ansosry, MT dan Bapak Heri Prabowo ST, MT selaku dosen penguji Tugas Akhir.

7. Seluruh Dosen dan Staff Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
8. Bapak Ilham Akbar, S.T., sebagai pembimbing lapangan diperusahaan.
9. Bang joni dan bang ferdy yang sudah memberikan banyak masukan, bantuan dalam melaksanakan penelitian ini.
10. Seluruh Staf/Karyawan di Kampung Lereng PT. SEMEN PADANG yang mendampingi penulis selama dilapangan.
11. Teman-teman Teknik Pertambangan 2017 Universitas Negeri Padang.
12. Angelia sunyanata hutagalung yang sudah menemani dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan Tugas akhir.
13. Buat Teman-teman Keluargaku Immanuel yang membantu, menemani perjalanan hidup di kota padang.
14. Buat Keluarga Dosroha (Calon Anggota Dewan)
15. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna, karena kesempurnaan adalah milik Allah, tapi penulis sudah berusaha keras dan melakukan yang terbaik dalam mengerjakan laporan ini, untuk itu apabila ada yang menemukan kesalahan penulis menantikan kritik dan saran, karena semuanya adalah proses pembelajaran.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Tugas Akhir ini bermanfaat terutama bagi penulis sendiri, perusahaan dan bagi yang pembaca.

Padang, Juni 2022

Penulis

Tomi Suprianto Simatupang

2017/17137023

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	iii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iv
BIODATA	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACK	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Deskripsi Perusahaan	8

1. Sejarah PT. Semen Padang	8
2. Struktur Organisasi	10
3. Lokasi dan Kesampaian daerah.....	15
4. Iklim dan Curah hujan.....	17
5. Keadaan Topografi.....	18
6. Keadaan Geologi dan Morfologi.....	18
7. Stratigrafi dan Ganesa Bahan Galian	20
B. Teori Dasar.....	21
1. Batu Gamping	21
2. Amblesan (<i>Sinkhole</i>)	26
3. Ilmu Geofisika.....	28
4. Metode Seismik.....	31
5. Metode Geolistrik Tahanan Jenis.....	56
C. Penelitian Relevan.....	64
D. Kerangka Konseptual	79

BAB III METODELOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian.....	80
B. Objek penelitian	80
C. Instrumen Penelitian.....	80
D. Tahap penelitian	81
E. Tahapan Pengambilan Data Lapangan.....	83
F. Teknik Analisis Data.....	85

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Keberadaan Amblesan di Permukaan	91
1. Tipe Amblesan	91
2. Faktor Penyebab Amblesan.....	92

B. Identifikasi Keberadaan Rongga Berdasarkan Data Geolistrik	94
1. Korelasi Lintasan 1 dan 2.....	96
2. Korelasi Lintasan 3 dan 4.....	97
3. Peta 3D Pengukuran Geolistrik.....	98
4. Hasil Interpretasi Data Geolistrik.....	99
C. Identifikasi Keberadaan Rongga Berdasarkan Data Seismik.....	101
1. Pengolahan data	101
2. Pembuatan Peta	127
D. Analisis Nilai Kecepatan Gelombang Geser Kedalaman 30 (VS 30)	144
E. Korelasi Antara Metode Geolistrik dan Seismik	146
 BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	151
B. Saran.....	152
DAFTAR PUSTAKA	153
LAMPIRAN	156

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta Lokasi Daerah PT.Semen Padang	9
Gambar 2. Peta daerah Penelitian	10
Gambar 3. Genesa proses pembentukan sinkhole di daerah karst	16
Gambar 4. Gelombang	19
Gambar 5. Ilustrasi gerak gelombang premier (P) (Bolt, 1970)	21
Gambar 6. Ilustrasi gerak gelombang sekunder (S) (Bolt, 1970)	21
Gambar 7. Ilustrasi gerak gelombang Love (Bolt, 1970).....	22
Gambar 8. Ilustrasi gerak gelombang Rayleigh Bolt, 1970).....	22
Gambar 9. Grafik hubungan H/V dan Amplifikasi.....	28
Gambar 10. Grafik hubungan H/V dan frekuensi	31
Gambar 11. Bentuk perubahan elektroda untuk pengukuran resistivitas semu pada tanah berlapis (Kirsch, 2006)	35
Gambar 12. Skema aliran arus dan medan potensial bawah permukaan yang homogen (Kirsch, 2006).....	36
Gambar 13. Konfigurasi metode Geolistrik	37
Gambar 14. Desain pengukuran Seismik pasif dan Geolistrik Tahanan Jenis.....	59
Gambar 15. Peta titik pengukuran sismik	69
Gambar 16. Hasil rekaman windows titik 1	70
Gambar 17. Kurva H/V pada titik 1	71
Gambar 18. Hasil rekaman windows titik 2	72
Gambar 19. Kurva H/V pada titik 2	72
Gambar 20. Hasil rekaman windows titik 3	73
Gambar 21. Kurva H/V pada titik 3	73
Gambar 22. Hasil rekaman windows titik 4	74
Gambar 23. Kurva H/V pada titik 4	74
Gambar 24. Hasil rekaman windows titik 5	75
Gambar 25. Kurva H/V pada titik 5	76
Gambar 26. Hasil rekaman windows titik 6	76
Gambar 27. Kurva H/V pada titik 6	77
Gambar 28. Hasil rekaman windows titik 7	77

Gambar 29. Kurva H/V pada titik 7	78
Gambar 30. Hasil rekaman windows titik 8.....	78
Gambar 31. Kurva H/V pada titik 8	79
Gambar 32. Hasil rekaman windows titik 9.....	79
Gambar 33. Kurva H/V pada titik 9	80
Gambar 34. Hasil rekaman windows titik 10.....	80
Gambar 35. Kurva H/V pada titik 10	81
Gambar 36. Hasil rekaman windows titik 11.....	81
Gambar 37. Kurva H/V pada titik 11	82
Gambar 38. Hasil rekaman windows titik 12.....	82
Gambar 39. Kurva H/V pada titik 12	83
Gambar 40. Hasil rekaman windows titik 13.....	83
Gambar 41. Kurva H/V pada titik 13	84
Gambar 42. Hasil rekaman windows titik 14.....	84
Gambar 43. Kurva H/V pada titik 14	85
Gambar 44. Hasil rekaman windows titik 15.....	85
Gambar 45. Kurva H/V pada titik 15	86
Gambar 46. Hasil rekaman windows titik 16.....	86
Gambar 47. Kurva H/V pada titik 16	87
Gambar 48. Hasil rekaman windows titik 17.....	87
Gambar 49. Kurva H/V pada titik 17	88
Gambar 50. Hasil rekaman windows titik 18.....	88
Gambar 51. pada titik 18.....	89
Gambar 52. Hasil rekaman windows titik 19.....	90
Gambar 53. Kurva H/V pada titik 19	90
Gambar 54. Hasil rekaman windows titik 20.....	91
Gambar 55. Kurva H/V pada titik 20	91
Gambar 56. Peta Sebaran Lintasan Geolistrik	92
Gambar 57. Penampang 2D Lintasan 1 Dan 2.....	93
Gambar 58. Penampang 2D Lintasan 3 Dan 4.....	94
Gambar 59. Model 3 D pengukuran geolistrik dengan nilai tahanan jenis	95

Gambar 60. Model 2 D Zona lemah Permukaan (Geolistrik).....	96
Gambar 61. Peta Frekuensi Dominan	98
Gambar 62. Peta Frekuensi dominan Overlay dengan citra satelit	100
Gambar 63. Peta F0 Overlay	101
Gambar 64. Peta Nilai Faktor Amplifikasi	104
Gambar 65. Peta Amplifikasi overlay dengan Citra satelit.....	106
Gambar 66. Peta Nilai Periode (TO).....	108
Gambar 67. periode (TO) Overlay dengan citra satelit.....	110
Gambar 68. Peta periode T0 overlay.....	111
Gambar 69. Peta Indeks Kerentanan Seismik (KG).....	114
Gambar 70. Overlay Peta KG dengan citra satelit	116
Gambar 71. Peta KG overlay	117
Gambar 72. Nilai Vs 30 di wilayah Sumatera.....	118
Gambar 73. Peta korelasi F0	123
Gambar 74. Peta korelasi periode T0	124
Gambar 75. Peta korelasi KG.....	125
Gambar 76. Peta Permukaan pengukuran Geolistrik.	128

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Statigrafi Bukit Karang Putih.....	12
Tabel 2. Metode Geofisika (Kearey, 2002).....	18
Tabel 3. Aplikasi metode geofisika (Kearey, 2002)	19
Tabel 4. Klasifikasi nilai faktor Amplifikasi (Kanai)	28
Tabel 5. Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan mikrotremor oleh kanai (dikutip dari bulletin meteorology dan geofisika no. 4, 1998).	29
Tabel 6. Klasifikasi tanah kanai-omote-nakajima (dikutip dari bulletin meteorology dan geofisika no.4, 1998).....	30
Tabel 7. Klasifikasi jenis batuan berdasarkan Uniform Building Code (UBC) (Nurrahmi, dkk.,2015).....	33
Tabel 8. Klasifikasi tanah sesuai dengan Eurocode 8 (Mufida, dkk.,2013).....	34
Tabel 9. Nilai Resistivitas Batuan (Telford et al., 1990)	39
Tabel 10. Persyaratan Teknis Survei Mikrotremor (SESAME 2004).....	61
Tabel 11. Data Pengukuran Lapangan	62
Tabel 12. Waktu Penelitian	64
Tabel 13. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 1.....	70
Tabel 14. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 2.....	71
Tabel 15. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 3.....	73
Tabel 16. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 4	74
Tabel 17. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 5	75
Tabel 18. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 6.....	76
Tabel 19. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 7.....	77
Tabel 20. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 8.....	78
Tabel 21. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 9.....	79
Tabel 22. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 10.....	80
Tabel 23. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 11.....	81
Tabel 24. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 12.....	82
Tabel 25. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 13.....	83

Tabel 26. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 13.....	84
Tabel 27. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 15.....	85
Tabel 28. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 16.....	86
Tabel 29. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 17.....	87
Tabel 30. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 18.....	88
Tabel 31. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 19.....	89
Tabel 32. <i>Noise</i> Pengukuran Titik 20.....	91
Tabel 33. Koordinat Titik Pengukuran	92
Tabel 34. Nilai Frekuensi Dominan	97
Tabel 35. Interpretasi Nilai Frekuensi Dominan.....	99
Tabel 36. Nilai Faktor Amplifikasi	103
Tabel 37. Interpretasi Nilai Faktor Amplifikasi.....	105
Tabel 38. Nilai Periode (TO)	107
Tabel 39. Interpretasi Nilai Periode (TO)	109
Tabel 40. Nilai Indeks Kerentanan Seismik (KG)	113
Tabel 41. Interpretasi Nilai indeks krentanan seismik.....	115
Tabel 42. Hasil interpretasi data geolistrik	120

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I	138
LAMPIRAN II	139
LAMPIRAN III	140
LAMPIRAN IV	140
LAMPIRAN V	144
LAMPIRAN VI	145
LAMPIRAN VII	146

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

PT. Semen Padang merupakan salah satu perusahaan badan usaha milik negara (BUMN) yang bergerak di bidang pertambangan batu Kapur (Gamping) yang terletak di Bukit Karang Putih, Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Sumatera Barat. Sistem penambangan yang diterapkan oleh PT. Semen Padang adalah sistem tambang terbuka (surface mining) dengan metode open pit mining. Kegiatan berupa perintisan (pioneering), pembersihan area drilling (dozing), pengeboran (drilling), peledakan (blasting), pemuatan (loading), dan pengangkutan material (hauling) dari loading area ke crusher.

Batu Kapur (Gamping) memiliki sifat yang larut jika terkena air yang bersifat Asam. Sifat Batuan Gamping yang mudah larut dalam air asam menyebabkan terjadinya rongga pada Tubuh batuan Gamping secara perlahan dalam waktu yang lama. Rongga pada batuan Gamping biasa disebut sebagai Zona Lemah yang secara perlahan menghabiskan seluruh tubuh batu gamping yang terkena Asam, sehingga Tanah permukaan akan jatuh kebawah atau biasa disebut Amblas karena Tidak adanya lagi Gaya yang menopang dibawahnya, Hal ini diperparah jika diatas permukaan batu Gamping adanya Aktivitas manusia, Alat berat, Peledakan dan lain-lain.

Di Pit 15.15 ditemukannya Rongga dengan diameter ± 8 meter dan kedalaman Rongga ≥ 100 meter. Rongga ditemukan setelah PT.

DAHANA melakukan Peledakan untuk memberaikan batuan Gamping. PT. Semen Padang telah melakukan Upaya penanganan berupa penimbunan Material Selama 3 hari dan Masih belum dapat menutup rongga yang terbentuk, Sehingga PT. Semen Padang Memberhentikan Kegiatan Penimbunan Sementara waktu. Melihat kejadian ini dikhawatirkan masih banyak terdapat Rongga-rongga lainnya yang belum teridentifikasi, Hal ini sesuai dengan Karakteristik batu Gamping yang mudah Larut oleh air yang bersifat Asam yang perlahan membentuk rongga pada tubuh batuan gamping.

Keterdapatn Rongga-rongga lain yang belum diketahui Penyebarannya, dikhawatirkan akan memberikan kerugian besar bagi perusahaan baik secara materil maupun non materil. Kerugian yang di maksud berupa ketakutan dalam bekerja, kecelakaan kerja, bahkan kehilangan nyawa pekerja yang juga mempengaruhi terhambatnya kegiatan produksi. Dalam memetakan atau memodelkan sebaran rongga-rongga yang belum teridentifikasi dibutuhkan metode pengukuran yang dapat memecahkan permasalahan tersebut.

Salah satu metode yang dapat memetakan atau memodelkan rongga bawah permukaan yaitu metode Geofisika. Geofisika adalah bagian dari ilmu bumi yang mempelajari bumi berdasarkan kaidah atau prinsip-prinsip fisika. Dalam penelitian ini digunakan metode Seismik pasif dan metode geolistrik tahanan jenis sebagai identifikasi awal untuk dilakukannya proses selanjutnya, Kemudian Untuk memverifikasi data

pengukuran Seismik pasif digunakan metode geofisika aktif yaitu metode geolistrik tahanan jenis.

Kombinasi dari kedua metode ini (seismic pasif dan geolistrik tahanan jenis) dapat dipetakan secara horizontal dan dimodelkan secara vertical melalui model penampang. Hasil dari penggabungan kedua metode ini akan memberikan keyakinan keberadaan sebaran rongga dikawasan tambang batu Gamping PT. Semen Padang. Maka dari itu, berdasarkan ulasan permasalahan diatas penulis mengangkat judul tentang **“Identifikasi Keberadaan Rongga Bawah permukaan Menggunakan Metode Seismik Pasif dan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di daerah pit 15.15 Bukit Karang Putih PT. Semen Padang”**

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada penulis mengidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Sifat batu gamping yang larut jika terkena air bersifat asam yang secara perlahan membentuk rongga bawah permukaan.
2. Terbentuknya lubang dengan diameter ± 8 meter dan kedalaman ≥ 100 meter yang di akibatkan terjadinya Amblesan di Pit 15.15.
3. kekhawatiran akan adanya rongga-rongga lain yang belum teridentifikasi.
4. Tidak adanya pemetaan dan pemodelan daerah yang dianggap sebagai indikasi keberadaan Rongga.

5. Masih dilaksanakannya kegiatan Penambangan pada daerah Pit 15.15 tanpa diketahuinya Sebaran daerah yang rawan.

C. Batasan masalah

Agar penelitian ini dapat dilakukan secara terstruktur, terorganisir dan mencapai sasarannya, maka dalam penelitian ini perlu adanya batasan masalah, adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di PT. Semen padang Bukit karang putih, Pit 15.15.
2. Penelitian ini menggunakan Pengukuran geofisika Seismik Pasif dan Geolistrik Tahanan Jenis.
3. Metode Seismik Pasif dianalisis menggunakan Metode HVSR dengan jumlah 20 titik pengukuran, dengan lama waktu pengukuran 20 menit dan jarak intervalnya yang bervariasi.
4. Parameter seismik yang diukur ialah Nilai Amplifikasi, Nilai Frekuensi Dominan, Nilai Periode, dan Nilai Indeks Kerentanan Seismik.
5. Metode Geolistrik Tahanan jenis menggunakan metode Konfigurasi wenner-schlumberger dengan jumlah lintasan sebanyak 4 lintasan dengan total panjang 1.440 m.

D. Rumusan masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah diuraikan di atas maka rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Berapa nilai amplifikasi, frekuensi dominan, periode dan Indeks kerentanan seismik pada wilayah Pit 15.15 PT. Semen Padang ?
2. Berapakah Nilai Resistivitas Batuan yang ada didaerah Pit 15.15 PT. Semen Padang ?
3. Bagaimanakah Sebaran dan zonasi Rongga Berdasarkan Kombinasi metode seismik Pasif dan geolistrik tahanan jenis ?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui Nilai Amplifikasi, Frekuensi Dominan dan Indeks Kerentanan Seismik Pada daerah Tambang PT. Semen Padang.
2. Mengetahui Nilai Resistivitas Batuan pada daerah Pit 15.15 PT.Semen Padang.
3. Mengetahui Sebaran dan zonasi Rongga di kawasan lahan PT. Semen Padang, berdasarkan Kombinasi Metode seismic pasif dan geolistrik tahanan jenis.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Bagi penulis
 - a. Meningkatkan kemampuan dan keterampilan dalam menganalisis masalah dan menuangkan ide-ide dalam bentuk karya tulis.
 - b. Menambah pengetahuan penulis mengenai pemetaan zonasi Rongga dan indeks kerentanan seismik.
2. Bagi perusahaan

- a. Sebagai masukan buat perusahaan mengenai daerah yang rawan terjadi longsor atau amblesan.
 - b. Sebagai panduan buat perusahaan dalam melaksanakan proses produksi seperti peledakan, dan aktivitas alat berat yang diusahakan jauh dari daerah yang diprediksi Rawan terjadinya longsor atau amblesan.
 - c. Mengurangi terjadinya kecelakaan baik kerusakan alat, bangunan maupun korban jiwa.
3. Bagi universitas

Sebagai acuan atau referensi untuk diadakannya penelitian selanjutnya di jurusan teknik pertambangan universitas negeri padan

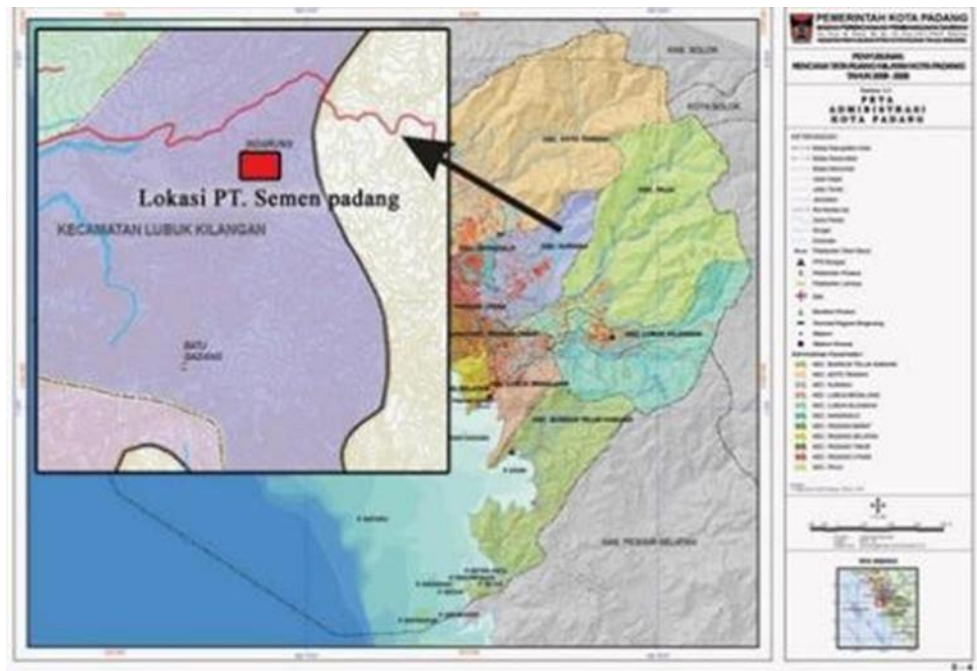
BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Perusahaan

1. Lokasi dan Kesampaian Daerah

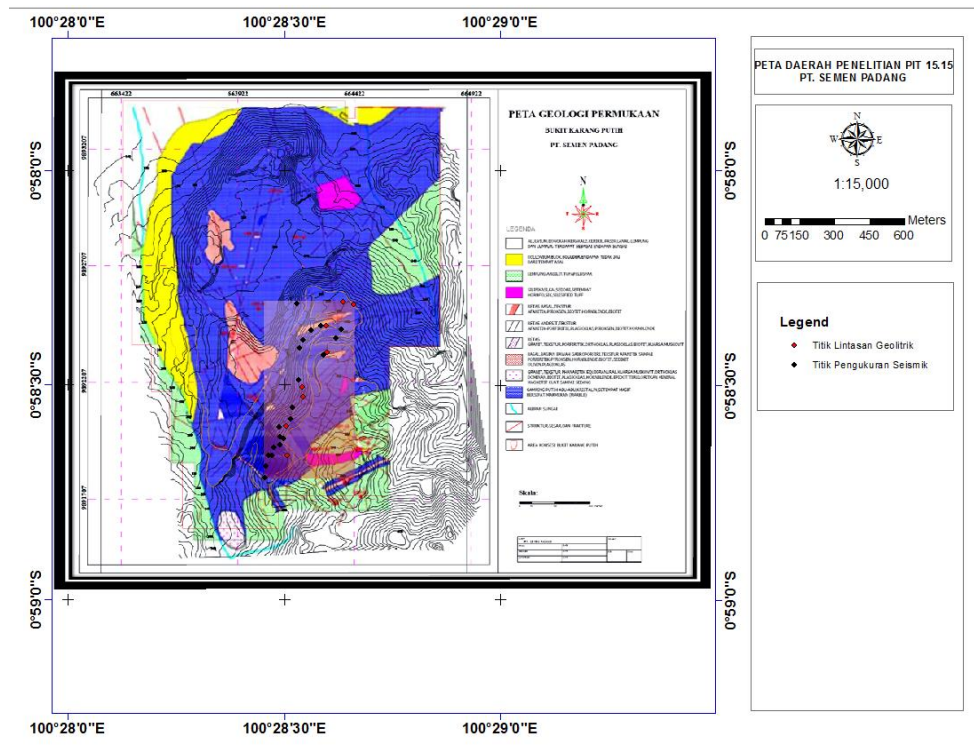
Lokasi PT. Semen Padang terletak di Indarung, sekitar ± 15 Km di sebelah Timur kota Padang, secara administrasi termasuk dalam 14 Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Madya Padang, Provinsi Sumatera Barat dengan ketinggian lebih kurang 200 meter diatas permukaan laut. Indarung terletak di kaki Bukit Barisan yang membujur dari Utara ke Selatan, dan secara geografis terletak antara garis meridian $1^{\circ}04'30''$ LS sampai $1^{\circ}06'30''$ LS dan $100^{\circ}10'30''$ BT sampai $100^{\circ}15'30''$ BT. Berbatasan kearah Barat dengan kota Padang, kearah Timur dengan Kabupaten Solok, kearah Utara dengan Kabupaten Batusangkar dan kearah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Pesisir Selatan. Untuk lebih jelasnya peta lokasi daerah PT. Semen Padang dapat dilihat pada gambar Berikut ini.



(PT.Semen Padang, 2020)

Gambar 1. Peta Lokasi Daerah PT.Semen Padang

Lokasi penambangan Gamping pada **Gambar 1** dihubungkan dengan jalan yang telah dibeton dan dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan umum atau naik kendaraan milik karyawan PT. Semen Padang. Secara geografis wilayah Indarung mulai naik sampai kaki pegunungan Bukit Barisan membujur dari Utara ke Selatan Pulau Sumatera dengan ketinggian ± 200 mdpl dengan puncak ketinggian mencapai ± 500 mdpl. Daerah penelitian terletak di Pit 15.15 PT. Semen Padang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **gambar 2**.



(Dept. Tambang PT.Semen Padang, 2022)

Gambar 2. Peta daerah Penelitian

2. Iklim dan Curah Hujan

Iklim di daerah PT. Semen Padang adalah iklim tropis yang memiliki dua musim yaitu musim hujan dan kemarau dengan kisaran temperatur 27°-35°C. Cuaca dapat mempengaruhi efektivitas kerja pada penambangan yang menggunakan metode tambang terbuka. Untuk mengetahui data curah hujan maka bisa dilihat pada **Lampiran 1**.

3. Keadaan Topografi

Secara garis besar keadaan wilayah penambangan PT Semen Padang adalah daerah perbukitan yang dilingkupi banyak pepohonan dan semak dimana sebagian kecil digunakan masyarakat sebagai lahan pertanian dengan ketinggian berkisar antara 225-720 meter diatas

permukaan laut. Peta topografi Bukit Karang Putih penambangan batu kapur ada pada **Lampiran 2**.

4. Keadaan Geologi dan Morfologi

Keadaan geologi daerah ini merupakan bukit yang sangat terjal dengan sudut lereng alami mencapai 45° . Bukit Karang Putih pada umumnya ditempati oleh batu kapur (gamping) dengan terobosan batuan beku (*basalt*, andesit, granit). Lapisan batu kapur terletak di atas batuan endapan *vulkanik* dengan ketebalan 100-350 m. Di sebelah Selatan penambangan ditemukan batuan beku *basalt*. Hal ini dapat diperkirakan bahwa di daerah ini juga terjadi ekstrusi *basalt* (proses pembentukan dari *basalt* menjadi batu kapur). *Ekstursi* ini yang kemudian menyebabkan terjadinya penghambluran batu kapur menjadi *karst* dengan kristal-kristal yang besar-besar. Dinding-dinding bukit batu ini memperlihatkan gejala perapuhan melalui kekar-kekar yang terdapat di daerah tersebut yang menyebabkan rongga-rongga.

Morfologi Bukit Karang Putih terbagi dua unit morfologi, yaitu morfologi perbukitan terjal dan morfologi lembah. Morfologi perbukitan terjal menempati bagian Utara Tengah, Timur dan Selatan daerah penambangan. Mempunyai pegunungan berarah Barat-Laut Tenggara dan Timur-Barat. Mempunyai puncak yang landai ke arah utara dan puncak yang terjal serta ber *relief* kasar kearah Selatan. Morfologi ini berada pada ketinggian antara 262-525 m diatas permukaan laut, dan dibatasi oleh lereng yang terjal di bagian Utara,

Barat, Timur dan Selatan dengan sudut Berkisar antara 45°-75°. Peta geologi dapat dilihat pada **lampiran 3**.

5. Stratigrafi dan Ganesa BahanGalian

Stratigrafi daerah Karang Putih, berdasarkan ciri-ciri litologinya, tatanan batuan daerah tersebut tersusun berurutan dari tua ke yang muda, yaitu batuan kersikan dan satuan Batu kapur kristalin formasi kuantan, satuan konglomerat formasi Tuhur, batuan intrusi, dan satuan batu vulkanik (Kastowo dkk, 996). Stratigrafi daerah Bukit Karang Putih PT. Semen Padang dapat dilihat pada **tabel 1** ini

Tabel 1. Statigrafi Bukit Karang Putih

KOLOM GEOLOGI BAHAN GALIAN BUKIT KARANG PUTIH				
UNIT BATUAN	TEBAL RATA-RATA (M)	SIMBOL BATUAN	PEMERIAN	SUMBER BAHAN
ENDAPAN RESEN	0,8 – 3,0		MATERIAL TIMUNAN – URUGAN	
ENDAPAN VOLKANIK	0,4 – 2,5		LEMPUNG RESIDU / SOIL	ALUMINA AL ₂ O ₃
	13,6		TUFA	SILIKA (SiO ₂)
	68,9		TUFA KERSIKAN TEKTONIK DEPOSIT (BAHAN ROMBAKAN)	
BATUAN METASEDIMEN DAN METAMORF	± 360		BATUGAMPING – MARMER	KAPUR CaO, MgO
	> 500		BATULEMPUNG TUFAAN (BATUAN KERSIKAN)	SILIKA (SiO ₂)

B. Teori Dasar

1. Batu Gamping

a. Pengertian Batu Gamping

Batu gamping adalah batuan sedimen yang utamanya tersusun oleh kalsium karbonat (CaCO₃) dalam bentuk mineral

kalsit. Di Indonesia, batu gamping sering disebut juga dengan istilah batu kapur, sedangkan istilah luarnya biasa disebut (*limestone*). Batu gamping paling sering terbentuk di perairan laut dangkal.

Batu gamping (batu kapur) kebanyakan merupakan batuan sedimen organik yang terbentuk dari akumulasi cangkang, karang, alga, dan pecahan-pecahan sisa organisme. Batuan ini juga dapat menjadi batuan sedimen kimia yang terbentuk oleh pengendapan kalsium karbonat dari air danau ataupun air laut.

Pada prinsipnya, definisi batu gamping mengacu pada batuan yang mengandung setidaknya 50% berat kalsium karbonat dalam bentuk mineral kalsit. Sisanya, batu gamping dapat mengandung beberapa mineral seperti kuarsa, feldspar, mineral lempung, pirit, siderit dan mineral-mineral lainnya.

b. Proses Pembentukan Batu gamping

Kebanyakan batugamping terbentuk di laut dangkal, tenang, dan pada perairan yang hangat. Lingkungan ini merupakan lingkungan ideal di mana organisme mampu membentuk cangkang kalsium karbonat dan skeleton sebagai sumber bahan pembentuk batu gamping. Ketika organisme tersebut mati, cangkang dan skeleton mereka akan menumpuk membentuk sedimen yang selanjutnya akan terlitifikasi menjadi batu gamping.

c. Jenis Batu Gamping (Dunham,1962)

1) Mud Stone

Mud Stone Batuan ini termasuk dalam jenis batuan sedimen non klastik dengan warna segar putih abu – abu dan warna lapuknya adalah putih kecoklatan. Batuan ini bertekstur Non klastik dengan komposisi kimia karbonat dan strukturnyapun tidak berlapis.

2) Wackestone

Wackestone adalah matriks yang didukung batuan karbonat yang mengandung lebih dari 10% allochems dalam matriks lumpur karbonat.

3) Boundstone

Merupakan hubungan antar komponen tertutup yang berhubungan dengan rapat (oolite). Karbonat batuan menunjukkan tanda-tanda terikat selama pengendapan (Dunham, 1962). Boundstone merupakan batu kapur yang terikat oleh ganggang, karang, atau organisme uniseluler lainnya ketika dia terbentuk (Embry dan Klovan, 1972).

4) Grainstone

Merupakan hubungan antar komponen- komponen tanpa lumpur sehingga sering disebut batuan karbonat bebas lumpur, yang didukung butir. Dunham (1962), batuan ini

berasal : (1) Grainstone terbentuk pada kondisi energi yang tinggi, butiran-produktif lingkungan di mana lumpur tidak dapat terakumulasi, (2) terdapat pada arus yang putus butir dan melewati lumpur pada lingkungan.

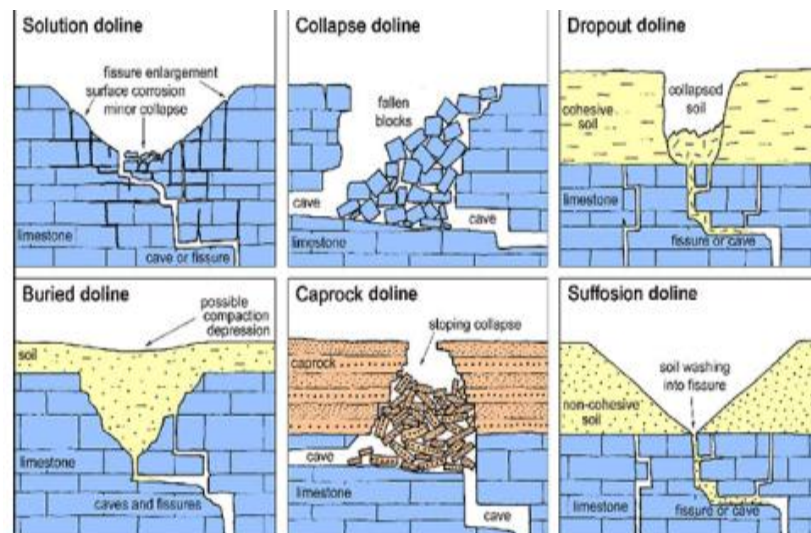
5) Packstone

Packstones menunjukkan berbagai sifat pengendapan. Lumpur menunjukkan proses energi yang lebih rendah , sedangkan kelimpahan butir menunjukkan proses energi yang lebih tinggi. Packstone berasal dari wackestones yang dipadatkan dan dari proses akibat dari infiltrasi lumpur awal atau akhir dari sebelumnya disimpan lumpur bebas sedimen (Dunham, 1962).

2. Amblesan (Sinkhole)

Amblesan adalah penurunan lapisan permukaan tanah secara perlahan-lahan atau tiba-tiba akibat pengaruh alam atau perbuatan manusia. Amblesan pada batu gamping diakibatkan karena proses pelarutan batugamping oleh air secara terus menerus sehingga celah berkembang menjadi rongga, dimana apabila bagian atas dari rongga terlalu lemah, keruntuhan atau amblesan di permukaan akan terjadi (Poland dan Davis, 1986). kejadian amblesan di daerah karst berkaitan dengan proses pembentukan sinkhole (Waltham, dkk, 2005). Proses pembentukan Sinkhole dapat dibagi menjadi enam genesa yaitu;

solution sinkhole, collapse sinkhole, dropout sinkhole, buried sinkhole, caprock sinkhole, dan suffusionsinkhole (Waltham, dkk, 2005).



(Waltham dkk, 2005)

Gambar 3. Genesa proses pembentukan sinkhole di daerah karst

Gambar 3 menunjukkan ke-enam genesa proses pembentukan sinkhole di daerah karst. Pada gambar ini jelas terlihat bahwa solution sinkhole dan collapse sinkhole tidak memiliki litologi atau endapan penutup diatas batugamping, sedangkan tipe proses pembentukan sinkhole lainnya berkaitan dengan adanya lapisan penutup diatas batugamping yang dapat tersusun dari hasil pelapukan batugamping itu sendiri atau jenis litologi yang lain (Waltham dkk, 2005).

3. Ilmu geofisika

Geofisika atau Geophysics dalam bahasa Inggris, menurut ilmu etimologi (cabang ilmu bahasa yang menyelidiki asal-usul kata serta perubahan dalam bentuk dan makna) terdiri dari kata Geo dan Physics. Geo berarti bumi dan Physics yang memiliki makna fisika.

Secara garis besar geofisika adalah ilmu yang menerapkan prinsip-prinsip fisika untuk mengetahui dan memecahkan masalah yang berhubungan dengan bumi, atau dapat pula diartikan mempelajari bumi dengan menggunakan prinsip-prinsip fisika (Santoso, 2002).

Ilmu geofisika bagi kebanyakan masyarakat umum masih sering tertukar dengan ilmu geologi. Hal tersebut merupakan hal yang wajar dikarenakan perbedaan keduanya tidak selalu dapat dengan mudah dibedakan secara pasti antara geologi dan geofisika. Geologi termasuk ilmu yang mempelajari bumi dengan melakukan penelitian langsung terhadap batuan, baik dari singkapan maupun dari pengeboran, serta meneliti gambaran tentang struktur, komposisi, atau sejarahnya yang dapat dilakukan dengan beberapa analisis (Santoso, 2002). Geofisika juga mencakup interpretasi pengukuran yang dilakukan untuk mendapatkan informasi yang berguna tentang struktur dan komposisi lapisan di dalam bumi.

metode geofisika dibagi menjadi empat metode utama, yaitu metode seismik, metode gravitasi, metode magnetik, dan metode elektrik (Philip Kearey, 2002). Perbedaan dari keempat metode tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut ini.

Tabel 2. Metode Geofisika (Kearey, 2002)

Metode	Parameter terukur	Sifat fisika yang digunakan
Seismik	Waktu tempuh gelombang seismik	Densitas dan Modulus Elastisitas
Gravitasi	Perbedaan waktu gelombang	Densitas
Magnetik	Perbedaan nilai medan magnetik	Suseptibilitas magnetik dan remanen
Elektrik		
Resisivitas Induksi polarisasi	Resisivitasi bumi Polaritas tanganan	Konduktivitas elektrik Kapasitansi elektrik
Potensi diri	Potensial elektrik	Konduktivitas elektrik
Elektromagnetik	Respon dan radiasi elektromagnetik	Konduktivitas elektrik dan elektrik
Radar	Waktu tempuh dari sinyal radar yang terefleksi	Konstanta dielektrik

Metode geofisika tersebut di atas dipergunakan sesuai dengan tujuan dari survey geofisika itu sendiri. Masing-masing metode geofisika memiliki sensitivitas yang berbeda terhadap parameter fisika yang diukur. Beberapa contoh penggunaan metode geofisika dapat dilihat pada **Tabel 3** berikut ini.

Tabel 3. Aplikasi metode geofisika (Kearey, 2002)

Aplikasi Metode Geofisika	Metode Geofisika yang sesuai
Eksplorasi bahan bakar fosil (Minyak, Gas, Batuara)	Seismik, Gravitasi, Magnetik, (Elektromagnetik)
Eksplorasi mineral mengandung logam	Magnetik, Elektromagnetik, Resistivitas, Potensial diri, Induksi polarisasi, Radiometrik
Eksplorasi deposit mineral dalam jumlah besar (contoh : batu pasir)	Seismik, Resistivitas, Gravitasi
Eksplorasi air tanah	Resistivitas, Seismik, Gravitasi, Georadar
Investigasi lokasi konstruksi	Resistivitas, Seismik, Gravitasi, Georadar, Magnetik
Investigasi arkeologi	Resistivitas, Seismik, Elektromagnet, Georadar, Magnetik

4. Metode Seismik

a. Gelombang

Gelombang adalah suatu gejala terjadinya perambatan suatu gangguan (disturbance) melewati suatu medium, setelah gangguan ini lewat keadaan medium akan kembali pada keadaan semula seperti sebelum gangguan itu datang.

**Gambar 4. Gelombang**

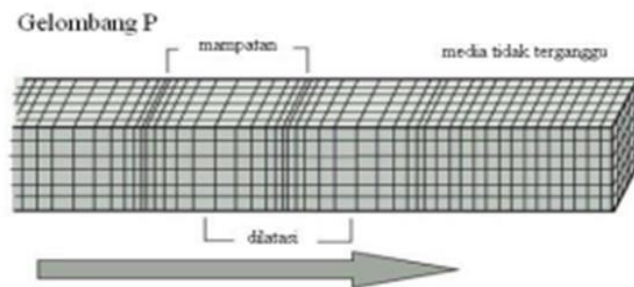
b. Gelombang Seismik

Gelombang seismik merupakan gelombang yang menjalar di dalam bumi, disebabkan adanya deformasi struktur di bawah bumi akibat adanya tekanan ataupun tarikan karena sifat elastisitas kerak bumi (kusumawati. 2014). Gelombang seismik dapat ditimbulkan dengan dua metode yaitu metode aktif dan metoda pasif. Metoda aktif adalah metoda penimbunan gelombang seismik secara aktif atau disengaja menggunakan gangguan yang dibuat oleh manusia, biasanya digunakan untuk eksplorasi. Metode pasif adalah gangguan yang muncul terjadi secara alamiah, contohnya gempa.

Gelombang seismik ini adalah gelombang elastis yang dalam penjarannya gelombang seismik terdiri dari dua jenis (putri, R.Alfahmi. 2017) yaitu :

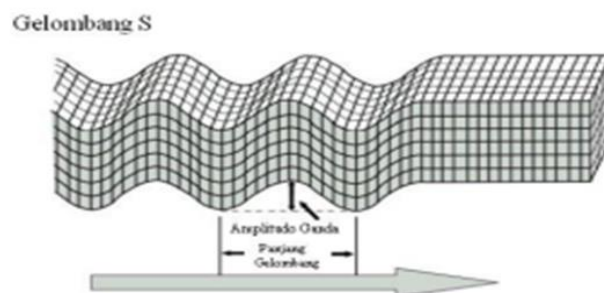
a) Gelombang badan

Gelombang badan utama yang juga dikenali sebagai gelombang mampatan, kompresi, dilatasi, tak berputar atau primer (P). Gelombang P dapat bergerak melalui lapisan batuan dan fluida dimana perubahan partikel-partikelnya bergerak searah dengan arah rambatannya.



Gambar 5. Ilustrasi gerak gelombang premier (P) (Bolt, 1970)

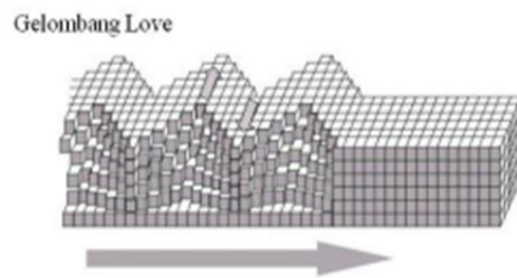
Gelombang badan sekunder (S) yang disebut juga dalam istilah gelombang geser dan equivoluminal. Gelombang S dalam perambatan partikel-partikelnya berpindah secara tegak lurus dengan arah perambatan gelombang



Gambar 6. Ilustrasi gerak gelombang sekunder (S) (Bolt, 1970)

b) Gelombang permukaan

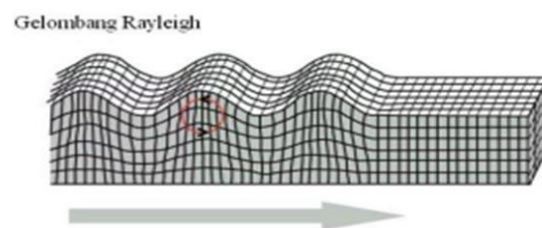
Gelombang permukaan Love (gelombang L), dimana gelombang ini hanya merambat di bagian permukaan saja dan kecepatannya sangat lambat apabila dibandingkan dengan gelombang S dan gelombang P. Partikel-partikel bergerak tegak lurus ke arah perambatan secara horisontal terhadap gelombang tersebut.



Gambar 7. Ilustrasi gerak gelombang Love (Bolt, 1970)

Gelombang permukaan Rayleigh (gelombang R).

Partikel-partikel bergerak ke arah perambatan secara horisontal terhadap pergerakan gelombang dan terdapat polagerakan berputar (elips) dalam permukaan vertikal yang tegak lurus terhadap arahperambatannya. Energi dari sumber gelombang permukaan R akan bergerak sepanjang permukaan dan amplitudonya akan berkurang secara cepat sesuai kedalamannya.



Gambar 8. Ilustrasi gerak gelombang RayleighBolt, 1970)

c. Pasif Seismik

1) Sejarah Pasif Seismik

Metode Seismik terbagi menjadi 2 yaitu metode seismik aktif dan metode seismik pasif, perbedaan dari kedua metode ini ialah pada metode seismik aktif menggunakan bantuan gelombang getaran buatan yang kemudian akan direfleksikan atau direfraksikan oleh struktur batuan yang dibawah permukaan, sedangkan metode seismik pasif mengukur gelombang getaran alami yang berasal dari bawah permukaan bumi.

Nakamura melakukan sebuah penelitian pada tahun 1989. Nakamura menemukan adanya sumber gelombang yang memiliki frekuensi rendah. Nakamura mencoba memisahkan efek gelombang dengan efek geologi dengan cara menormalisir spektrum komponen horizontal dengan komponen vertikal. Nakamura menyatakan bahwa perbandingan spektrum H/V sebagai fungsi frekuensi berhubungan erat dengan fungsi perpindahan untuk gelombang S. Jadi Nakamura mengusulkan metode HVSR untuk mengestimasi frekuensi alami dan amplifikasi geologi setempat. Selanjutnya dilakukan penelitian yang lebih lanjut oleh beberapa peneliti.

Penelitian tentang seismik pasif bermula pada tahun 1990, yaitu ketika suatu alat mikroseismik untuk keperluan militer menemukan suatu fenomena frekuensi rendah yang sangat tinggi diatas sebuah top reservoir hidrokarbon. Kemudian dari fenomena tersebut mulai dilakukan penelitian pada beberapa reservoir di daerah yang berbeda. Ternyata respon anomali frekuensi rendah juga di temukan pada reservoir hidrokarbon di tempat yang berbeda, baik secara lokasi maupun geologinya namun tidak ditemukan pada reservoir yang tidak memiliki hidrokarbon (Wahyudi, 2008). Berdasarkan fenomena tersebut maka dikembangkanlah suatu teknologi untuk dapat mendeteksi hidrokarbon secara langsung.

Penelitian seismik pasif juga mulai dikembangkan di Indonesia, antara lain dilakukan pada Blok Tebing, cekungan Sumatra Selatan (Muharram, dkk, 2011). Setelah dilakukan analisa hasil pengukuran seismik pasif pada lapangan ini juga ditemukan adanya anomali frekuensi rendah, yang diduga sebagai tempat hidrokarbon berada. Setelah diketahui frekuensi pada tiap titik, maka dibuat peta persebaran frekuensi untuk mengetahui keberadaan hidrokarbon pada lereng.

Pengukuran seismik pasif di daerah lain di Indonesia juga pernah dilakukan di Muara Sijunjung, Sumatra Barat (Franky dkk, 2011). Di daerah tersebut dilakukan pengukuran sebanyak 12 titik, yang melewati 2 buah sumur yang digunakan sebagai referensi. Hasil dari pengolahan juga menunjukkan adanya anomali frekuensi rendah sebagai penanda keberadaan hidrokarbon di lokasi penelitian.

2) Prinsip dasar Pasif Seismik

Prinsip dasar dari metode seismik pasif didasarkan pada prinsip nonlinier dari suatu fluida dalam medium berpori. Sinyal seismik frekuensi rendah ini direkam secara pasif di permukaan bumi dengan seismometer yang sangat sensitif dan secara spektroskopi dianalisis untuk menghasilkan sebuah spektrum tertentu yang unik, yang dapat digunakan sebagai indikator keberadaan hidrokarbon secara langsung

3) Pengukuran Pasif Seismik

Pengukuran seismik pasif secara umum dibutuhkan minimal satu buah seismometer broadband 3 komponen (updown, north-south, eastwest) dengan sensitivitas yang tinggi, 1500 V/m/s, jangkauan frekuensi 0,03 – 50Hz, samplingrate 100Hz, dan dibutuhkan waktu minimal 15 menit (bukan angka baku) untuk 1 titik pengukuran seismik pasif.

Namun, untuk daerah yang yang cenderung tinggi akan *noise*, waktu pengukuran bisa di tambahkan hingga dirasa cukup.

4) Mikrotremor

Mikrotremor merupakan getaran tanah yang sangat kecil dan terus menerus yang bersumber dari berbagai macam getaran seperti, lalu lintas, angin, aktivitas manusia dan lain-lain. Mikrotremor dapat juga diartikan sebagai getaran harmonik alami tanah yang terjadi secara terus menerus, terjebak dilapisan sedimen permukaan, terpantulkan oleh adanya bidang batas lapisan dengan frekuensi yang tetap, disebabkan oleh getaran mikro di bawah permukaan tanah dan kegiatan alam lainnya. Penelitian mikrotremor dapat mengetahui karakteristik lapisan tanah berdasarkan parameter periode dominannya dan faktor penguatan gelombangnya (amplifikasi).

5) Parameter Pengukuran Mikrotremor

a. Amplifikasi (A)

Amplifikasi merupakan perbesaran gelombang seismik yang terjadi akibat adanya perbedaan yang signifikan antar lapisan, dengan kata lain gelombang seismik akan mengalami perbesaran, jika merambat pada suatu medium ke medium lain yang dilaluinya. Semakin

besar perbedaan itu, maka perbesaran yang dialami gelombang tersebut akan semakin besar.

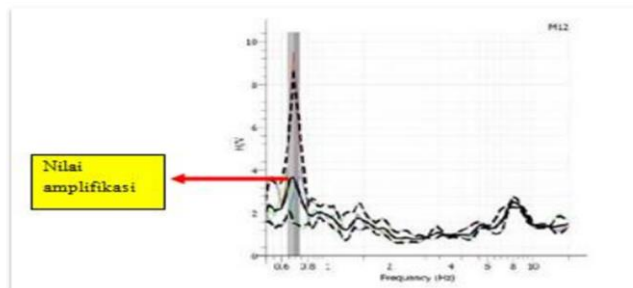
Nakamura (2000) menyatakan bahwa nilai faktor penguatan (amplifikasi) tanah berkaitan dengan perbandingan kontras impedansi lapisan permukaan dengan lapisan dibawahnya. Bila perbandingan kontras impedansi kedua lapisan tersebut tinggi maka nilai faktor penguatan juga tinggi, begitu pula sebaliknya. Amplifikasi berbanding lurus dengan nilai perbandingan spectral horizontal dan vertical (H/V). Nilai amplifikasi bisa bertambah jika batuan telah mengalami deformasi (pelapukan, pelipatan atau persesaran) yang mengubah sifat fisik batuan (Marijiyono, 2010). Pada batuan yang sama, nilai amplifikasi dapat bervariasi sesuai dengan tingkat deformasi dan pelapukan pada tubuh batuan tersebut.

Nilai amplifikasi di pengaruhi oleh variasi formasi geologi, ketebalan dan sifat-sifat fisika lapisan tanah dan batuan, seperti batuan mengalami deformasi (pelapukan, perlipatan, dan pergeseran) yang mengubah sifat fisik batuan. Pada batuan yang sama nilai amplifikasi dapat bervariasi sesuai dengan tingkat deformasi dan pelapukan pada tubuh batuan tersebut. (Arifin, S. 30 2013). Klasifikasi

faktor amplifikasi dapat dibagi ke dalam 4 zona yaitu rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi.

Tabel 4. Klasifikasi nilai faktor Amplifikasi (Kanai)

Zona	Klasifikasi	Nilai Amplifikasi
1	Rendah	$A < 3$
2	Sedang	$3 \leq A < 6$
3	Tinggi	$6 \leq A < 9$
4	Sangat tinggi	$A \geq 9$



Gambar 9. Grafik hubungan H/V dan Amplifikasi

b. Frekuensi Dominan

Frekuensi dominan adalah nilai frekuensi yang kerap muncul sehingga diakui sebagai nilai frekuensi dari lapisan batuan di wilayah tersebut sehingga nilai frekuensi dapat menunjukkan jenis dan karakteristik batuan tersebut (Arifin, S. 2013). Lachet dan Brad (1994) melakukan uji simulasi dengan menggunakan 6 model struktur geologi sederhana dengan kombinasi variasi kontras kecepatan gelombang geser dan ketebalan lapisan soil. Hasil simulasi

menunjukkan nilai puncak frekuensi berubah terhadap variasi kondisi geologi (Tabel 5).

Tabel 5. Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan mikrotremor oleh kanai (dikutip dari bulletin meteorology dan geofisika no. 4, 1998).

Klasifikasi Tanah		Frekuensi dominan (Hz)	Klasifikasi Kanai	Deskripsi
Tipe	Jenis			
Tipe IV	Jenis II	6,667-20	Batuan tersier atau lebih tua, terdiri dari batuan <i>Hard sandy, gravel</i> , dll	Ketebalan sedimen permukaannya sangat tipis, didominasi oleh batuan keras.
	Jenis I	10-4	Batuan aluvial dengan ketebalan 5m. Terdiri dari <i>sandy-gravel, sandy hard clay, loam</i> , dll	Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori menengah 5 sampai 10 m
Tipe III	Jenis I	2,5-4	Batuan alluvial, dengan ketebalan >5 m. Terdiri dari <i>sandy gravel, sandy hard clay, loam</i> , dll	Ketebalan sedimen permukaan masuk dalam kategori tebal, sekitar 10-30 m
Tipe II dan Tipe I	Jenis I	< 2,5	Batuan alluvial, yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil. Dengan ketebalan 30 m atau lebih	Ketebalan sedimen permukaannya sangat tebal.

c. Periode (TO)

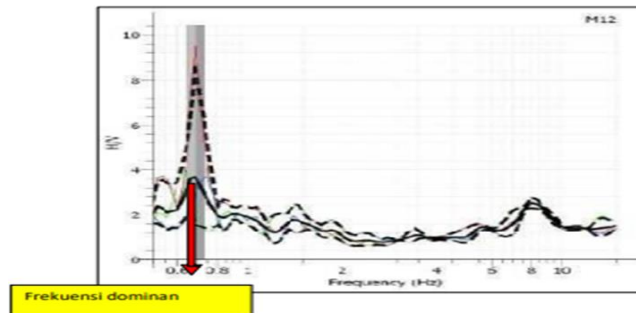
Nilai frekuensi natural juga berhubungan dengan periode dominan, dimana jika frekuensi natural rendah akan berbanding terbalik dengan periode dominan tanah, dikarenakan untuk mencari nilai periode dominan digunakan rumus sebagai berikut

$$T_O = \frac{1}{f_o}$$

Periode dominan diartikan sebagai waktu yang dibutuhkan gelombang mikrotremor untuk merambat melewati lapisan sedimen.

Tabel 6. Klasifikasi tanah kanai-omote-nakajima (dikutip dari bulletin meteorology dan geofisika no.4, 1998)

Klasifikasi Tanah		Periode (T) Second	Keterangan	Karakter
Kanai	Omote- nakajima			
Jenis I	Jenis A	0,005- 0,15	Batuan tersier atau lebih tua, terdiri dari batuan <i>Hard sandy, gravel</i> , dll	Keras
		0,10- 0,25	Batuan aluvial dengan ketebalan 5m. Terdiri dari <i>sandy-gravel, sandy hard clay, loam</i> , dll	Keras
Tipe III	Jenis B	0,25- 0,4	Batuan alluvial, hampir sama dengan jenis II, hanya dibedakan oleh adanya formasi <i>bluff</i>	Lunak
Tipe II dan Tipe I	Jenis C	Lebih dari 0,4	Batuan alluvial, yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil, lumpur dll. Dengan ketebalan 30 m atau lebih	Sangat Lunak



Gambar 10. Grafik hubungan H/V dan frekuensi

6) Indeks Kerentanan Seismik (K_g)

Indeks kerentanan seismik (K_g) adalah indeks yang menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadinya gempa bumi (Febriani, Y.dkk, 2013). Menurut Nakamura (2000) indeks kerentanan seismik diperoleh dengan mengkuadratkan nilai puncak spectrum mikrotremor dibagi frekuensi resonansi yang dirumuskan sebagai berikut :

$$K_g = A^2 / F$$

Dimana :

K_g = indeks kerentanan seismik (cm/s^2)

A = amplifikasi

F = frekuensi dominan (Hz)

Beberapa hasil penelitian sebelumnya, menunjukkan adanya korelasi positif antara distribusi nilai K_g dengan kerusakan akibat gempa bumi. Dimana K_g yang tinggi berarti daerah tersebut rawan akan kerusakan yang berarti

batuan disana tersusun dari batuan yang lunak. Sebaliknya Kg yang rendah berarti daerah tersebut aman akan kerusakan (Labertta, S., dkk.2013)

7) Metode HVSR (Horizontal-Vertical Spectral Ratio)

Metode HVSR merupakan metode yang digunakan sebagai indikator struktur bawah permukaan tanah yang memperlihatkan hubungan antara perbandingan – perbandingan rasio spektrum fourier dari sinyal mikrotremor komponen horizontal terhadap komponen vertikalnya (Nakamura, 1989). Metode HVSR merupakan metode membandingkan spektrum komponen horizontal terhadap komponen vertikal dari gelombang mikrotremor.

Metode HVSR digunakan untuk menentukan nilai amplifikasi dan nilai periode dominan suatu lokasi yang dapat diperkirakan dari periode puncak perbandingan H/V mikrotremor (Nakamura, 2000). Berdasarkan penelitian Sungkono dan Santoso (2011), untuk mengetahui karakter geologi yang dapat merusak bangunan akibat getaran baik itu gempa bumi, maka perlu dilakukan kajian literatur dan karakterisasi HVSR. Hasilnya ialah, kerusakan bangunan akibat gempa bumi terjadi pada parameter HVSR amplifikasi tinggi dan frekuensi rendah. Dengan demikian, daerah rawan kerusakan bangunan akibat getaran terjadi pada daerah

sedimen lapuk (misalnya pasir, pasir lanauan, gambut) yang tebal dan atau sedimen lapuk yang terdapat diatas batuan yang keras.

Konsep dasar metode HVSR adalah adanya kesamaan antara rasio spektra horizontal ke vertikal dengan tranfer gelombang dari batuan dasar ke permukaan. Nakamura menyampaikan bahwa periode dominan dan nilai puncak dari spektra rasio (H/V) mempunyai kesamaan dengan periode natural dan faktor amplifikasi dari tanah. Faktor amplifikasi spektrum HVSR meningkat pada formasi ketebalan sedimen yang lebih tebal dan halus.

8) Kecepatan Geser Kedalaman 30 m (V_{s30})

V_{s30} adalah kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 meter. Nilai V_{s30} diperoleh dari website resmi USGS (www.usgs.gov). Adapun klasifikasi nilai V_{s30} (kecepatan gelombang geser pada kedalaman maksimum 30 m) dari berdasarkan Uniform Building Code (UBC) dan Eurocode 8 ditunjukkan pada **Tabel 7** dan **Tabel 8**.

Tabel 7. Klasifikasi jenis batuan berdasarkan Uniform Building Code (UBC) (Nurrahmi, dkk.,2015)

Tipe Batuan	Profil jenis batuan	V_{s30}
A	<i>Hard Rock</i> (batuan keras)	>15000 m/s
B	<i>Rock</i> (batuan sedang)	760-1500 m/s
C	<i>Very dense soil and soft rock</i> (tanah sangat padat dan batuan lunak)	360-760 m/s
D	<i>Stiff Soil</i> (tanah sedang)	180-360 m/s
E	<i>Soft Soil</i> (tanah lunak)	<180 m/s

Tabel 8. Klasifikasi tanah sesuai dengan Eurocode 8 (Mufida, dkk.,2013)

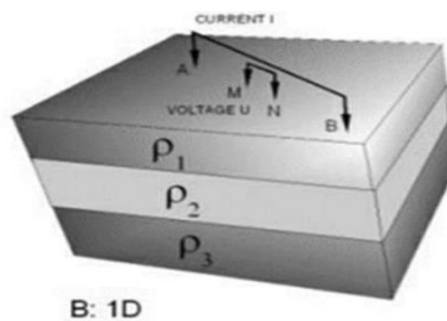
Tipe Tanah	Uraian Gambaran Stratigrafi	Vs30
A	Batuan atau formasi batuan lainnya	>800 m/s
B	Endapan <i>sand</i> atau <i>clay</i> yang sangat padat, <i>gravel</i> , pada ketebalan beberapa puluh meter, ditandai dengan peningkatan sifat mekanik terhadap kedalaman.	360-800 m/s
C	Endapan <i>sand</i> padat yang tebal, <i>gravel</i> atau <i>clay</i> padat dengan ketebalan beberapa puluh hingga ratusan meter.	190-360 m/s
D	Endapan tanah kohesi rendah sampai sedang (dengan atau tanpa beberapa lapisan kohesi rendah), atau terutama pada tanah kohesi rendah	<180 m/s
E	Lapisan tanah terdiri aluvium pada permukaan dengan nilai Vs tipe C atau D dengan ketebalan bervariasi antara 5 dan 20 m, dibawah tanah ini berupa material keras dengan Vs>800 m/s	
S1	Terdiri dari endapan atau mengandung lapisan minimal 10m, pada tanah kampung lunak lempung lanauan dengan indeks keplastisan/ kekenyalan dengan kadar air yang tinggi	<100 m/s (indikatif)
S2	Endapan tanah encer, tanah liat yang sensitif, atau tanah yang tidak termasuk dalam tipe A-E atau S1	

5. Metode geolistrik tahanan jenis

Geolistrik adalah salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Pendeteksian di atas permukaan meliputi pengukuran medan potensial, arus, dan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat penginjeksian arus ke dalam bumi. Prinsip kerja metode geolistrik dilakukan dengan cara menginjeksikan arus listrik ke permukaan tanah melalui sepasang elektroda dan mengukur beda potensial dengan sepasang elektroda yang lain. Bila arus listrik diinjeksikan ke dalam

suatu medium dan diukur beda potensialnya (tegangan), maka nilai hambatan dari medium tersebut dapat diperkirakan. Berdasarkan pada tujuan penelitian metode yang digunakan yaitu metode Tahanan jenis lapisan bawah permukaan secara horizontal dan vertikal.

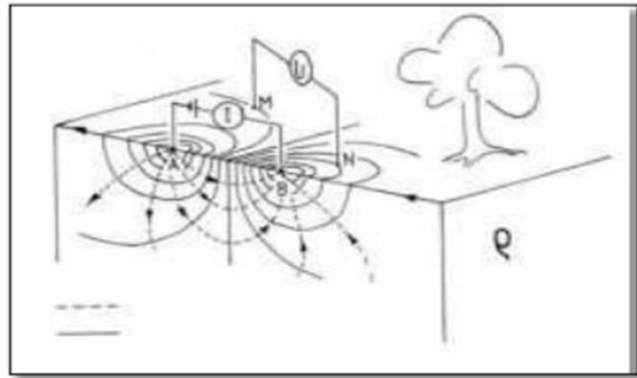
Nilai tahanan jenis di bawah permukaan diperoleh dari penginjeksian arus dan akan diperoleh perbedaan nilai beda potensial di permukaan. Secara umum susunan dari elektroda digambarkan pada **Gambar 11**. Dua buah pasang elektroda terdiri dari: A dan B digunakan untuk menginjeksi arus, kemudian elektroda M dan N merupakan nilai beda potensial.



Gambar 11. Bentuk perubahan elektroda untuk pengukuran resistivitas semu pada tanah berlapis (Kirsch, 2006)

Metode Geolistrik Tahanan jenis lebih efektif jika digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal, dengan kedalaman 300-500 m, sangat berguna untuk mengetahui kemungkinan kedalaman adanya lapisan akuifer. Metode ini dapat mendeteksi adanya lapisan tambang yang mempunyai kontras Tahanan jenis dengan lapisan batuan pada bagian atas dan bawahnya. Skema aliran arus dan medan potensial

untuk bawah permukaan yang homogen digambarkan pada **Gambar 12.**

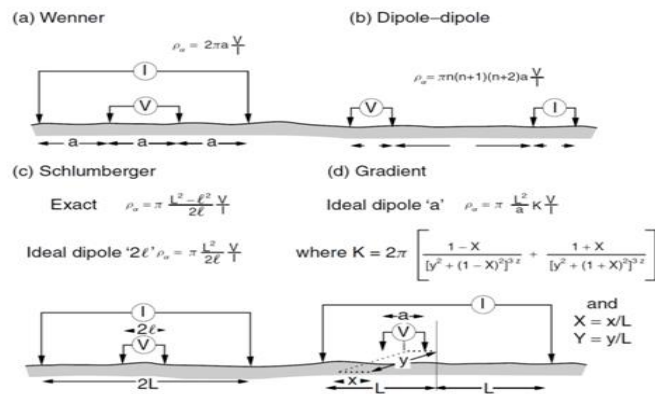


Gambar 12. Skema aliran arus dan medan potensial bawah permukaan yang homogen (Kirsch, 2006)

1) Konfigurasi Metode Geolistrik

Pengukuran geolistrik berhubungan dengan geometri susunan elektroda arus dan potensial yang digunakan saat akuisisi. Metode geolistrik terdiri dari beberapa konfigurasi, misalnya yang ke 4 buah elektrodanya terletak dalam satu garis lurus dengan posisi elektroda AB dan MN yang simetris terhadap titik pusat pada kedua sisi yaitu konfigurasi Wenner dan Schlumberger. Setiap konfigurasi mempunyai metoda perhitungan tersendiri untuk mengetahui nilai ketebalan dan tahanan jenis batuan di bawah permukaan.

Beberapa jenis konfigurasi yang biasa digunakan untuk pengukuran geolistrik adalah, konfigurasi Schlumberger, konfigurasi Wenner, konfigurasi Dipole-dipole dan variasinya.



Gambar 13. Konfigurasi metode Geolistrik

a. Konfigurasi wenner

Pengukuran ini dilakukan dengan cara meletakkan titik titik elektroda dengan beda jarak satu sama lain yang sama. Elektroda yang bersebelahan akan berjarak sama ($AM = MN = NB = a$). Konfigurasi ini memiliki kelebihan dalam ketelitian pembacaan karena memiliki nilai eksentrisitas yang tidak terlalu besar atau bernilai sebesar $1/3$. Metode ini juga salah satu metode dengan sinyal yang bagus. Kelemahan dari metode ini adalah tidak bisa mendeteksi homogenitas batuan di dekat permukaan yang bisa berpengaruh terhadap hasil perhitungan. selain itu, metode ini membutuhkan biaya yang lebih mahal jika dibandingkan dengan konfigurasi yang lain karena setiap berpindah, maka kabel harus diganti dengan yang lebih panjang.

b. Konfigurasi Schlumberger

Pengukuran ini dilakukan dengan cara yang sama dengan Wenner, namun jarak elektroda arus dapat diubah tidak

sama dengan jarak elektroda potensial. konfigurasi schlumberger biasanya digunakan untuk sounding, yaitu pengambilan data yang difokuskan secara vertikal. Kelebihan dari konfigurasi ini adalah dapat mendeteksi adanya non-homogenitas lapisan batuan pada permukaan.

c. Konfigurasi Dipole-dipole

Pengukuran ini dilakukan dengan cara yang sangat berbeda dengan dua konfigurasi sebelumnya. Elektroda potensial diletakkan berjauhan dengan jarak na dari elektroda arus.

kelebihan dari konfigurasi ini adalah biaya yang dikeluarkan tidaklah mahal jika dibandingkan dengan wenner dan schlumberger. konfigurasi ini juga dapat digunakan untuk mapping, yaitu pengukuran yang memfokuskan hasil secara lateral. untuk kekurangannya adalah konfigurasi ini memiliki kualitas sinyal yang jelek jika dibandingkan wenner dan schlumberger.

d. Konfigurasi wenner-schlumberger

Konfigurasi Wenner-Schlumberger adalah konfigurasi dengan sistem aturan spasi yang konstan dengan catatan faktor “ n ” untuk konfigurasi ini adalah perbandingan jarak antara elektroda C1-P1 (atau C2-P2) dengan spasi antara P1-P2. Jika

jarak antar elektroda potensial (P1 dan P2) adalah a maka jarak antar elektroda arus (C1 dan C2) adalah $2a + a$.

Dari berbagai jenis konfigurasi yang ada tujuan akhirnya ialah untuk mencari nilai tahanan jenisnya dan akan diklasifikasikan sesuai dengan klasifikasi jenis batuan berdasarkan nilai tahanan jenis sesuai pada **Tabel 9** oleh (Telford et al., 1990)

Tabel 9. Nilai Resistivitas Batuan (Telford et al., 1990)

Bahan	Resistivitas (Ωm)
Udara (dimuka bumi)	$2 \times 10^4 - 5 \times 10^5$
Air	
Distilasi	2×10^5
Permukaan	30 s/d 3×10^3
Tambang	0.4 s/d 6×10^2
Laut	0.21
Tembaga	
Murni	$1,7 \times 10^{-8}$
Bijih	0,001
Mineral	
Klasit	$5,5 \times 10^{13}$
Magnetit	$8 \times 10^{-5} - 0.005$
Pirit	2×10^5 s/d 9×10^{-2}
Kwarsa	4×10^{10}
Batu garam	$10^2 - 10^5$
Belerang	$10^{12} - 10^{15}$
Batuan	
Granit	3×10^2 s/d 3×10^6
Gabro	$10^3 - 10^6$
Gneis	$6.8 \times 10^4 - 10^6$
Andesit	$1.7 \times 10 - 4.5 \times 10^6$
Basal	$10 - 1.3 \times 10^7$
Batu gamping	50 s/d 10^3
Batu Pasir	1 s/d 10^3
Serpih	20 s/d 2×10^3
Konglomerat	$2 \times 10^3 - 10^4$
Alluvial dan pasir	10 – 800
Tufia	20 – 200
Lempung	3 – 20
Tanah	1 s/d 10^4

C. Penelitian relevan

1. Identifikasi Keberadaan Rongga Sebagai Pemicu Amblesan (Sinkhole) Berdasarkan Data Geologi Dan Geolistrik Di Daerah Bedoyo, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunung Kidul, Tahun 2020 Oleh Al Hussein Flowers Rizqi, Dan Waskita Bambang Murti Yudhana.

Berdasarkan hasil analisis dan interpretasi terhadap data geologi permukaan dan geofisika dengan metode geolistrik, dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian memiliki kondisi morfologi bergelombang lemah denudasional, perbukitan tersayat kuat karst, perbukitan bergelombang kuat karst dengan litologi penyusunya didominasi oleh batuan karbonat berupa batugamping berlapis maupun batugamping terumbu dan juga ada batuan piroklastik (tuf) pada lokasi tertentu dan juga memiliki struktur geologi berupa sesar naik. Pada daerah penelitian di Desa Bedoyo dan sekitarnya memiliki 2 (dua) jenis tipe amblesan berdasarkan genesanya yaitu: tipe dropout sinkhole dan suffosion sinkhole. Selain itu, ada amblesan dengan tipe suffosion sinkhole yang dipengaruhi oleh struktur geologi berupa sesar naik. Kondisi bawah permukaan pada lokasi penelitian berdasarkan hasil kajian geolistrik dapat diinterpretasikan adanya zona-zona rongga (cavity zones) yang diduga sebagai pemicu amblesan di permukaan. Hasil dari pemodelan geologi dan amblesan di daerah penelitian didapatkan hasil berupa zona rawan amblesan yang terbagi menjadi 3

zona yaitu zona rawan yang mencakup Desa Sigorejo, Gombang, Pucanganom dan Desa Bedoyo, zona Sedang mencakup Desa Sumbergiri dan Desa Karangasem, sedangkan untuk wilayah zona rendah mencakup daerah dusun Asem Lulang.

2. PEMETAAN ZONASI INDEKS KERENTANAN SEISMIK PADA DAERAH PASCA TAMBANG DI PT.BUKIT ASAM (PERSERO) TBK. UNIT PENAMBANGAN OMBILIN, SAWAHLUNTO, 2018 oleh DOLI ALI FITRI

Penelitian ini dilaksanakan pada lahan bekas PT. Bukit Asam dengan jumlah titik pengukuran sebanyak 15 titik dan didapatkan hasil Hasil nilai percepatan tanah (V_{s30}) menunjukkan bahwa daerah disekitar sawahlunto memiliki tanah yang sangat padat dan batuan lunak dengan endapan sand (pasir) atau clay (tanah liat) yang sangat padat, gravel. Material penyusun berupa batuan aluvial yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil , lumpur, dll. Dengan nilai V_{s30} berkisaran 620 m/s sampai 720 m/s. Didapatkan zona zona lemah dari hasil indeks kerentanan seismik. Dimana nilai indeks kerentanan seismik (k_g) tertinggi terdapat pada titik PND 2 yang berada pada kawasan taman Bung Hatta Kandi dengan nilai $70 \times 10^{-6} s^2/cm$ sampai $75 \times 10^{-6} s^2/cm$ Sedangkan nilai indeks kerentanan seismik terendah berada titik PND 4 dengan nilai berkisar $0 \times 10^{-6} s^2/cm$ sampai $5 \times 10^{-6} s^2/cm$ Titik PND 3, PND 8 dan PND 14 juga tergolong rentan mengalami kerusakan karena indeks kerentanan seismiknya tergolong

tinggi berkisaran $20 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$ sampai $30 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$. Daerah dengan titik PND 1, PND 10, PND 11, PND 12 dan PND 15 memiliki nilai indeks kerentanan seismik berkisar $2 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$ sampai $10 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$ ini tergolong kedalam daerah yang agak rentan mengalami kerusakan. Daerah dengan titik PND 5, PND 6, PND 7, PND 9, PND 13 memiliki nilai indeks kerentanan seismik berkisar $10 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$ sampai $20 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$ yang berarti potensi mengalami kerusakan cukup besar.

3. Permetaan Zonasi Indeks Kerentanan Seismik pada Daerah Tambang CV. Bara Mitra Kencana, Kecamatan Talawi, Sawahlunto 2021 oleh Lady Ayu Sapitri dan Adree Octova

Penelitian ini dilaksanakan pada lahan tambang CV. Bara Mitra Kencana dengan pengukuran sejumlah 12 titik pengukuran dan didapatkan hasil Berdasarkan penelitian mengenai mikrozonasi indeks kerentanan seismik di kawasan lahan tambang CV Bara Mitra Kencana yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan 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. 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 lategori rendah sampai dengan tinggi. 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.

4. Penentuan Nilai Indeks Kerentanan Seismik Daerah Rawan Longsor Metode Mikrotremor Di Kecamatan Tombolopao Kabupaten Gowa, Tahun 2021 oleh Dian Pratiwi Malik, Muh.Said L, dan Ayusari.

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi daerah rawan longsor di Kecamatan Tombolopao, Kabupaten Gowa. Data mikrotremor didapatkan menggunakan satu set alat Digital Portable Seismograph tipe TDL-3035 pada 8 titik penelitian dengan spasi 15 m di Desa Mamampang kecamatan Tombolopao kabupaten Gowa. Data sinyal mikrotremor kemudian diolah dengan metode HVSR pada software Geopsy sehingga diperoleh kurva H/V yang menyatakan nilai

f_0 dan A_0 . Nilai f_0 dan A_0 selanjutnya digunakan untuk memperoleh nilai indeks kerentanan seismik (K_g).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai frekuensi dominan (f_0), faktor amplifikasi (A_0), indeks kerawanan gempa (K_g) dan mengidentifikasi karakteristik lokasi longsor di daerah penelitian. Pengambilan data menggunakan seperangkat alat Seismograf Digital Portable tipe TDL-3035 pada 8 titik penelitian dengan spasi 15 m. Data sinyal mikrotremor tersebut kemudian diolah dengan metode HVSR pada software Geopsy sehingga diperoleh kurva H/V yang menyatakan nilai f_0 dan A_0 . Nilai f_0 dan A_0 kemudian digunakan untuk mendapatkan indeks kerentanan seismik (K_g). Hasil yang diperoleh dari sebaran nilai frekuensi dominan berkisar antara 0,685 – 5,745 Hz, nilai faktor amplifikasi antara 1,927- 3,193, nilai indeks kerawanan gempa antara 0,646- 9,029 dan karakteristik lokasi longsor berdasarkan nilai parameter indeks kerawanan gempa yang diperoleh dari persamaan empiris frekuensi dominan dan amplifikasi faktor berada pada titik pengukuran MT1, MT3 dan MT4.

5. Interpretasi Kecepatan Gelombang Seismik Refraksi Tomografi Dalam Penentuan Litologi Bawah Permukaan Di Desa Bhuana Jaya, Tahun 2019 oleh Fitria Nova Linda, Piter Lepong, dan Djayus.

Dengan mengetahui waktu tiba gelombang seismik maka kecepatan rambat gelombang seismik pada setiap batuan dan kedalaman

refraktor dapat diketahui. Nilai cepat rambat gelombang seismik pada setiap batuan inilah yang memberikan informasi lapisan batuan dibawah permukaan. penelitian yang dilakukan di 4 titik lokasi, didapatkan nilai kecepatan gelombang seismik refraksi tomografi yang digunakan untuk menginterpretasikan lapisan batuan atau jenis material yang berada di bawah permukaan bumi, ketebalan lapisan, lapisan lapuk (weathered layered), dan kekerasan batuan, kemudian dibandingkan dengan data pemboran dan geologi di sekitar daerah tersebut. Pada keempat titik lokasi penelitian ini, terdapat 2 jenis morfologi yang berbeda yaitu daerah perbukitan dan persawahan. Pada daerah persawahan didapatkan dugaan litologi yakni lapisan pertama memiliki ketebalan kurang dari 19 meter (200 m/s sampai dengan 1200 m/s) dengan litologi berupa alluvium sebagai lapisan lapuk (weathered layered) dan lapisan kedua memiliki ketebalan kurang dari 2 meter (1200 m/s sampai dengan 1500 m/s) dengan litologi berupa mudstone. litologi berupa sandstone. Pada daerah ini berada pada tingkat kekerasan mudah sampai menengah mudah (soft through moderately soft). Sedangkan pada daerah perbukitan didapatkan dugaan litologi berupa lapisan pertama memiliki ketebalan kurang dari 3 meter (200 m/s sampai dengan 600 m/s) dengan litologi berupa soil sebagai lapisan lapuk (weathered layered), lapisan kedua memiliki ketebalan kurang dari 2 meter (600 m/s sampai dengan 800 m/s) dengan litologi berupa siltstone, lapisan ketiga memiliki ketebalan kurang dari 9 meter (800

m/s sampai dengan 2000 m/s) dengan litologi berupa mudstone, dan lapisan keempat memiliki ketebalan kurang dari 9 meter (2000 m/s sampai 2500 m/s) dengan Pada daerah ini berada pada tingkat kekerasan sangat keras (very hard rock).

6. Investigasi Kerentanan Tanah Berpotensi Likuefaksi Menggunakan Metode Mikroseismik Di Wilayah Prambanan, Yogyakarta Tahun 2020 oleh Maulana Rizki Aditama, Achmad Gunar Saadi, dan Budi Eka Nurcahya.

Metode akuisisi mikroseismik dilakukan pada wilayah 7 x 6 km² dengan 56 titik pengukuran yang dipisahkan sejauh 1 km di setiap poinnya dengan distribusi normal gridding. Di setiap titik dilakukan pengukuran selama 70 menit dengan nilai sampling rate 100 Hz berdasarkan eksperimental Nguyen (2009). Setiap poin pengukuran didesain atau dipilih berdasarkan keberadaan free-field untuk menghindari pengaruh noise yang disebabkan oleh pohon, fitur topografi, dan aktifitas manusia yang menghasilkan gelombang gangguan. Raw data yang dihasilkan akan diolah pada software Geopsy untuk mengestrak komponen signal broadband Vp dan Vs menjadi nilai frekuensi dan amplifikasi Berdasarkan hasil analisis data yang diolah, dapat diidentifikasi beberapa kesimpulan penting dalam studi ini. Karakter kerentanan tanah berhubungan dengan nilai frekuensi dominan (f_0), amplifikasi tanah (A_0), dan indeks kerentanan seismik (seismic vulnerability index). Hubungan tersebut dapat digunakan untuk

merumuskan apakah suatu wilayah berpotensi mengalami gerakan tanah secara lateral (likuefaksi) yang secara potensi dapat berpengaruh pada keberadaan situs Candi Prambanan. Berdasarkan analisis data mikroseismik (simpangan standar deviasi), didapatkan beberapa titik zona rawan bencana di wilayah utara dan timur titik pengukuran. Secara detail, hal ini ditunjukkan oleh peta distribusi nilai SVI di sekitar candi Prambanan yang berada pada range 20-100, khususnya disebelah utara berada pada nilai di atas 75, yang memungkinkan peluang terjadinya likuefaksi lebih tinggi dengan syarat adanya gempa besar (majore arthquakes) disertai dengan pori batuan yang terisi dengan fluida.

7. Penerapan Metode Mikrotremor HVSR untuk Penentuan Respons Dinamika Kegempaan di Kota Padang, Tahun 2016 oleh Pupung Susilanto, Dkk.

Daerah penelitian meliputi Kota Padang, Sumatra Barat, dengan batas koordinat $0^{\circ}52'44,40''$ - $0^{\circ}57'57,60''$ LS dan $100^{\circ}20'27,60''$ - $100^{\circ}24'03,60''$ BT . Daerah Padang dan sekitarnya ini merupakan suatu paparan endapan fluvial, swamp, dan aluvium yang terletak pada “Padang Graben”, bagian timur laut yang dibatasi oleh patahan aktif segmen Sianok dan Sumani yang berarah hampir barat laut – tenggara. Geologi daerah ini disusun oleh endapan Kuartar yang terdiri atas perulangan satuan pasir bersifat dominan berbutir halus hingga kasar dengan sisipan lanau dan lempung. Diatasnya dijumpai endapan Holosen berupa pasir pantai yang berhadapan dengan endapan

laut terbuka yang dibatasi oleh graben berupa patahan-patahan yang berarah hampir barat laut – tenggara. Tebal endapan Kuartar di daerah ini mencapai kurang lebih 150 – 200 m (Soebowo, 2010). Nilai frekuensi dominan (f_0) yang terukur di lokasi penelitian berkisar antara 0,5 – 1,9 Hz, nilai faktor amplifikasi (A) berkisar antara 0,6 sampai 9,7, dan indeks kerentanan seismik (K_g) di daerah penelitian berkisar antara 0,3-162,0. Dengan melihat penyebaran spasial nilai-nilai f_0 , A_0 , dan K_g tersebut disimpulkan bahwa wilayah Kota Padang bagian barat memiliki kerentanan seismik yang tinggi jika dibandingkan dengan wilayah Kota Padang bagian timur dan selatan. Wilayah-wilayah bagian barat tersebut sangat berbahaya apabila mengalami gempa bumi dengan PGA mencapai 300 gal atau diatasnya, sehingga diharapkan bangunan di wilayah ini memenuhi syarat sebagai bangunan tahan gempa untuk meminimalkan kerusakan dan kerugian.

8. Modeling stratigraphic structure of Menemen Plain-Izmir/Turkey by microgravity, passive seismic methods and examining its behavior under earthquake effect, Tahun 2020 oleh Özkan Cevdet ÖZDAĞ, Dkk.

Mempertimbangkan proses yang efektif dalam pembentukan geometri cekungan sedimen, menggunakan informasi stratigrafi yang diperoleh dari sejumlah kecil lubang bor mungkin tidak cukup untuk pemodelan dan interpretasi area yang sangat luas untuk konstruksi tujuan. Apalagi jika perilaku daerah yang luas ini di bawah

pengaruh gempa perlu dimodelkan, jumlah lubang bor dan geometri distribusinya di seluruh area adalah sangat penting. Apakah selalu mungkin untuk mendapatkan data dengan jumlah lubang bor yang cukup dengan kedalaman yang cukup di semua jenis daerah. Barisan stratigrafi dapat didefinisikan pada akhir analisis data mikrotremor dan evaluasi bersama atas temuan dan kumpulan data gaya berat mikro diperoleh bersama. Mendefinisikan struktur stratigrafi terkait adalah parameter input untuk pemodelan perilaku tanah berdasarkan catatan gempa yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan perilaku stratigrafi Dataran Menemen dan sekitarnya di bawah kemungkinan kekuatan gempa. Karena rezim tektonik aktif Anatolia Barat, ada banyak catatan tentang gempa bumi yang merusak di Dataran Menemen, zmir dan sekitarnya baik catatan sejarah maupun instrumental. Dari perspektif ini, kumpulan data dasar telah dibuat untuk daerah penelitian menggunakan metode gayaberat mikro dan mikrotremor. Kedalaman Kecepatan Gelombang S bagian diperoleh dari solusi maju dan terbalik dari Horizontal/Vertical Spectral Kurva rasio (HVSr) diperoleh dari evaluasi metode mikrotremor. Nilai densitas adalah dihitung dari data kecepatan gelombang S yang diperoleh dengan bantuan persamaan empiris. Untuk 4 profil yang ditentukan di daerah penelitian, bagian profil digambar menggunakan Bouguer peta dan model gravitasi dari profil ini disiapkan. Model gravitasi yang diperoleh adalah ditafsirkan dengan mempertimbangkan

bagian Kecepatan Gelombang S 1D dan geologi wilayah dikombinasi, dan fitur stratigrafi Dataran Menemen ditentukan dalam 2D. Di dalam penelitian ini, hasil yang diperoleh menggunakan metode mikrotremor dan gayaberat mikro dan efisiensi model yang diperoleh dari hasil ini diselidiki di seluruh Dataran Menemen di Wilayah Anatolia Barat berdasarkan data lubang bor terbatas yang tersedia. Akhirnya, mungkin Respon tanah selama skenario gempa dihitung berdasarkan gempa di Akhisar/Manisa/Turki pada 18.02.2020 pukul 16:09:22 (GMT), $M_w = 5.2$, 39.10600N-27.87470 E, untuk titik tengah dari 4 profil yang dimodelkan.

9. Active and passive seismic methods to explore areas of active faulting. The case of Lamezia Terme (Calabria, southern Italy), Tahun 2021 oleh Michele Punzo, Dkk.

Makalah ini menyajikan hasil penyelidikan geofisika yang bertujuan untuk menggambarkan arsitektur perairan dangkal cakrawala stratigrafi di daerah yang diyakini dilintasi oleh sesar arus trascurrent berarah NW-SE yang disebut Patahan Lamezia Terme-Catanzaro. Terlepas dari informasi yang tersedia tentang segmen patahan dan aktivitas tektonik yang terkait dengan patahan, karakteristik patahan skala lokal saat ini kurang diketahui dan perpindahan permukaan sulit untuk dideteksi di daerah yang padat penduduknya. Geofisika terintegrasi tradisional Metode eksplorasi diusulkan sebagai solusi yang efektif untuk membantu lokasi struktur di bawah permukaan di mana

bukti geologis dan morfologis permukaan tidak meyakinkan dalam hal menentukan lokasi dan potensi sumber seismogenik lokal, yang bertanggung jawab atas bencana gempa bumi berulang. Dua profil refleksi/refraksi seismik Resolusi Tinggi (HR) aktif diperoleh dengan menggunakan susunan geofon vertikal dengan Swept Impact Seismic Source (VibSist-500) untuk mendapatkan pencitraan seismik di bawah permukaan penelitian daerah. Selain itu, Metode Array Microtremor pasif (MAM), sumur dalam dan profil seismik komersial

digunakan untuk membatasi tren geologi seismorata yang lebih dalam. Interpretasi terintegrasi dari data geofisika dan geologis memungkinkan untuk menyimpulkan gambar bawah permukaan dari area yang diselidiki yang mengidentifikasi kedalaman batuan dasar seismik dan mengkarakterisasi morfologi yang terkubur, meningkatkan kelurusan dengan kemungkinan relevansi dengan kesalahan. Diskontinuitas di cakrawala utama di bagian seismik menunjukkan bahwa sesar hadir di Satuan Pliosen dan dapat meluas ke bawah permukaan dangkal pada sedimen Kuartir. Hasil penelitian ini bisa memberikan dasar untuk pencegahan gempa dan pekerjaan konstruksi dan menunjukkan penerapan seismic metode untuk mengeksplorasi sesar tersembunyi yang terkubur dalam perspektif aplikasi pada studi stratigrafi fisik endapan syn-tektonik.

10. **Passive seismic tomography for rockburst risk identification based on adaptive-grid method, Tahun 2019 oleh Si-yuan Gong, Dkk.**

Tomografi kecepatan seismik pasif adalah alat yang menjanjikan untuk digunakan dalam mengevaluasi risiko ledakan batu selama di bawah tanah penambangan batubara, bagaimanapun, metode gridding model tradisional akan menyebabkan peningkatan waktu inversi dan penurunan akurasi inversi karena ketidaksesuaian antara distribusi data seismik dan grid yang dipilih. Kita mengembangkan metode adaptif-grid untuk mengoptimalkan masalah yang ada. Dalam metode grid yang diusulkan ini, meshmode lebih padat di dalam area konsentrasi getaran, sedangkan model grid jarang dibagi di luardaerah konsentrasi. Peristiwa seismik yang direkam dari tambang batubara Jisan, Provinsi Shandong, Cina, digunakan untuk menetapkan model inversi dan melakukan tomografi seismik dengan gridding adaptif, dan hasil inversi juga dibandingkan dengan yang dari tomografi grid tradisional. Dibandingkan dengan grid tradisional, blok model yang diusulkan menurun dari 76.680 menjadi 7163 (sebesar 90,66%), dan waktu inversi yang sesuai berkurang dari 23,88 jam menjadi 2,25 jam (sebesar 90,58%). Area risiko ledakan batu di mana kecepatan berkisar dari 5 km/s hingga 6 km/s dalam panel kerja LW5302 dapat ditentukan dengan tomografi grid tradisional dan adaptif. Ada yang bagus kesepakatan antara distribusi getaran energi tinggi pada periode penambangan berikutnya dan daerah berkecepatan tinggi yang diperoleh dari tomografi grid adaptif, menunjukkan bahwa hasilnya akurat. Singkatnya, penerapan skema mesh adaptif dapat secara

signifikan meningkatkan efisiensi inversi dengan mengurangi nomor voxel tanpa mengorbankan akurasi inversi.

11. A new passive seismic method based on seismic interferometry and multichannel analysis of surface waves, Tahun 2015 oleh Feng Cheng, Dkk.

Kami mengusulkan metode seismik pasif (PSM) baru berdasarkan interferometri seismik dan analisis multisaluran dari gelombang permukaan (MASW) untuk memenuhi permintaan untuk meningkatkan kedalaman penyelidikan dengan memperoleh data gelombang permukaan direntang frekuensi rendah ($1 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ Hz}$). Kami menggunakan interferometri seismik untuk mengurutkan sumber virtual umum mengumpulkan (CVSGs) dari kebisingan sekitar dan menganalisis CVSG yang diperoleh untuk membangun kecepatan gelombang geser 2D (V_s) peta menggunakan MASW. Prosedur pemrosesan kebisingan ambien standar diterapkan pada perhitungan korelasi silang. Untuk meningkatkan rasio sinyal terhadap noise (SNR) dari fungsi Green empiris, pembobotan baru metode stacking diterapkan. Selain itu, kami mengusulkan mode bidikan dua arah berdasarkan virtual metode sumber untuk mengurutkan CVSG berulang kali. PSM diterapkan pada dua contoh data lapangan. Untuk ujian bersama Tanggul Sungai Han, hasil PSM dibandingkan dengan perbaikan MASW pasif pinggir jalan dan metode spasial autokorelasi (SPAC). Untuk pengujian di Cekungan Junggar Barat, PSM diterapkan

pada survei linier sepanjang 70 kmarray dengan sumber kebisingan perkotaan terarah yang menonjol dan profil Vs sepanjang 60 km dengan kedalaman 1,5 km adalahdipetakan. Selanjutnya, perbandingan tentang pengukuran dispersi dibuat antara PSM dan frekuensi-teknik analisis waktu (FTAN) untuk menilai keakuratan PSM.Contoh dan perbandingan ini menunjukkanbahwa metode baru ini efisien, fleksibel, dan mampu mempelajari struktur kecepatan dekat permukaan berdasarkan seismic kebisingan sekitar.

12. *Two-dimensional nonlinear energy sink for effective passive seismic mitigation*, Tahun 2021 oleh Adnan S. Saeed, Dkk.

Struktur dan mesin sering terkena getaran tiba-tiba dengan amplitudo tinggi yang mungkin menyebabkan kegagalan struktural lokal atau diperpanjang. Ini membutuhkan metodologi yang efektif dan andaluntuk mitigasi getaran, salah satunya adalah penggunaan getaran dinamis linier atau nonlinier peredam.Studi saat ini di bidang ini berfokus terutama pada getaran satu arahperedam, sehingga membatasi penerapannya dalam aplikasi praktis di mana eksitasiditerapkan di pesawat. Misalnya, struktur kehidupan nyata mengalami banyakeksitasi seismik multi-arrah, jadi perangkat satu arah untuk mengurangi efek tersebutakan memiliki efektivitas yang terbatas. Oleh karena itu, dalam karya ini kami mengusulkan dua dimensi penyerap pasif nonlinier, yang kami sebut penyerap energi nonlinier dua dimensi (2DNES), dan selidiki kemanjurannya untuk secara kuat menekan

eksitasi seismik dalam arah yang berubah-ubah di pesawat. Pertama, proses optimasi numerik diformulasikan untuk mengoptimalkan 2D-NES untuk eksitasi seismik Kobe yang sangat parah melalui serangkaian pengukuran kuantitatif langkah-langkah yang terkait dengan respon seismik dari struktur primer. Kemudian, kekokohannya adalah dikonfirmasi dengan menerapkan dua gempa bersejarah tambahan dengan frekuensi yang berbeda dan kandungan energi. Hasilnya menunjukkan bahwa 2D-NES yang dioptimalkan mampu secara efektif dan cepat menekan eksitasi multi arah seismik. Karya ini merupakan salah satu studi pertama peredam getaran nonlinier 2D yang mampu melakukan mitigasi pasif yang kuat beban gempa yang diterapkan dalam arah planar sewenang-wenang. Desain ini bisa cocok untuk luas aplikasi mulai dari skala nano/mikro hingga makro.

D. Kerangka Konseptual

Input

- a. Data primer
 1. Kordinat X,Y, Z Titik Pengukuran (Seismic)
 2. Data Amplifikasi dan frekuensi
 3. Data Vs30
 4. *Noise* Pengukuran
- b. Data Sekunder
 1. Peta Geologi daerah
 2. Tabel Stratigrafi daerah penelitian
 3. Tabel Stratigrafi Daerah
 4. Data Geolistrik

Proses

1. Pemasangan alat dititik lokasi penelitisn
2. Mendapatkan data mikrotemor yang terekam selama pemasangan alat
3. Mengolah data mikrotemor menggunakan software Geopsy untuk mendapatkan nilai Amplifikasi dan frekuensi
4. Pembuatan peta A0, F0, T0, dan Indeks kerentanan seismik menggunakan software Arcgish
5. Mengklasifikasikan jenis Tanah dan batuan dari pengukuran mikrotemor dan dari nilai Vs30
6. Melakukan pengolahan data Geolistrik menggunakan Software res2dinv dan menentukan nilai Tahanan jenis serta jenis tanah dan litologi batuan.
7. Mengidentifikasi hubungan dari pengukuran geolistrik dan seismik.

Output

Peta dan Model Sebaran Indikasi Rongga menggunakan pengukuran Geolistrik Tahanan jenis dan Seismik pasif di Pit 15.15 PT. Semen padang

BAB V

PENUTUP

a. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai mikrozonasi indeks kerentanan seismik di kawasan lahan tambang PT. Semen Padang yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai frekuensi dominan di lahan tambang PT. Semen Padang adalah 2,19052Hz – 14,0039 Hz, nilai amplifikasi di kawasan lahan tambang PT. Semen Padang adalah 1,61382– 12,4589, Nilai Periode dominan di kawasan lahan tambang PT. Semen Padang adalah 0,071408679-0,456512609 Dan Nilai indeks kerentanan seismik (K_g) di kawasan lahan tambang PT. Semen Padang $0,322245235 \times 10^{-6} s^2/cm - 12,28768567 \times 10^{-6} s^2/cm$ dengan kategori rendah sampai dengan tinggi.
2. Nilai Resistivitas batuan yang ada pada daerah pengukuran berdasarkan pada lintasan 1 sebesar 0,16-120232 Ωm , Lintasan 2 sebesar 124-37599 Ωm , Lintasan 3 Sebesar 6,29-1108600 Ωm , dan Lintasan 4 Sebesar 399-752245 Ωm .
3. Sebaran zonasi rongga dari kombinasi kedua metode geofisika dapat dilihat dari Hubungan beberapa parameter Seismik pasif Dengan Nilai Tahanan jenis dari Tiap lintasan yang telah dibahas sebelumnya. Korelasi dari Tiap Lintasan geolistrik dengan Titik Pengukuran Seismik didapatkan bahwa daerah indikasi rongga terletak pada titik SP 1, SP 2, SP 3, Sp 5, Sp 13, SP 14, SP 15.

b. Saran

1. Dalam melakukan penelitian yang selanjutnya atau akan menggunakan judul yang sama diharapkan agar untuk pengambilan dan pengukuran datanya di Daerah yang tidak banyak noise dengan jarak interval yang sama
2. Bagi perusahaan diharapkan agar berhati- hati pada titik yang dianggap rentan pada pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- SESAME. (2004). *Guidelines For The Implementation Of The H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations*. Europe: SESAME European research project
- Nakamura, Y. 1989. *A Methode For Dynamic Characteristics Estimation OfSubsurface Using Microtremor On The Ground Surface*. Jurnal, Railway Technical Research Institute
- Nakamura, Y. 2000. *Clear Identification Of Fundamental Idea Of Nakamura'sTechnique And Its Applications*. Japan: System and data research
- Santoso,djoko. (2000). *Pengantar teknik geofisika*. Bandung: ITB
- Rosyidi, Sri atmaja P. (2013). *Metode Analisis Gelombang Permukaan Untuk Penyelidikan Sub-Permukaan*. Yogyakarta: UMY
- Kearey,P., Michael Brooks., Ian Hill. (2013). *An Introduction to Geophysical Exploration*. English: Wiley-Blackwell
- Linda,F., Piter lepong., dan Djayus. (2019). *Interpretasi Kecepatan Gelombang Seismik Refraksi Tomografi Dalam Penentuan Litologi Bawah Permukaan Di Desa Bhuana Jaya (Studi Kasus : Pt. Khotai Makmur Insan Abadi*. Jurnal Geosains: Universitas Mulawarman