

# Identifikasi Litologi Lapisan Sedimen Pada Daerah Karst Pacitan Menggunakan Metode Mikrotremor HVSR

Paul Chemistra, Widya Utama, dan Ayi Syaeful B

Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh

Nopember (ITS)

*e-mail:* syaeful\_b@geofisika.its.ac.id

**Abstrak**—Kabupaten Pacitan merupakan bagian kecil dari Kawasan Karst Gunung Sewu yang membentang dari Pacitan Barat – Pacitan Timur. Karst merupakan daerah yang terbentuk oleh pelarutan batu gamping. Pada penelitian ini digunakan metode mikrotremor HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) untuk mengidentifikasi lapisan sedimen berdasarkan frekuensi resonansi dominan ( $f_0$ ) dan nilai puncak dari HVSR (A) yang menunjukkan frekuensi resonansi dominan ( $f_0$ ) dan nilai puncak dari HVSR (A) yang menunjukkan karakteristik sedimen. Berdasarkan analisis kurva HVSR, zona I memiliki ketebalan lapisan sedimen 10-12,5 m dengan rentang  $f_0$  3,05 – 5,45 Hz dan zona II memiliki ketebalan 3,7 – 4,8 m dengan rentang  $f_0$  10,4 – 13,25 Hz.

**Kata Kunci**— Karst, Sedimen, Mikrotremor HVSR, Pacitan

## I. PENDAHULUAN

KARST adalah suatu bentang alam yang khas dari muka Bumi maupun bawah permukaan, yang terutama dibentuk oleh pelarutan dan pengendapan batuan karbonat oleh aliran air tanah. Secara geomorfologi daerah karst dapat dicirikan oleh adanya goa atau luweng serta cekungan tertutup dan lembah kering dalam berbagai ukuran bentuk [1].

Pacitan merupakan kawasan karst Pegunungan Selatan termasuk ke dalam formasi Wonosari yang dominan merupakan batu gamping. Namun belum diketahui litologi lapisan sedimen atau ketebalan sedimen pada daerah tersebut sehingga perlu diidentifikasi sehingga nantinya dapat digunakan sebagai informasi karakteristik geologi daerah Pacitan [1].

Oleh karena itu, digunakan metode mikrotremor HVSR yang diukur ketebalan lapisan sedimennya berdasarkan nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) dimana parameter nilai  $f_0$  dimasukkan ke dalam persamaan  $f_0$  untuk mendapatkan ketebalan lapisan sedimen pada wilayah penelitian [2].

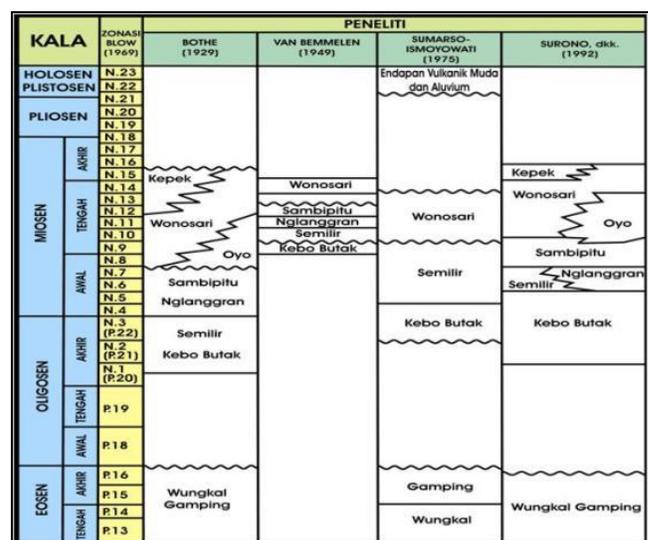
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Daerah Penelitian

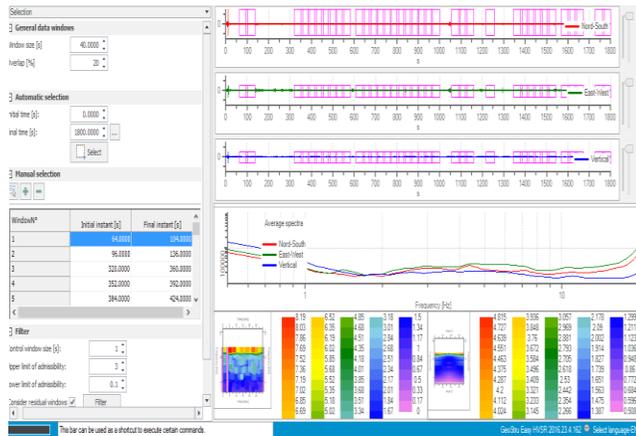
Zona Pegunungan Selatan terbagi menjadi tiga subzona, yaitu subzona Baturagung, subzona Wonosari dan subzona Gunung Sewu. Subzona Wonosari merupakan dataran tinggi (±

190 m) yang terletak di bagian tengah zona Pegunungan Selatan, yaitu di daerah Wonosari dan sekitarnya. Dataran ini dibatasi oleh subzona Baturagung di sebelah barat dan utara, sedangkan di sebelah selatan dan timur berbatasan dengan subzona Gunung Sewu. Aliran sungai utama di daerah ini adalah Kali Oyo yang mengalir ke barat dan menyatu dengan Kali Opak. Endapan permukaan di daerah ini adalah lempung hitam dan endapan danau purba, sedangkan batuan dasarnya adalah batu gamping. Subzona Gunung Sewu merupakan perbukitan dengan bentang alam karst, yaitu bentang alam dengan bukit-bukit batu gamping yang membentuk banyak kerucut dengan ketinggian beberapa puluh meter. Bentang alam karst ini membentang dari pantai Parangtritis di bagian barat hingga Pacitan di sebelah timur. [3]

Pacitan yang termasuk ke dalam formasi Wonosari membentuk morfologi karst, terdiri dari batugamping terumbu, batugamping bioklastik berlapis dan napal. Satuan batuan ini merupakan endapan karbonat paparan (carbonate platform) pada Miosen Tengah hingga Miosen Akhir. Formasi ini oleh dijadikan satu dengan Formasi Punung yang terletak di Pegunungan Selatan bagian timur karena di lapangan keduanya sulit untuk dipisahkan, sehingga namanya Formasi Wonosari-Punung. Ketebalan formasi ini diduga lebih dari 800 meter [3].



Gambar 1. Tatanan Stratigrafi Pegunungan Selatan [4]



Gambar 2. Pengolahan data mikrotremor HVSAR.

Kedudukan stratigrafinya di bagian bawah menjemari dengan Formasi Oyo, sedangkan di bagian atas menjemari dengan Formasi Kepek. Formasi ini didominasi oleh batuan karbonat yang terdiri dari batugamping berlapis dan batugamping terumbu. Lingkungan pengendapannya adalah laut dangkal (zona neritik) yang mendangkal ke arah selatan [4].

**B. Gelombang Mikrotremor**

Gelombang mikrotremor merupakan aktivitas gelombang seismik yang berukuran kecil seperti dalam gempa tetapi belum tentu dapat dirasakan. Mikrotremor merupakan salah satu metode seismik pasif untuk merekam getaran yang dihasilkan oleh bumi seperti aktivitas vulkanik, gelombang, kondisi regional meteorologi, aktivitas manusia dan sebagainya [5]. Gelombang mikrotremor dapat dipakai untuk mengetahui jenis tanah (*top soil*) berdasarkan tingkat kekerasannya. Semakin kecil periode dominan tanah maka tingkat kekerasan tanah akan semakin besar, begitu pula sebaliknya apabila periode dominan tanah semakin besar maka tanah tersebut semakin lunak. Survei mikrotremor dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pendekatan pertama adalah perekaman dilakukan secara simultan pada dua atau lebih lokasi. Salah satu tempat perekaman harus dilakukan di daerah batuan keras (*bedrock*) sehingga tidak menunjukkan adanya penguatan frekuensi akibat gerakan tanah. Rasio spektrum yang didapatkan pada tempat lain akan dibandingkan dengan yang terekam pada *bedrock* sehingga akan didapatkan respon *site* terhadap mikrotremor [5].

Pendekatan kedua diperkenalkan oleh Nakamura pada tahun 1989 bersamaan dengan metode analisisnya. Nakamura menemukan bahwa rasio spektrum horizontal dan vertikal dari mikrotremor meningkat pada frekuensi resonansi dan akan menunjukkan puncak pada frekuensi tersebut. Nakamura mengasumsikan bahwa H/V merefleksikan tingkat amplifikasi dari gerakan tanah. Dengan metode ini pengukuran tidak perlu dilakukan dengan syarat adanya batuan keras (*bedrock*).

**C. Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSAR)**

Metode HVSAR ini merupakan salah satu metode yang biasanya digunakan pada mikrotremor tiga komponen untuk mengidentifikasi kedalaman *bedrock*. Selain itu, metode ini dapat digunakan untuk mengetahui frekuensi resonansi

dominan ( $f_0$ ) dan nilai puncak dari HVSAR (A) yang menunjukkan karakteristik dinamis sedimen. Bila diketahui keduanya, maka dapat diketahui indeks kerentanan seismik dalam kg. Parameter yang digunakan dalam metode HVSAR ini adalah amplifikasi dan frekuensi natural, dimana kedua hal ini berhubungan dengan parameter fisis bawah permukaan guna mengetahui karakteristik daerah penelitian secara geologi [6].

Metode ini dikenalkan oleh ilmuwan Nakamura pada tahun 1989 dengan prinsip menghitung rasio spektrum antara komponen total resultan horizontal terhadap vertikal [6]. Persamaan metode HVSAR ini adalah sebagai berikut:

$$R(f) = \frac{\sqrt{Hew^2(f) - Hns^2(f)}}{Vud(f)} \tag{1}$$

dimana R(f) merupakan spektrum rasio HVSAR, Hew (f) merupakan spektrum komponen horizontal E-W (Barat–Timur), Hns (f) merupakan komponen horizontal N-S (Utara–Selatan) dan Vud (f) merupakan spektrum komponen vertikal. Sedangkan untuk mencari ketebalan lapisan sedimen (H) digunakan persamaan:

$$f_0 = \frac{v_s}{4H} \tag{2}$$

Dimana:

$f_0$  = Frekuensi Dominan (Hz)

$V_s$  = Cepat rambat gelombang pada lapisan sedimen (m/s)

H = Ketebalan lapisan sedimen (m)

**III. METODOLOGI PENELITIAN**

**A. Data**

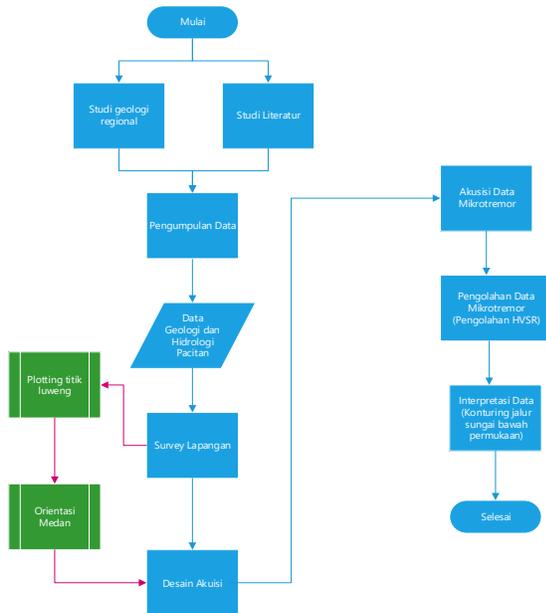
Data-data yang digunakan dalam penelitian yakni, data mikrotremor yang diukur pada 12 titik selama 30 menit setiap satu titik.

Tabel 1.  
Titik Pengambilan Data Mikrotremor

Nama Titik	Koordinat		Z (m)	Format Data
	Easting	Northing		
TA1	498230	9100525	337	.sg2
TA3	498203	9100307	365	.sg2
TA4	498104	9100279	346	.sg2
TA5	498002	9100232	354	.sg2
TA7	497850	9100275	333	.sg2
TA8	497789	9100382	323	.sg2
TA9	497905	9100426	328	.sg2
TA10	497998	9100541	335	.sg2
TA11	497983	9100315	340	.sg2
TA12	498090	9100363	342	.sg2
TA13	498175	9100388	331	.sg2
KALIBRASI	498144	9100409	335	.sg2

**B. Diagram Alir**

Penelitian ini dilakukan sesuai dengan alur penelitian seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data frekuensi dominan ( $f_0$ ) yang telah didapatkan dari hasil pengolahan kemudian direkapitulasi ke dalam Microsoft Excel 2016 seperti tabel 2. untuk dilihat tabel nilai frekuensi dari tiap titik dimana terdapat nama titik, koordinat, dan nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ). Untuk mengidentifikasi ketebalan lapisan sedimen dari tiap titik pengukuran, digunakan persamaan (2) dengan memasukkan nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) tiap titik dan pada parameter nilai  $V_s$  digunakan nilai 200 m/s berdasarkan data USGS. Ketebalan lapisan sedimen pada setiap titik:

Tabel 2. Hasil Analisa Nilai  $f_0$

Nama Titik	Koordinat		Frekuensi Dominan (Hz)	Ketebalan Sedimen (m)
	Easting	Northing		
TA1	498230	9100525	3,05	16,39
TA3	498203	9100307	3,5	14,29
TA4	498104	9100279	13,25	3,77
TA5	498002	9100232	10,4	4,80
TA7	497850	9100275	5,45	9,17
TA8	497789	9100382	3,8	13,16
TA9	497905	9100426	3,95	12,67
TA10	497998	9100541	4,4	11,36
TA11	497983	9100315	3,65	13,70
TA12	498090	9100363	10,55	4,74
TA13	498175	9100388	3,35	14,93
KALIBRASI	498144	9100409	11,3	4,42

Kemudian data dapat dianalisis dengan melakukan *overlay* peta kontur nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) tiap titik dengan peta akuisisi yang berada pada Google Earth sehingga dapat diketahui persebaran nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) berdasarkan kondisi lapangan atau lokasi pengukuran.

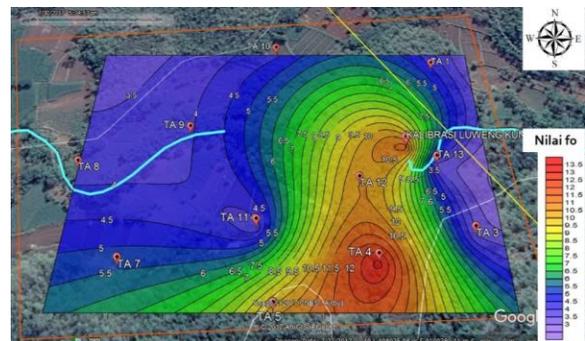


Gambar 4. Zonasi berdasarkan nilai  $f_0$

Berdasarkan hasil overlay peta kontur dengan peta akuisisi di Google Earth, terdapat dua zona karakter nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) berdasarkan lokasinya. Zona I merupakan zona dimana karakter nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) bernilai rendah dengan rentang nilai 3,05 – 5,45 Hz yang terletak di pinggir jalan dan juga pinggiran sungai. Sedangkan zona II merupakan zona dimana karakter nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) bernilai tinggi dengan rentang nilai 10,4 – 13,25 Hz yang terletak di bukit. Hal ini mengindikasikan bahwa pada zona I sedimen yang terbentuk lebih tebal dibandingkan zona II karena jarak antara sedimen atas dengan bedrock lebih jauh yang menyebabkan frekuensi lebih rendah atau dengan kata lain bahwa pada zona I lapisan lunaknya lebih tebal dibandingkan zona II. Faktor sedimen yang lebih tebal pada pinggiran sungai ini selain disebabkan oleh pelapukan batuan itu sendiri yaitu pelapukan batuan gamping juga disebabkan oleh adanya sedimentasi yang dipengaruhi oleh sungai. Sedangkan pada zona II sedimen yang terbentuk hanya merupakan pelapukan dari batu gamping itu sendiri.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan analisis kurva HVSR, pada wilayah penelitian terdapat dua zona karakter nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) berdasarkan lokasi pengukuran yaitu zona I bernilai rendah dengan rentang  $f_0$  3,05 – 5,45 Hz yang terletak di daerah aliran sungai serta pinggir jalan dan zona II bernilai tinggi dengan rentang  $f_0$  10,4 – 13,25 Hz yang terletak di bukit. Tinggi rendahnya nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) mempengaruhi secara langsung oleh ketebalan sedimen atau lapisan lunak di titik pengukuran dimana pada zona I lapisan sedimen lebih tebal dengan nilai 10 -12,5 m dibandingkan zona II dengan nilai ketebalan 3,7 -4,8 m.



Gambar 5. Konturing nilai  $f_0$  menggunakan Surfer11

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Ford and P. Williams, *Karst Geomorphology and Hydrology*. London: Chapman & Hall, 1992.
- [2] N. Sitorus, S. Purwanto, and W. Utama, "Analisis Nilai Frekuensi Natural dan Amplifikasi Desa Olak Alen Blitar Menggunakan Metode Mikrotremor HVSR," *Geosaintek*, vol. 3, pp. 89–92, 2017.
- [3] ESDM, "Kepmen ESDM No 3045 K/40/MEM/2014 Penetapan Kawasan Bentang Alam Karst Gunung Sewu," 2014.
- [4] K. Nurhanafi, N. . Wibowo, and Y. Sumardi, "Karakteristik Mikrotremor di Permukaan Sungai Bawah Tanah Bribin, Kawasan Karst Gunung Sewu, Berdasarkan Analisis Spektrum, Analisis Kurva Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR), dan Time Frequency Analysis (TFA)," *Jurdik Fis. FMIPA UNY*, 2016.
- [5] Y. Nakamura, "A Method For Dynamic Characteristics Estimation Of Subsurface Using Microtremor On The Ground Surface," Tokyo, 1989.
- [6] Y. Nakamura, "On the H/V Spectrum," in *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*, 2008.