

# Estimasi Kedalaman Batuan Dasar di Kampung Yabaso Kabupaten Jayapura Menggunakan Metode *Vertical Electrical Sounding* Konfigurasi Schlumberger dan Metode HVSr

Andy Amus Saul Asmuruf<sup>1</sup>, Netty Y. Baru<sup>2</sup>, Zakaria Victor Kareth\*<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Cenderawasih

<sup>2</sup>Stasiun Geofisika Kelas I Jayapura

Email: [zvkareth@gmail.com](mailto:zvkareth@gmail.com)

## ABSTRACT

Research on the estimation of bedrock depth in Yabaso village, Jayapura district using the Schlumberger configuration Vertical Electrical Sounding (VES) method and the HVSr method has been carried out. The total observation points are three points where VES is one point and HVSr are two observation points. VES measurements used a set of resistivity meter model AK HV 500 with a maximum spread length of the current electrode is 100 m. HVSr measurements use a portable seismograph set and the measurement time for ambient seismic waves is 60 minutes. VES and HVSr data processing respectively using IPI2Win and Geopsy software. The model parameters resulting from the inversion of the VES data show that there are nine layers with a resistivity range between 18 – 25,260  $\Omega m$ . Layer 1 is a heap of sandy gravel with a resistivity value of 92  $\Omega m$ . Layers 2 to 7 are part of alluvium formations and coastal deposits (Qa) with resistivity values of 18 – 264  $\Omega m$ . While layers 8 and 9 are fragments of weathered ultramafic rock (um) and compact and dry ultramafic rock respectively. The source rock (bedrock) is layer 9 which is at a depth of 42 m. The results of HVSr data processing show that the natural frequencies at the two observation points are very small (<2.5 Hz), namely 0.85 Hz and 0.83 Hz. According to Kanai's classification, this frequency value is type I, class IV, namely alluvial rock. The depths of source rock based on the HVSr method at measurement points 1 and 2 are 43 m and 44 m, respectively. There is agreement in the estimation of the depth of the source rock obtained from the VES and HVSr methods even though the two methods utilize two different physical parameters.

**Keywords:** HVSr; VES configuration Schlumberger; Resistivity; Jayapura

## ABSTRAK

Penelitian tentang estimasi kedalaman batuan dasar (bedrock) di kampung Yabaso kabupaten Jayapura menggunakan metode Vertical Electrical Sounding (VES) konfigurasi Schlumberger dan metode HVSr telah dilakukan. Total titik observasi adalah tiga titik dimana VES sebanyak satu titik dan HVSr sebanyak dua titik observasi. Pengukuran VES menggunakan set resistivity meter model AK HV 500 dengan panjang bentangan maksimum elektroda arus adalah 100 m. pengukuran HVSr menggunakan set portable seismograph dan lama pengukuran gelombang seismic ambient adalah 60 menit. Pengolahan data VES dan HVSr masing-masing menggunakan software IPI2Win dan Geopsy. Parameter model hasil inversi data VES menunjukkan terdapat Sembilan lapisan dengan rentang resistivitas antara 18 – 25.260  $\Omega m$ . Lapisan 1 merupakan tanah timbunan berupa pasir kerikil dengan nilai resistivitas 92  $\Omega m$ . Lapisan 2 hingga lapisan 7 merupakan bagian dari formasi alluvium dan endapan pantai (Qa) dengan nilai resistivitas 18 – 264  $\Omega m$ . Sedangkan lapisan 8 dan 9 masing-masing merupakan fragmen-fragmen lapukan batuan ultramafic (um) dan batuan ultramafic yang kompak dan kering. Batuan dasar (bedrock) merupakan lapisan 9 yang berada pada kedalaman 42 m. Hasil pengolahan data HVSr menunjukkan frekuensi natural pada dua titik observasi sangat kecil (< 2,5 Hz) yaitu 0,85 Hz dan 0,83 Hz. Nilai frekuensi tersebut menurut klasifikasi Kanai merupakan tipe I jenis IV yaitu batuan alluvial. Kedalaman batuan dasar berdasarkan metode HVSr pada titik pengukuran 1 dan 2 masing-masing adalah 43 m dan 44 m. terdapat kesesuaian estimasi kedalaman batuan dasar yang diperoleh dari metode VES dan HVSr meskipun kedua metode tersebut memanfaatkan dua parameter fisika yang berbeda.

**Kata Kunci:** HVSr; VES Konfigurasi Schlumberger; Resistivitas; Jayapura

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



## 1. Pendahuluan

Batuan dasar (*bedrock*) merupakan batuan yang kompak, padat dan keras yang memiliki berbagai peran penting bagi manusia. Salah satu peran tersebut adalah

dalam bidang konstruksi. Sebagai lapisan batuan kokoh yang mendasari tanah dan material lepas lainnya, batuan dasar memainkan peran penting dalam mendukung struktur bangunan di atasnya, menjadikannya komponen

infrastruktur yang sangat diperlukan. Daya tahan dan stabilitasnya menjadikannya ideal untuk membangun fondasi gedung, jembatan dan dermaga.

Metode geofisika permukaan dapat digunakan untuk menganalisa kedalaman batuan dasar. Metode geofisika permukaan memiliki beberapa keunggulan dibanding metode konvensional dalam penentuan kedalaman batuan dasar yaitu harga yang relative murah dan pengambilan data yang relative mudah. Metode *Vertical Electrical Sounding* (VES) konfigurasi Schlumberger dan Metode *Horizontal to Vertical Spectrum Ratio* (HVSr) merupakan metode geofisika permukaan yang telah banyak digunakan dalam menganalisa kedalaman batuan dasar [1]-[4].

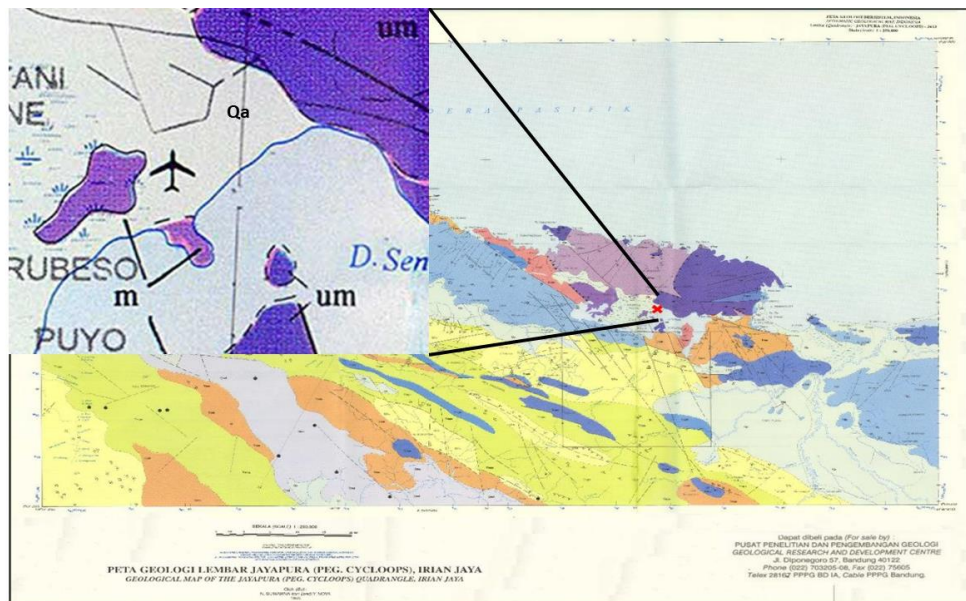
Metode VES konfigurasi Schlumberger menggunakan arus listrik yang diinjeksi ke bawah permukaan melalui pasangan elektroda arus serta mengukur respon bumi berupa beda potensial yang diukur melalui pasangan elektroda potensial. Nilai resistivitas semu, yang diperoleh dari arus injeksi, respon beda potensial dan konfigurasi geometri elektroda, dapat membedakan batuan dasar dari material lepas yang lunak berdasarkan sifat fisiknya. Batuan dasar yang padat dan kompak memiliki resistivitas yang lebih tinggi dibanding material lepas yang lunak [5]-[7].

Prinsip metode HVSR adalah mengukur getaran seismic ambient yang diinduksikan oleh aktivitas manusia, angin, lalu lintas kendaraan, gelombang laut dan sumber lainnya dan menghasilkan frekuensi resonant lapisan lapuk pada suatu titik pengukuran [8]. Puncak-puncak frekuensi-frekuensi tersebut berkaitan dengan kecepatan gelombang geser (shear wave)  $V_s$  pada lapisan lapuk dan ketebalan lapisan tersebut [1].

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kedalaman batuan dasar menggunakan metode VES konfigurasi Schlumberger dan Metode HVSR.

## 2. Metode Penelitian

Secara geologi regional, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 1**, kampung Yabaso berdiri di atas formasi batuan alluvial dan endapan pantai (Qa) yang berupa kerakal, kerikil, pasir, lanau dan lumpur di lingkungan rawa dan pantai. Formasi ini berumur kala Holosen. Formasi alluvial dan endapan pantai ini berkontak dengan batuan ultramafic (um) di bagian utara dan timur. Sedangkan di bagian barat dan selatan, formasi Qa berkontak dengan batuan mafik (m). Selain itu, danau sentani berada di bagian selatan dari kampung Yabaso.



**Gambar 1.** Peta geologi regional lembar Jayapura (Suwarna dan Noya, 1995)

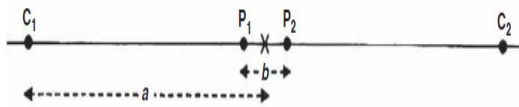
Data yang digunakan pada penelitian ini data primer dan prosedur penelitian metode VES konfigurasi Schlumberger dan HVSR tersebut akan dijelaskan pada paragraph berikut ini.

Untuk metode VES konfigurasi Schlumberger, data lapangan berupa kuat arus dan potensial listrik serta konfigurasi geometri elektroda-elektroda diperoleh menggunakan resistivity meter modek AK HV 500. Nilai-nilai data lapangan tersebut digunakan untuk menghitung nilai resistivitas semu  $\rho_a$  menggunakan persamaan-persamaan berikut [9].

$$\rho_a = K \frac{V}{I} \quad (1)$$

$$K = \pi \frac{a^2}{b} \left( 1 - \frac{b^2}{4a^2} \right) ; a \geq 5b \quad (2)$$

dimana  $K$ ,  $V$ ,  $I$ ,  $a$  dan  $b$  masing-masing adalah factor geometri, potensial listrik, arus listrik, spasi elektroda arus dan spasi elektroda potensial sebagaimana diilustrasikan di **Gambar 2**. Tahapan selanjutnya adalah pemodelan inversi menggunakan software IPI2Win untuk memperoleh parameter model resistivitas berupa nilai resistivitas dan kedalaman atau ketebalan tiap lapisan. Selanjutnya, parameter hasil inversi akan digunakan dalam interpretasi menggunakan informasi geologi.



**Gambar 2.** Metode VES konfigurasi elektroda Schlumberger,  $a$  adalah jarak elektroda arus terhadap titik *sounding*, sedangkan  $b$  adalah spasi antar elektroda potensial [9].

Untuk metode HVSRR, Penelitian ini menggunakan set peralatan *portable seismograph* yang merekam tiga komponen data yaitu arah vertical, utara-selatan dan timur-barat pada tiga titik pengukuran yang koordinatnya diberikan pada **Tabel 1**. Tahapan penelitian metode HVSRR adalah data tiga komponen getaran *ambient* yang telah didapat, diolah menggunakan piranti lunak Geopsy. Langkah-langkah pengolahan data yang dilakukan adalah untuk mengeliminasi *noise* dan memperoleh sinyal yang baik kualitasnya. Selanjutnya adalah analisis kurva HVSRR untuk memperoleh nilai puncak frekuensi

**Tabel 2** menyajikan parameter model hasil inversi beserta interpretasi geologi berdasarkan data lapangan dan peta geologi regional.

natural  $f_0$  dan nilai amplifikasi  $A_0$  [10]. Nilai ketebalan lapisan lapuk  $H_0$  ditentukan menggunakan persamaan berikut [2].

$$H = \frac{V_s T_0}{4}$$

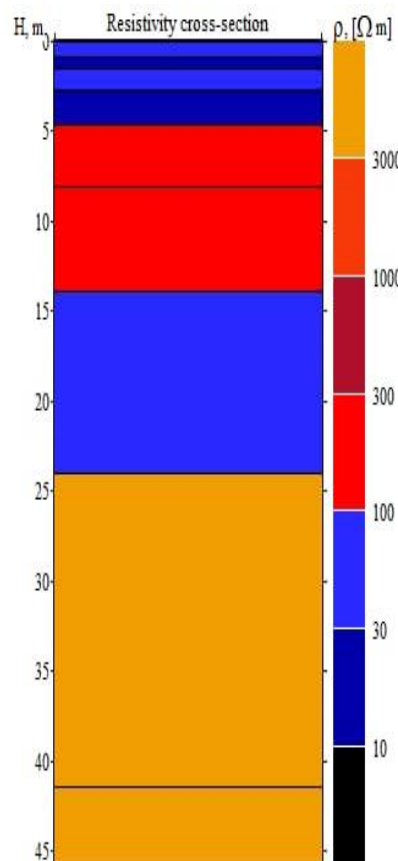
dimana  $V_s$  dan  $T_0$  masing-masing adalah kecepatan gelombang geser dan periode yang berkaitan dengan frekuensi dominan. Nilai  $V_s$  pada penelitian ini diperoleh dari data satelit yang didapat dari *website* USGS [11].

**Tabel 1.** Koordinat titik pengukuran metode VES dan HVSRR.

Titik	Lintang	Bujur
VES	2°35'03.60" S	140°32'23.00E
HVSRR 1	2°35'03.60" S	140°32'23.00E
HVSRR 2	2°35'02.90" S	140°32'20.90E

### 3. Hasil Dan Pembahasan

**Gambar 3** menunjukkan penampang resistivitas hasil inversi data VES menggunakan software IPI2Win.



**Gambar 3.** Penampang resistivitas hasil pemodelan inversi data VES menggunakan software IPI2Win.

Hasil pemodelan inversi data VES menunjukkan bahwa terdapat 9 lapisan yang mana dapat dikategorikan dalam tiga kelompok utama yaitu tanah timbunan berupa

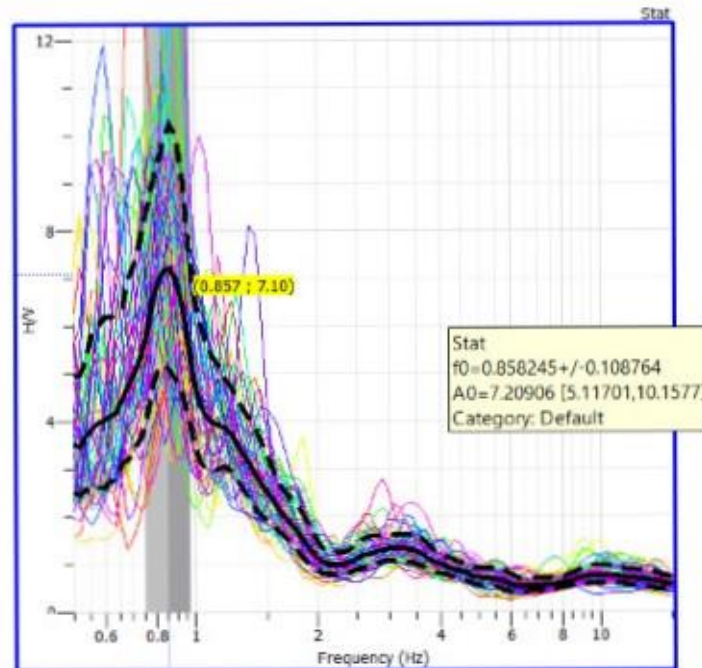
pasiran kerikil yang meliputi lapisan 1, material formasi alluvium (Qa) yang meliputi lapisan 2 hingga lapisan 7, dan batuan dasar (bedrock) yang merupakan formasi

ultramafic (um) yang mencakupu lapisan 8 dan 9. Batuan dasar berada pada kedalaman sekitar 42 m yang memiliki nilai resistivitas yang sangat tinggi dibanding nilai-nilai resistivitas lapisan-lapisan di atasnya. Rentang nilai resistivitas 6.365 – 25.260  $\Omega m$  menunjukkan batuan tersebut kompak dan padat yang diinterpretasikan sebagai batuan formasi ultramafic (um). Lapisan 8 diduga merupakan fragmen-fragmen batuan ultramafic (um) dan lapukannya. Rentang nilai resistivitas yang relative rendah yaitu 18 – 264  $\Omega m$  mengindikasikan

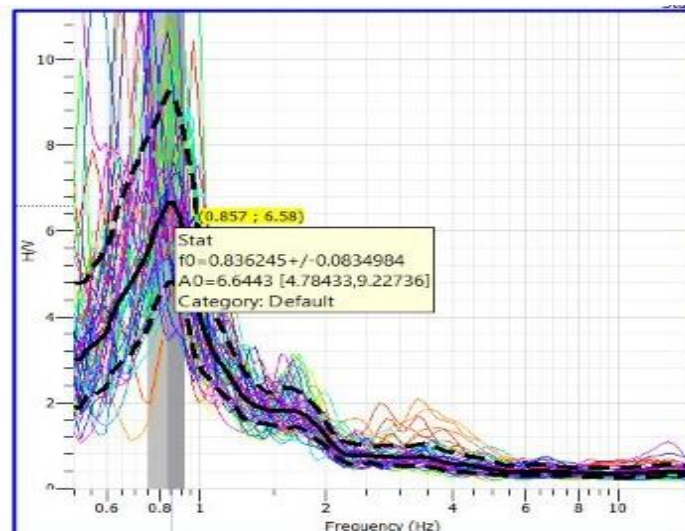
material-material tersebut adalah lepas atau agak padat dan memiliki kandungan air pada derajat tertentu [9] [12]-[13].

**Gambar 4** dan

**Gambar 5** menunjukkan kurva HVSR pada titik pengukuran 1 dan 2. Sedangkan **Error! Reference source not found.** memberikan informasi frekuensi natural dan factor amplifikasi.



**Gambar 4.** Kurva HVSR titik 1.



**Gambar 5.** Kurva HVSR titik 2

Nilai frekuensi alami pada titik 1 dan 2 masing-masing adalah 0,85 Hz dan 0,83 Hz, nilai-nilai tersebut kurang dari 2,5 Hz, sehingga berdasarkan klasifikasi tanah menurut Kanai, batuan di kampung Yabaso merupakan tipe I jenis IV yang berupa batuan alluvial dari sedimentasi delta, top soil, lumpur dan lainnya

dengan ketebalan lebih dari 30 m (Yuniarto, 2023). Hasil HVSR menunjukkan kesesuaian dengan informasi geologi regional dimana batuan di lokasi penelitian adalah formasi alluvial dan endapan pantai (Qa).

Kedalaman batuan dasar berdasarkan metode HVSR sesuai persamaan (3) adalah 43 m dan 44 m pada titik 1



dan titik 2. Tampak bahwa kedalaman batuan dasar yang diperoleh dari metode HVSR sesuai klasifikasi Kanai dan metode VES yaitu lebih dari 30 m.

**Tabel 2.** Parameter model resistivitas hasil inversi IPI2Win pada data VES dimana kolom 1, 2, 3 dan 4 masing-masing menjelaskan nomor lapisan bawah permukaan, resistivitas lapisan, rentang kedalaman lapisan dan interpretasi litologi berdasarkan geologi regional.

Lapisan	Resistivitas ( $\Omega m$ )	Kedalaman (m)	deskripsi
1.	92	0 – 0,9	Tanah timbunan berupa pasir kerikil
2.	26	0,9 – 1,5	Tanah pasir basah
3.	93	1,5 – 2,6	Tanah pasir agak basah
4.	18	2,6 – 4,5	Tanah lunak basah
5.	102	4,5 – 8	Tanah pasir agak padat
6.	264	8 – 14	Tanah pasir padat
7.	81	14 – 24	Tanah pasir basah
8.	6.365	24 – 42	Fragmen-fragmen hasil lapukan batuan ultramafik (um)
9.	25.260	42 - $\infty$	Batuan dasar berupa batuan foramsi ultramafic (um) yang sangat padat dan kering

**Tabel 3.** Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi natural.

Titik observasi	Amplifikasi $A_0$	Frekuensi natural $f_0$
1.	7,20	0,85
2.	6,64	0,83

#### 4. Kesimpulan

Kedalaman batuan dasar yang diperoleh menggunakan metode VES konfigurasi Schlumberger adalah 42 m yang ditandai dengan nilai resistivitas yang sangat tinggi yaitu 25.260  $\Omega m$ . Serupa dengan hasil di atas, kedalaman batuan dasar yang diperoleh menggunakan metode HVSR adalah 43 m dan 44 m. Meskipun metode VES dan HVSR memanfaatkan fenomena fisika yang berbeda, penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat kesesuaian estimasi kedalaman batuan dasar yang diperoleh menggunakan kedua metode tersebut.

Sebagai saran, mengingat metode geofisika bersifat tak langsung (*indirect*), diperlukan pembuktian menggunakan metode yang bersifat langsung (*direct*) seperti pemoran dan analisis sampel batuan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nelson, S., & McBride, J. (2019). Application of HVSR to estimating thickness of laterite weathering profiles in basalt. *Earth Surface Processes and Landforms*, 44(7), 1365–1376. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/esp.4580>
- [2] Tanjung, N. A. F., Permatasari, I., & Yuniarto, A. H. P. (2021). Mapping of weathered layer thickness and Seismic Vulnerability in Tegal using HVSR method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1951(1), 012053. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1951/1/012053>
- [3] Tarabusi, G., & Caputo, R. (2017). The use of HVSR measurements for investigating buried tectonic structures: the Mirandola anticline, Northern Italy, as a case study. *International Journal of Earth Sciences*, 106(1), 341–353. <https://doi.org/10.1007/s00531-016-1322-3>
- [4] Yuliyanto, G., Harmoko, U., & Widada, S. (2019). Determination of bed rock depth using joint geoelectric and HVSR methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 1217(1), 012039. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1217/1/012039>
- [5] Ayanninuola, O. S., Msughter, U. D., Uko, E. D., & Ofogbu, C. O. (2023). Characteristics of Soils for Civil Engineering Foundations in Part of North Central Nigeria, Using Electrical Resistivity Method. *Nigerian Journal of Technological Development*, 20(2).
- [6] Satiawan, S. (2019). Bedrock Investigation using Resistivity Method as an effort to Provide Subsurface Data at ITERA Campus. *Journal of Science and Applicative Technology*, 2(1), 60–70.
- [7] Trianda, O., Prastowo, R., & Novitasari, S. (2018). Identifikasi Ketebalan Lapisan Lapuk di Daerah Kalirejo, Kulonprogo Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor dalam Upaya Mitigasi Tanah Longsor. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi XIII*, 246–253.
- [8] Sauret, E. S. G., Beaujean, J., Nguyen, F., Wildemeersch, S., & Brouyere, S. (2015). Characterization of superficial deposits using electrical resistivity tomography (ERT) and horizontal-to-vertical spectral ratio (HVSR) geophysical methods: a case study. *Journal of Applied Geophysics*, 121, 140–148.
- [9] Reynolds, J. M. (2011). *An introduction to applied and environmental geophysics*. John Wiley & Sons.
- [10] Yuniarto, A. H. P. (2023). MIKROZONASI SEISMIK DI KAWASAN ITSNU PEKALONGAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE HVSR. *Jurnal Kumparan Fisika*, 6(1), 47–54.
- [11] United States Geological Survey. 2022. *Vs30 Models and Data*. Internet. <https://earthquake.usgs.gov/data/vs30/>.
- [12] Loke, M. H. (1999). Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies. *A Practical Guide To*, 2, 70.
- [13] Telford, W. M., Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied geophysics*. Cambridge university press.