

## PENDUGAAN AWAL DEPOSIT EMAS WILAYAH POBOYA, PALU DENGAN METODE INVERSI HVSR

### *FIRST CONJECTURE OF GOLD DEPOSIT POBOYA, PALU AREA USING HVSR INVERSION METHOD*

Yoga Dharma Persada<sup>1\*</sup>, Ilham<sup>2</sup>, Haura Dhiya Amaninida<sup>3</sup>, Puji Ariyanto<sup>4</sup>, Sandy Tri Gustono<sup>5</sup>

<sup>1,2,3</sup>Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

<sup>4,5</sup>Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

Received: 2020, December 1<sup>st</sup>

Accepted: 2021, March 8<sup>th</sup>

Keyword:

Gold deposit;

HVSR;

Inversion;

Microtremor.

Correspondent Email:

[dharmayoga0@gmail.com](mailto:dharmayoga0@gmail.com)

How to cite this article:

Persada, Y.D., Ilham,  
Amaninida, H. D., Ariyanto,  
P., & Gustono, S.T. (2021).  
Pendugaan Awal Deposit  
Emas Wilayah Poboya, Palu  
Dengan Metode Inversi  
HVSR. *Jurnal Geofisika  
Eksplorasi*, 7(1), 30-40.

Abstrak. Emas merupakan salah satu komoditas mineral yang mempunyai harga jual yang cukup tinggi. Indonesia memiliki banyak wilayah yang menyimpan deposit emas di bawah permukaan. Satu di antaranya adalah wilayah Poboya, Kecamatan Mantikulore, Palu. Metode pemetaan deposit emas yang dapat digunakan adalah seismik pasif contohnya mikrotremor. Salah satu teknik pengolahan dari metode seismik pasif adalah *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR). HVSR mencerminkan kondisi struktur lapisan di atas batuan dasar. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa potensi deposit emas terdapat di wilayah Timur hingga Selatan Poboya. Potensi terbesar terletak di Selatan bagian tersebut. Potensi deposit emas dapat ditemukan pada kedalaman sekitar 300 hingga 1500 meter di bawah permukaan. Analisis potensi tersebut didasarkan ditemukannya anomali lapisan dengan nilai kecepatan gelombang geser (Vs) yang tinggi, berkisar pada rentang nilai 3500-4000 m/s yang bersesuaian dengan batuan beku yang diduga endapan epitermal emas. Hasil pemodelan divalidasi dengan penelitian terdahulu yang memiliki kemiripan. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa metode inversi HVSR berdasarkan rekaman mikrotremor dapat dijadikan metode awal pendugaan deposit emas yang lebih efektif dan efisien.

Abstract. Gold is one of the minerals which have a high value. Indonesia has many places with a high prospect to contain gold deposits. One of them is Poboya, Mantikulore sub-district, Palu. The method of mapping that can be used is passive seismic for example microtremors is HVSR. HVSR technic is to compared horizontal spectrum with vertical spectrum of passive seismic record. HVSR shown structure above basement rock. The result showed that most gold deposits were found in East to South Poboya. High prospect and potency of gold deposits were found on the Southside. The gold deposit can be found from 300 to 1200

© 2021 JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi). This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

*meters beneath the surface. Analysis of result took from the high shear wave (Vs) value anomaly, with the value range from 3500 until 4000 m/s, that value correlates with igneous rock which is suspected as gold epithermal. The result had been validated with previous research which has similarities. Can be concluded that inversion of HVSR using microtremor can be an effective method for mapping gold deposit.*

## 1. PENDAHULUAN

Emas adalah salah satu komoditi yang memiliki nilai jual yang tinggi di Indonesia. Menjadikan emas sebagai mineral yang paling banyak diburu. Mineral logam mulia ini dapat ditemukan di bawah permukaan dalam bentuk endapan atau deposit sebagai akibat dari sisa adanya aktivitas magma pada masa lampau (Junaedy & Efendi, 2016). Menurut Junaedy dan Efendi (2016), mineral yang membawa bijih emas pada umumnya terbagi menjadi dua, yaitu mineral yang mengandung logam ataupun tidak, sebagai contoh kuarsa, kalkopirit dan lain-lain.

Pada umumnya batuan pembawa mineral yang mengandung bijih emas tersebut merupakan batuan magmatik, sebagai hasil dari aktivitas magmatisme berupa batuan intrusif dan vulkanik (Indarto dkk., 2014). Berdasarkan definisi tersebut dapat diartikan bijih emas dapat ditemukan pada batuan beku yang terbentuk di dekat dapur magma (intrusif) maupun batuan beku yang terbentuk dekat permukaan hasil aktivitas vulkanisme (vulkanik). Sebagian besar batuan beku yang membawa mineral emas merupakan batuan beku yang berumur tersier (Indarto dkk., 2014).

Salah satu wilayah Indonesia yang memiliki deposit endapan emas merupakan wilayah Poboya, Kecamatan Mantikulore, Palu. Wilayah Poboya telah dijadikan area pertambangan dengan luas wilayah mencapai 49 ribu hektar dan 7 ribu hektar di antaranya merupakan area pertambangan rakyat (Junaedy & Efendi, 2016). Tambang Poboya

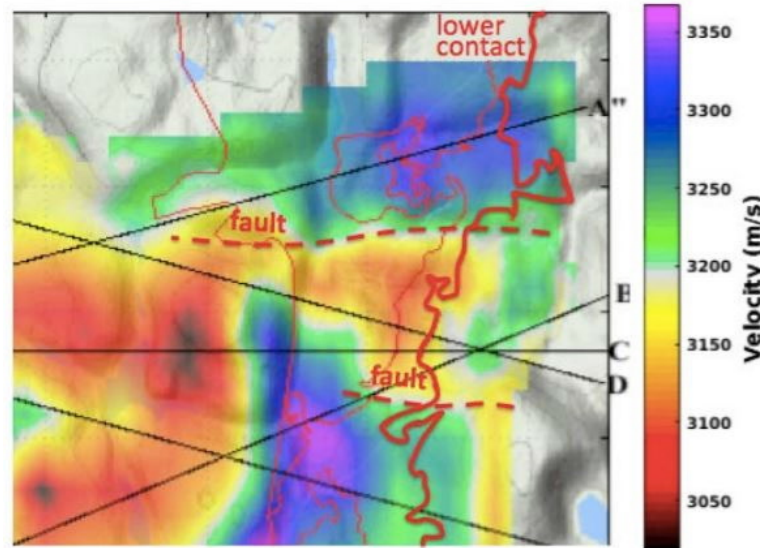
merupakan area pegunungan yang terletak di antara Kota Palu dan Parigi.

Dalam pertambangan mineral diperlukan pemetaan terkait di mana wilayah yang memiliki potensi deposit mineral tersebut, sehingga mendapatkan mineral yang dicari. Beberapa metode telah digunakan dalam pendugaan awal deposit suatu mineral terutama deposit mineral emas. Metode yang sering kita dengar antara lain menggunakan data magnetik dan data gayabarat, namun dalam survei awal diperlukan metode yang relatif efisien dalam hal pengambilan data dan memiliki keakuratan yang cukup bagus. Terdapat metode lain yang juga dapat dijadikan alternatif, yaitu metode seismik pasif dengan memanfaatkan data mikrotremor.

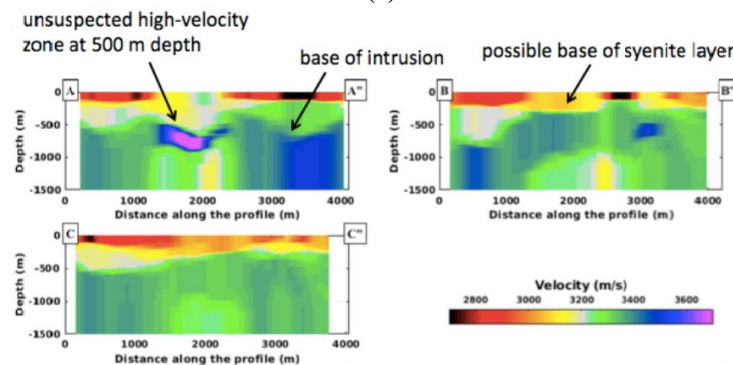
Metode seismik pasif dengan menggunakan mikrotremor adalah salah satu metode survei awal yang efisien dan praktis, selain itu dapat memetakan struktur bawah permukaan dengan cukup baik. Beberapa penelitian menggunakan metode seismik pasif telah dilakukan dalam pemetaan deposit emas. Riley dkk. (2017) menggunakan metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) dalam pendugaan deposit emas di wilayah South Island New Zealand. Sementara Hollis dkk. (2019) melakukan pencitraan tomografi menggunakan metode seismik pasif dalam memetakan potensi zona mineralisasi pada sebuah tambang emas. Diinterpretasikan bahwa area yang diduga sebagai zona mineralisasi tersebut memiliki nilai kecepatan gelombang geser yang lebih tinggi dibandingkan area lainnya diduga sebagai endapan epitermal emas. Anomali tersebut

yang dianalisis sebagai zona mineralisasi pada wilayah pertambangan tersebut seperti yang terlihat pada Gambar 1 pada *slicing A-A''*. Selain itu hasil pencitraan juga menunjukkan adanya zona intrusi magma. Zona intrusi

tersebut berkaitan dengan awal sumber naiknya fluida yang membawa mineral emas melalui rekahan-rekahan, dimana nantinya akan menghasilkan endapan epitermal emas.



(a)



(b)

Gambar 1. a) Hasil pemetaan tomografi kecepatan gelombang geser 2D dan b) Pencitraan hasil sayatan yang bersesuaian pada gambar a) terhadap kedalaman (Hollis dkk., 2019).

Penelitian lain pernah dilakukan oleh Smith dkk. (2013) dengan melakukan penelitian pada sebuah tambang emas. Smith dkk. (2013) melakukan penelitian dengan teknik SPAC dan HVSR dalam memetakan sedimen di atas batuan dasar yang dibandingkan terhadap data *borehole*. Data yang digunakan salah satunya adalah mikrotremor dengan perekaman masing-masing 30 menit pada setiap titik.

Hasil penelitian berupa respon kurva HVSR yang selanjutnya dilakukan inversi untuk mendapatkan model kecepatan bawah permukaan. Berdasarkan penelitian tersebut didapatkan hasil ketebalan lapisan sedimen atas batuan dasar berupa kristalin (Smith dkk., 2013). Berbeda dengan penelitian Smith dkk. (2013), Ramm dkk. (2019) melakukan penelitian menggunakan dasar refleksi

gelombang Rayleigh dengan menggunakan data stasioner.

Berdasarkan beberapa penelitian yang relatif baru sebelumnya, menunjukkan berbagai aplikasi HVSR ataupun penggunaan data seismik pasif dalam eksplorasi mineral, yaitu emas. Untuk wilayah Indonesia sendiri masih minim penelitian pencitraan bawah permukaan dalam eksplorasi mineral menggunakan data mikrotremor. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan salah satu pemanfaatan mikrotremor sebagai bagian dari seismik pasif dalam pencitraan bawah permukaan menggunakan metode inversi HVSR berkaitan dengan deposit emas yang akan divalidasi dengan penelitian sebelumnya. Sekaligus melakukan uji metode baru yang lebih efektif dan efisien dalam survei awal pendugaan deposit emas.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Mikrotremor merupakan getaran periodik yang memiliki amplitudo rendah yang dihasilkan oleh adanya gerakan di bawah tanah (Arifin dkk., 2014). Mikrotremor terdiri dari berbagai macam gelombang, baik gelombang badan maupun gelombang permukaan (Piña-Flores dkk., 2017). Pengolahan metode mikrotremor menggunakan metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*), yang mengukur kontras perbandingan antara lapisan sedimen terhadap batuan dasar (Nakamura, 2008).

HVSR merupakan spektrum gabungan yang terdiri dari spektrum gelombang badan dan gelombang permukaan. Dalam penentuan struktur bawah permukaan dilakukan inversi terhadap gelombang badan. Inversi merupakan proses *matching* data atau pencocokan data (Grandis, 2009). Pencocokan data yang dimaksud adalah perbandingan antara data sintesis atau model secara teoritis terhadap data sebenarnya. Proses inversi HVSR yang dilakukan adalah membandingkan kurva

dispersi gelombang badan terhadap kurva HVSR sebenarnya (Bignardi dkk., 2016).

Hasil dalam proses inversi tersebut akan menghasilkan parameter-parameter. Salah satunya adalah parameter kecepatan gelombang geser ( $V_s$ ). Parameter kecepatan gelombang geser setiap kedalaman inilah yang akan digunakan dalam analisis zona mineralisasi emas di wilayah Poboya.

## 3. METODE PENELITIAN

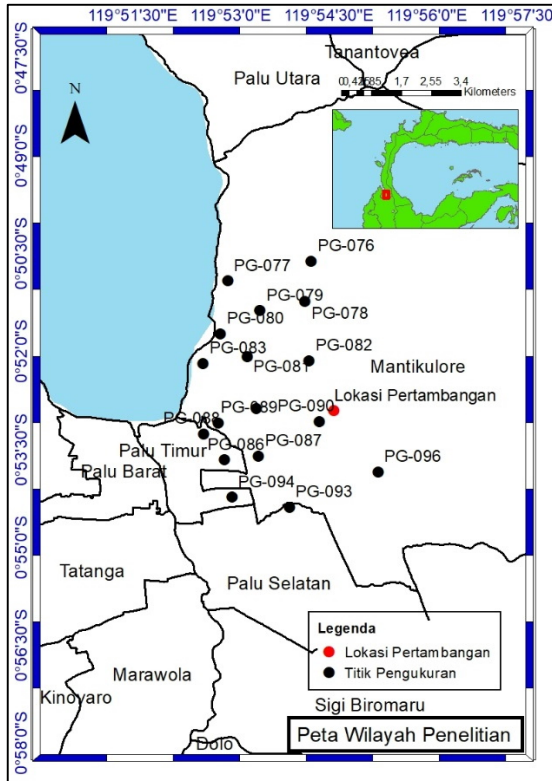
Data mikrotremor yang digunakan berupa hasil perekaman akselerometer pada 16 titik yang tersebar pada sekitar wilayah Poboya. Durasi perekaman pada masing-masing titik adalah kurang lebih 45 menit. Durasi tersebut didasarkan pada frekuensi minimum yang ingin didapat. Koordinat pada masing-masing titik dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 2.

Tabel 1. Lokasi titik pengukuran.

No	Titik	Latitude	Longitude
1	PG-076	-0.84363	119.90397
2	PG-077	-0.84866	119.88267
3	PG-078	-0.85385	119.90238
4	PG-079	-0.85622	119.89092
5	PG-080	-0.86220	119.88082
6	PG-081	-0.86808	119.88767
7	PG-082	-0.86903	119.90346
8	PG-083	-0.86975	119.87643
9	PG-084	-0.88121	119.88991
10	PG-086	-0.89438	119.88177
11	PG-087	-0.89337	119.89054
12	PG-088	-0.88775	119.87660
13	PG-089	-0.88493	119.88018
14	PG-090	-0.88458	119.90605
15	PG-093	-0.90643	119.89839
16	PG-094	-0.90389	119.88376
17	PG-096	-0.89749	119.92098

Dilakukan *filtering* pada data mikrotremor dengan rentang frekuensi 0.1-15 Hz untuk menghilangkan *noise* (bising) pada frekuensi tinggi yang disebabkan oleh gangguan yang

tidak diinginkan. Data mentah tersebut akan melalui beberapa tahap pengolahan, dari perhitungan kurva HVSR berdasarkan data observasi hingga proses inversi, dibantu oleh *software* OpenHVS (Bignardi dkk., 2016). Seluruh proses inversi dituliskan pada tahap-tahap berikut, digambarkan oleh Gambar 3.



Gambar 2. Wilayah penelitian.

### 3.1. Perhitungan HVSR Observasi

Data tersebut kemudian melalui proses perhitungan kurva HVSR. Proses tersebut dirumuskan oleh Almendros dkk. (2004) dimana spektrum gabungan dari komponen horizontal dibandingkan terhadap spektrum komponen vertikal. Perhitungan spektrum dapat dilihat pada persamaan (1). Perhitungan kurva HVSR berdasarkan data observasi menggunakan *software* Geopsy.

$$HVSR(f) = \frac{\sqrt{A_{east}(f)^2 + A_{north}(f)^2}}{A_{vertical}(f)} \quad (1)$$

$A_{east}$  dan  $A_{north}$  merupakan amplitudo pada komponen *east-west* dan *north-south*.

Sementara  $A_{vertical}$  adalah amplitudo pada komponen vertikal.

Kurva HVSR observasi tersebut akan dilakukan proses *smoothing*. Proses *smoothing* bertujuan agar mencegah terjadinya amplitudo yang tak hingga (Konno & Ohmachi, 1998). Proses *smoothing* ditunjukkan oleh persamaan (2).

$$W_B(f, f_c) = \left[ \frac{\sin(\log(f/f_c)^b)}{\log(f/f_c)^b} \right]^4 \quad (2)$$

$f$  dan  $f_c$  merupakan frekuensi dan frekuensi tengah sedangkan  $b$  adalah koefisien *bandwith*. Proses *smoothing* berguna untuk menghilangkan munculnya puncak frekuensi yang bernilai tak hingga.

#### 3.1.1. Inversi Kurva HVSR

Proses inversi kurva HVSR dilakukan dengan *software* OpenHVS. Tahapan inversi terbagi menjadi dua, pertama adalah perhitungan kurva dispersi gelombang badan, dan kedua perhitungan fungsi objektif. Proses inversi menggunakan algoritma Monte Carlo atau sampel acak.

#### 3.1.2. Forward Modelling Kurva Dispersi Gelombang Badan

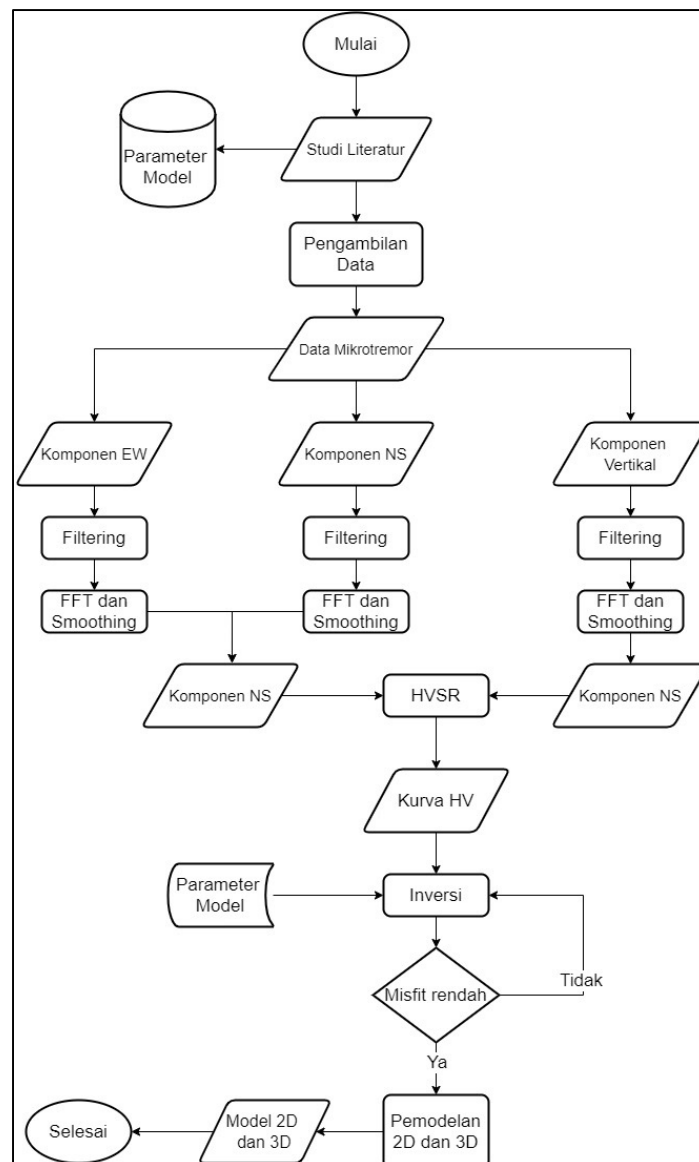
Proses inversi diawali dengan proses perhitungan kurva dispersi sintesis. Perhitungan kurva dispersi menggunakan prinsip *forward modelling*. Menggunakan parameter-parameter yang ditetapkan awal atau yang disebut dengan model awal dibentuklah kurva dispersi. Model awal dapat dilihat pada Tabel 2. Perhitungan kurva dispersi menggunakan prinsip Aki dan Richard dalam pembentukan kurva dispersi gelombang badan, yang dapat dilihat pada persamaan (3).

$$v(f) = v(f_{ref}) [1 + (\pi Q_0)^{-1} \ln(f/f_{ref})] \quad (3)$$

Kurva dispersi dibentuk berdasarkan kurva dispersi referensi atau model awal yang dilambangkan oleh  $v(f_{ref})$  yang berkorelasi pada masing-masing frekuensi acuan  $f_{ref}$ . Nilai  $v(f_{ref})$  dan  $f_{ref}$  didapatkan dari input model awal. Sementara  $Q_0$  merupakan atenuasi yang dirumuskan oleh persamaan (4).

$$Q = Q_0 f^k \quad (4)$$

Dengan  $Q$  adalah atenuasi dapat berupa atenuasi gelombang P dan S, sementara  $Q_0$  adalah atenuasi pada frekuensi 1 Hz. Nilai dari  $k$  dianggap konstan. Atenuasi berkaitan dengan perambatan gelombang seismik pada suatu medium. Pada kasus ini atenuasi berkaitan dengan mikrotremor, sementara  $f$  merupakan frekuensi.



Gambar 3. Diagram alir penelitian.

Tabel 2. Model awal yang digunakan.

Ketebalan (m)	$V_p$ (m/s)	$V_s$ (m/s)	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	$Q_p$	$Q_s$
20	500	200	2	15	5
30	1000	500	2.3	30	10
50	2000	1000	2.5	60	20
150	3000	1500	2.7	120	40
350	4000	2000	3	240	80
650	7000	3500	3.5	480	160

### 3.1.3. Fungsi Objektif

Perhitungan fungsi objektif diperlukan dalam penentuan kriteria kurva HVSR yang baik (Bignardi dkk., 2016). Kriteria kurva HVSR yang baik adalah memiliki nilai fungsi objektif yang positif (Bignardi dkk., 2016). Selain itu parameter model harus bernilai *real*. Parameter model antara lain  $V_p$ ,  $V_s$ , densitas,  $Q_p$ ,  $Q_s$  dan ketebalan. Fungsi objektif juga berguna dalam penentuan minimum global. Fungsi objektif dirumuskan oleh persamaan (5), dengan nilai  $a$  dan  $b$  merupakan konstan yaitu 0,6 dan 0,4.

$$E(m) = aM(m) + bS(m) + \sum_{j=1}^5 a_j R_j(m) \quad (5)$$

Terdapat tiga kriteria dalam perumusan fungsi objektif. Pertama, misfit antara kurva HVSR observasi dan kurva dispersi hasil *forward modelling* ditunjukkan oleh  $M(m)$ . Misfit dirumuskan pada persamaan (6).

$$M(m) = \sum_{c=1}^{n_c} \left| w_c(f) (D_c(f) - D_{0c}(f)) \right|^2 \quad (6)$$

Berdasarkan persamaan (6), misfit digambarkan sebagai *error* total kuadrat, dengan  $D_c(f)$  dan  $D_{0c}(f)$  adalah kurva dispersi hasil *forward modelling* dan kurva HVSR observasi. Sementara itu  $w_c(f)$  adalah pembobotan untuk frekuensi tertentu apabila diperlukan.

Kriteria kedua adalah  $S(m)$  dituliskan dalam persamaan (7).  $S(m)$  adalah kriteria untuk menentukan minimum global. Dituliskan sebagai turunan pertama dari misfit atau yang dalam artian lain disebut sebagai gradien.

$$S(m) = \sum_{c=1}^{n_c} \left| w_c(f) \left( \frac{\partial D_c(f)}{\partial f} - \frac{\partial D_{0c}(f)}{\partial f} \right) \right|^2 \quad (7)$$

Kriteria terakhir adalah perubahan parameter model. Perubahan parameter model ditunjukkan oleh persamaan (8).

$$R_j(m) = \sum_{k,l=1}^{n_c} B_{kl} \int_{z_{\min}}^{z_{\max}} (m_j^k(z) - m_j^l(z))^2 dz \quad (8)$$

Perubahan model dirumuskan oleh persamaan (8). Perubahan model dihitung dengan memperhatikan model awal dan model uji. Sementara  $B_{kl}$  merupakan nilai random yang tersebar dalam rentang nilai 0 sampai 1. Perhitungan dilakukan berulang atau yang disebut dengan iterasi. Parameter model yang dihitung antara lain  $V_p$ ,  $V_s$ , densitas,  $Q_p$  dan  $Q_s$ .

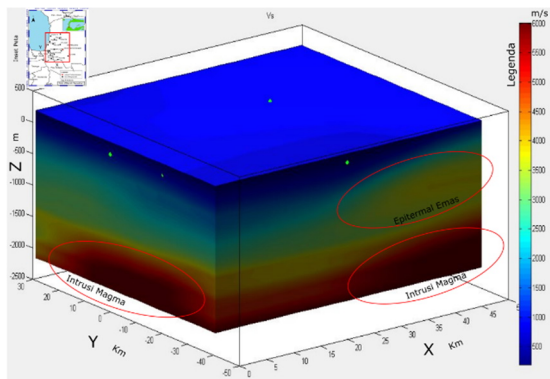
### 3.1.4. Plotting dan Interpolasi

Setelah mencapai minimum global, parameter model dari iterasi terakhir dijadikan sebagai model akhir. Kemudian akan dilakukan interpolasi untuk mengisi kekosongan data. Proses interpolasi dilakukan secara 3D dalam penentuan zona mineralisasi emas di wilayah Poboya.



#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

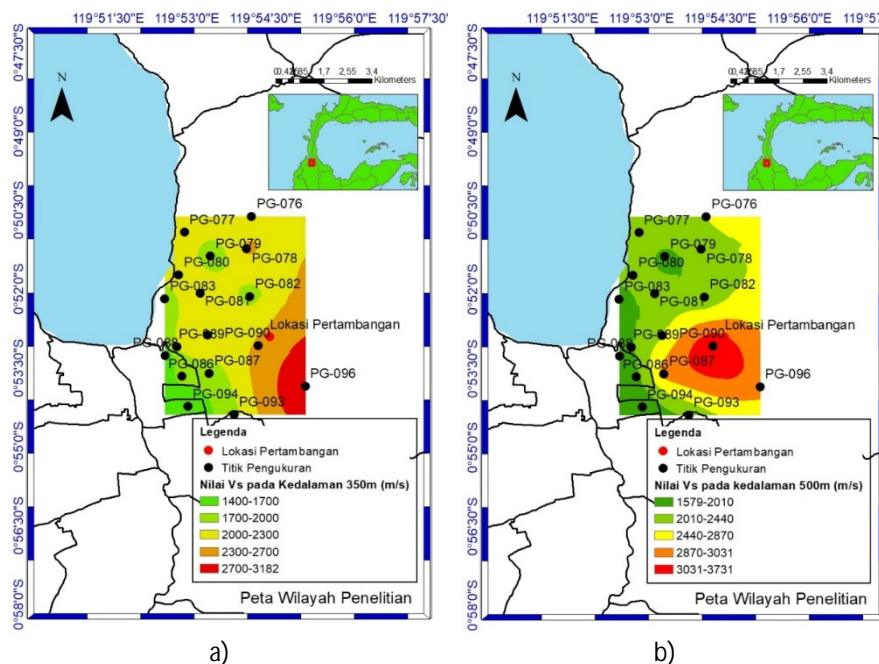
Hasil inversi kurva HVSR menunjukkan model kecepatan gelombang geser pada masing-masing titik. Model kecepatan gelombang geser kemudian diinterpolasi untuk mendapatkan pencitraan tiga dimensi. Hasil pencitraan tiga dimensi menunjukkan beberapa wilayah dari daerah Poboya memiliki anomali kecepatan gelombang geser pada kedalaman tertentu. Pencitraan gelombang geser secara tiga dimensi dapat dilihat pada Gambar 4.



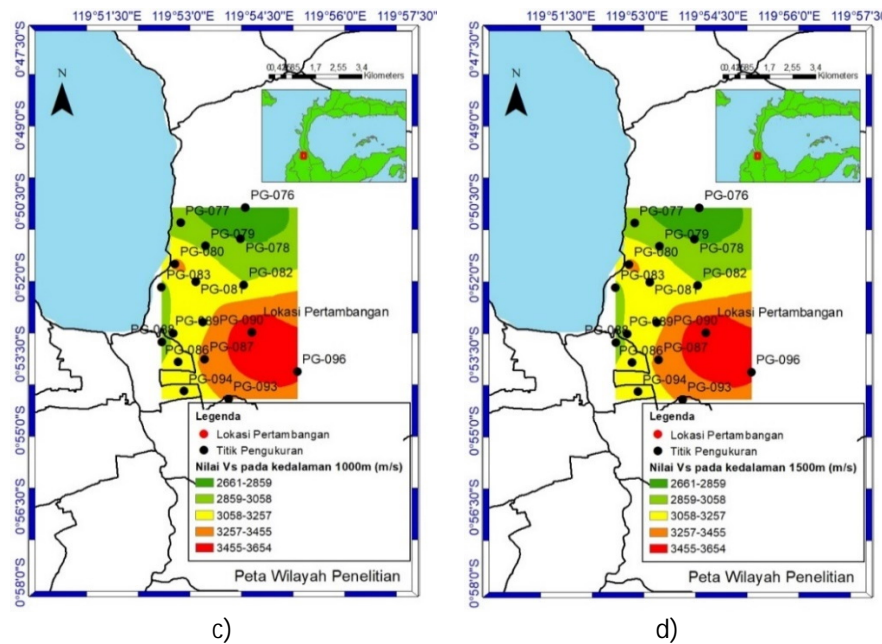
Gambar 4. Pencitraan Vs 3D wilayah Poboya.

Pada Gambar 4, terlihat terdapat zona pada kedalaman dengan anomali nilai kecepatan gelombang geser. Anomali kecepatan gelombang geser secara signifikan terdapat pada kedalaman kurang lebih 300 meter di bawah permukaan di mana pada kedalaman tersebut memiliki anomali zona dengan kecepatan gelombang geser yang lebih tinggi dengan nilai Vs 3000-3500 m/s. Nilai kecepatan gelombang geser ( $V_s$ ) tersebut diduga dari batuan yang membawa mineral emas. Analisis tersebut pernah dibuktikan melalui penelitian yang dilakukan oleh (Hollis dkk., 2019).

Pemetaan secara dua dimensi untuk kecepatan gelombang geser pada kedalaman 300 meter menunjukkan persebaran anomali kecepatan gelombang geser ditemukan pada wilayah tenggara area penelitian. Hasil pemetaan secara dua dimensi dapat dilihat pada Gambar 5a-5d. Dapat dianalisis bahwa deposit batuan pembawa mineral emas tersebar dominan di wilayah tenggara area penelitian. Hasil tersebut juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Junaedy dan Efendi (2016).







Gambar 5. Peta pemetaan kecepatan gelombang geser ( $V_s$ ) wilayah Poboya pada kedalaman a) 350 meter, b) 500 meter c) 1000 meter dan d) 1500 meter.

Junaedy dan Efendi (2016) melakukan penelitian terkait zona mineralisasi emas di wilayah Poboya menggunakan metode magnetik. Hasil pemetaan anomali residual yang dilakukan Junaedy dan Efendi (2016) menunjukkan terdapat beberapa anomali yang berkorelasi dengan zona mineralisasi emas di wilayah tersebut. Anomali tersebut tersebar di wilayah tenggara Poboya. Hasil tersebut menunjukkan adanya korelasi dengan hasil penelitian ini.

Berdasarkan jenis litologi, wilayah yang memiliki nilai kecepatan gelombang geser tinggi tersebut merupakan zona batuan andesit. Analisis tersebut didasarkan atas nilai  $V_s$  pada kedalaman tersebut sebesar 3000-3500 m/s yang bersesuaian dengan nilai  $V_s$  untuk batuan Andesit (Daryono, 2012). Tabel litologi batuan berdasarkan nilai kecepatan gelombang geser dapat dilihat pada Tabel 3. Batu andesit merupakan salah satu batuan beku intrusif. Diduga batuan inilah yang membawa mineral emas. Analisis didukung dengan fakta bahwa sebagian besar mineral emas di Indonesia

dibawa oleh batuan beku baik intrusif maupun vulkanik (Indarto dkk., 2014).

Tabel 3. Tabel nilai  $V_s$  pada beberapa batuan (Daryono, 2012).

Batuan	Nilai $V_s$ (m/s)
Granit	3500-3800
Dolerit	2960-3450
Andesit	2440-3500
Basal	3600-3700
Lempung	380-1000

Hasil penelitian menunjukkan formasi batuan yang diduga sebagai epitermal emas. Endapan epitermal digambarkan dengan anomali warna yang melambangkan terdapat kontras kecepatan gelombang geser. Hal ini didukung dengan kedalaman lapisan tersebut yang berada hingga kedalaman 300 hingga 1500 meter, dimana merupakan salah satu ciri-ciri epitermal emas berada pada kedalaman dangkal (Sedewo & Setijadji, 2018). Namun hasil pemodelan tidak dapat menggambarkan secara jelas mengenai bagaimana urat emas (*vein*) yang ada dikarenakan skala survei yang

lebar serta ambiguitas data. Tidak menutup kemungkinan bahwa terdapat urat emas (*vein*), mengingat wilayah Poboya, Palu berbatasan dengan struktur geologi sesar Palu-Koro. Aktivitas tektonik dari sesar tersebut dapat mendukung adanya rekahan yang dapat terisi fluida pembawa mineral emas. Kondisi tersebut pernah terjadi pada prospek emas gunung Pani, Gorontalo (Sedewo & Setijadji, 2018).

Namun terdapat pendugaan bahwa ditemukan urat emas (*vein*) yang berorientasi ke arah tenggara dari sekitar area penambangan. Dibuktikan dengan hasil Gambar 5a yang menunjukkan bahwa area dengan nilai kecepatan gelombang geser pada kedalaman rendah, yaitu 350 meter yang berorientasi ke arah tenggara dari lokasi titik pertambangan. Dibandingkan terhadap hasil pemetaan  $V_s$  pada kedalaman 500 hingga 1500 meter pada Gambar 5b hingga 5d, dimana konsentrasi daerah dengan kecepatan gelombang geser yang tinggi terdapat pada sekitar lokasi pertambangan. Pesebaran yang ditunjukkan pada Gambar 5b, 5c dan 5d lebih menggambarkan lokasi epitermal emas tersebut.

Pada kedalaman yang lebih dalam (di atas 1500 meter) di wilayah timur ke selatan Poboya terdapat anomali kontras kecepatan gelombang geser yang tinggi. Kondisi ini dimungkinkan karena adanya intrusi magma, mengingat bahwa wilayah Poboya merupakan daerah pegunungan. Intrusi magma dapat menciptakan porfiri emas.

Wilayah yang diduga memiliki endapan emas terletak di antara titik PG-087 dan PG-093 pada Gambar 5a dengan luasan wilayah kurang lebih 4 Km<sup>2</sup>. Endapan epitermal emas ditemukan pada kedalaman 300 hingga 1200 meter. Berdasarkan dimensi tersebut dapat dilihat bahwa pada area penelitian ditemukan epitermal emas dengan volume kurang lebih 400 km<sup>3</sup>. Namun volume tersebut merupakan dugaan awal, diperlukan metode geofisika lain

sebagai pembanding dan pendukung hasil pemodelan.

## 5. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa inversi HVSR dapat digunakan sebagai metode awal dalam pendugaan batuan beku pembawa emas yang lebih efektif dan efisien. Wilayah timur hingga selatan Poboya diduga terdapat beberapa batuan pembawa emas didukung dengan penelitian terdahulu. Namun dikarenakan ambiguitas dari data diperlukan beberapa metode pendukung dan pembanding untuk menjelaskan secara detail bagaimana persebaran deposit emas di bawah permukaan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada seluruh tim survei mikrotremor dari Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, atas survei yang telah dilakukan dan masukan atas penelitian ini sehingga dapat terlaksana dengan baik dan mendapatkan hasil yang baik pula. Terima kasih juga kami ucapkan kepada pihak-pihak yang telah mendukung penelitian dan penulisan paper ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Almendros, J., Luzón, F., & Posadas, A. (2004). Microtremor Analyses At Teide Volcano (Canary Islands, Spains): Assessment Of Natural Frequencies Of Vibration Using Time-Dependent Horizontal-To-Vertical Spectral Ratios. *Pure And Applied Geophysics*, 161(7), 1579–1596. <https://doi.org/10.1007/S00024-004-2522-5>
- Arifin, S.S., Mulyatno, B.S., Marjiyono., & Setianegara, R. (2014). *Jurnal Geofisika Eksplorasi Vol. 2/ No. 1 Tahun 2014*. 2(1).
- Bignardi, S., Mantovani, A., & Abu Zeid, N. (2016). Openhvsr: Imaging The Subsurface 2D/3D Elastic Properties Through Multiple HVSR Modeling And Inversion. *Computers And Geosciences*, 93(May), 103–113. <https://doi.org/10.1016/J.Cageo.2016.05.009>
- Daryono. (2012). *Indeks Kerentanan Seismik*

- Berdasarkan Mikrotremor Pada Setiap Satuan Bentuklahan Di Zona Graben Bantul Daerah Istimewa. *XII*(1), 1753–1777. [Http://Etd.Ugm.Ac.Id/Index.Php?Mod=Book\\_Detail&Sub=Bookdetail&Act=View&Typ=Htmtext&Buku\\_Id=53805&Obyek\\_Id=4&Unitid=1&Jenis\\_Id=](http://Etd.Ugm.Ac.Id/Index.Php?Mod=Book_Detail&Sub=Bookdetail&Act=View&Typ=Htmtext&Buku_Id=53805&Obyek_Id=4&Unitid=1&Jenis_Id=)
- Grandis, H. (2009). Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika. In *Himpunan Ahli Geofisika Indonesia* (Issue 80).
- Hollis, D., McBride, J., Good, D., Arndt, N., Brenguier, F., & Olivier, G. (2019). Use Of Ambient Noise Surface Wave Tomography In Mineral Resource Exploration And Evaluation. *2018 SEG International Exposition And Annual Meeting, SEG 2018, September*, 1937–1940. <https://doi.org/10.1190/segam2018-2998476.1>
- Indarto, S., Sudarsono, S., Setiawan, I., Permana, H., Al Kausar, A., Yuliyanti, A., & Dewi Yuniati, M. (2014). Batuan Pembawa Emas Pada Mineralisasi Sulfida Berdasarkan Data Petrografi Dan Kimia Daerah Cihonje, Gumelar, Banyumas, Jawa Tengah. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, *24*(2), 115. <https://doi.org/10.14203/Risetgeotam2014.V24.88>
- Junaedy, M., & Efendi, R. (2016). Studi Zona Mineralisasi Emas Menggunakan Metode Magnetik Di Lokasi Tambang Emas Poboya (Gold Mineralized Zone Studies Using Magnetic Methods Has Been Conducted In Poboya Gold Mine Site). *Online Journal Of Natural Science*, *5*(2), 209–222.
- Konno, K., & Ohmachi, T. (1998). Ground-Motion Characteristics Estimated From Spectral Ratio Between Horizontal And Vertical Components Of Microtremor. *Bulletin Of The Seismological Society Of America*, *88*(1), 228–241.
- Nakamura, Y. (2008). On The H/V Spectrum. *The 14th World Conference On Earthquake Engineering*, 1–10. [Http://117.120.50.114/Papers/14wcee/14wcee\\_Hv.Pdf](http://117.120.50.114/Papers/14wcee/14wcee_Hv.Pdf)
- Piña-Flores, J., Pertón, M., García-Jerez, A., Carmona, E., Luzón, F., Molina-Villegas, J. C., & Sánchez-Sesma, F. J. (2017). The Inversion Of Spectral Ratio H/V In A Layered System Using The Diffuse Field Assumption (DFA). *Geophysical Journal International*, *208*(1), 577–588. <https://doi.org/10.1093/gji/ggw416>
- Ramm, N., De Wit, T., & Olivier, G. (2019). Passive Seismic Imaging For Mineral Exploration. *ASEG Extended Abstracts*, *2019*(1), 1–3. <https://doi.org/10.1080/22020586.2019.12073177>
- Riley, S., With, G., & Barry, R. (2017). *HVSR Passive Seismic Surveying to Complement Ground Magnetic Surveys for Fluvial/Alluvial Gold Deposits of The South Island, NZ*.
- Sedewo, C., & Setijadji, L. D. (2018). Geologi, Alterasi dan Mineralisasi Emas pada Tipe Endapan Epitermal Sulfidasi Rendah di Prospek G, Gunung Pani, Kabupaten Pohuwato, Provinsi Gorontalo. *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan Ke-11 Perspektif Ilmu Kebumihan Dalam Kajian Bencana Geologi Di Indonesia*, 725–738.
- Smith, N. R. A., Reading, A. M., Asten, M. W., & Funk, C. W. (2013). Constraining Depth to Basement for Mineral Exploration Using Microtremor: A Demonstration Study From Remote Inland Australia. *Geophysics*, *78*(5). <https://doi.org/10.1190/GEO2012-0449.1>