

Pendugaan Awal Deposit Emas Wilayah Poboya, Palu dengan Metode Inversi HVSR

By Yoga Dharma Persada

Pendugaan Awal Deposit Emas Wilayah Poboya, Palu dengan Metode Inversi HVSr

First Conjecture of Gold Deposit Poboya, Palu Area Using HVSr Inversion Method

Keyword:

gold deposit; microtremors; HVSr; inversion.

Correspondent Email:**How to cite this article:**

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 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 diatas 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 (V_s) 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 technique is to compare 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 meters beneath the surface. Analysis of result took from the high shear wave (V_s) 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.

PENDAHULUAN (INTRODUCTION)

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 & Efendi, 2016), Mineral yang membawa biji 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 biji emas tersebut merupakan batuan magmatik, sebagai hasil dari aktivitas magmatisme berupa batuan intrusif dan vulkanik (Indarto et al., 2014). Berdasarkan definisi tersebut dapat diartikan biji 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 et al., 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 hektare dan 7 ribu hektare 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 gravity, 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 memetakan deposit emas. (Riley et al., 2017) menggunakan metode HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) dalam pendugaan deposit emas di wilayah South Island New Zealand. Sementara (Hollis et al., 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 tersebutlah 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.

Penelitian lain pernah dilakukan oleh (Smith et al., 2013) dengan melakukan penelitian pada sebuah tambang emas. (Smith et al., 2013) melakukan penelitian dengan teknik SPAC dan HVSR dalam memetakan sedimen diatas 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 et al., 2013). Berbeda dengan penelitian (Smith et al., 2013), (Ramm et al., 2019) melakukan penelitian menggunakan dasar refleksi gelombang rayleigh. Menggunakan data stasioner dengan (Ramm et al., 2019).

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.

TINJAUAN PUSTAKA (LITERATURE REVIEW)

Mikrotremor merupakan getaran periodik yang memiliki amplitudo rendah yang

dihasilkan oleh adanya gerakan di bawah tanah (Arifin et al., 2014) Mikrotremor terdiri dari berbagai macam gelombang, baik gelombang badan maupun gelombang permukaan (Piña-Flores et al., 2017). Pengolahan metode mikrotremor menggunakan metode HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), yang di mana 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 fitting 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 et al., 2016).

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

METODE PENELITIAN (METHODS)

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. Data mikrotremor dilakukan filtering pada rentang frekuensi 0,1-15 Hz untuk menghilangkan noise (usikan) pada frekuensi tinggi yang disebabkan oleh gangguan yang tidak diinginkan. Data mentah tersebut akan

dilakukan beberapa tahap pengolahan dari perhitungan kurva HVSR berdasarkan data observasi hingga proses inversi dibantu oleh software OpenHVSR (Bignardi et al., 2016). Seluruh proses inversi dituliskan pada tahap-tahap berikut digambarkan oleh **Gambar 3**.

Perhitungan HVSR Observasi

Data tersebut kemudian dilakukan proses HVSR. Proses tersebut dirumuskan oleh (Almendros et al., 2004) di mana spektrum gabungan dari komponen Horizontal dibandingkan terhadap spektrum komponen vertikal. Perhitungan spektrum dapat dilihat pada **Persamaan 1**. Perhitungan kurva HVSR berdasarkan data observasi dibantu oleh 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 bandwidth. Proses smoothing berguna untuk menghilangkan munculnya puncak frekuensi yang bernilai tak hingga.

Inversi Kurva HVSR

Inversi kurva HVSR dibantu oleh software OpenHVSR. Tahapan inversi terbagi menjadi dua. Pertama adalah perhitungan kurva dispersi

gelombang badan dan perhitungan fungsi objektif. Inversi menggunakan algoritma monte carlo atau sampel acak.

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**.

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

Di mana 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 pada suatu medium, sehingga dalam beberapa perhitungan berbasis seismik juga diperhitungkan di mana pada kasus ini atenuasi berkaitan dengan mikrotremor. Sementara f merupakan frekuensi.

Fungsi Objektif

Perhitungan fungsi objektif diperlukan dalam penentuan kriteria kurva HVSR yang baik (Bignardi et al., 2016). Kriteria kurva HVSR yang baik adalah memiliki nilai fungsi objektif yang positif (Bignardi et al., 2016). Selain itu parameter model harus bernilai real.

Parameter model antara lain vp, vs, densitas, Qp, Qs 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 adalah misfit antara kurva HVSr observasi dan kurva dispersi hasil forward modelling ditunjukkan oleh $M(m)$. Misfit dirumuskan pada **Persamaan 6**.

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

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.

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

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 vp, vs, densitas, Qp dan Qs.

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.

HASIL DAN PEMBAHASAN (RESULTS AND DISCUSSION)

Hasil inversi kurva HVSr menunjukkan model kecepatan gelombang geser pada masing-masing titik. Model kecepatan gelombang geser kemudian dilakukan interpolasi 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**.

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 (vs) tersebut diduga dari batuan yang membawa mineral emas. Analisis tersebut pernah dibuktikan melalui penelitian yang dilakukan oleh (Hollis et al., 2019).

Pemetaan secara dua dimensi untuk kecepatan gelombang geser pada kedalaman 300 meter menunjukkan persebaran anomali kecepatan gelombang geser ditemukan pada wilayah Timur dan Selatan atau Tenggara area penelitian. Hasil pemetaan secara dua dimensi dapat dilihat pada **Gambar 5a** sampai **5d**. Dapat

dianalisis bahwa deposit batuan pembawa mineral emas tersebar dominan di wilayah Timur dan Selatan atau Tenggara area penelitian. Hasil tersebut juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh (Junaedy & Efendi, 2016)

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

Berdasarkan litologinya, 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 et al., 2014).

Hasil penelitian menunjukkan formasi batuan yang diduga sebagai epitermal emas. Endapan epitermal digambarkan dengan anomali warna yang melambangkan terdapat lapisan dengan kontras kecepatan gelombang geser. Didukung dengan kedalaman lapisan tersebut yang berada hingga kedalaman 300 hingga 1500 meter, di mana 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 penskalaan survei yang cukup 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 dimana lokasi epitermal emas tersebut.

Pada kedalaman yang lebih dalam (diatas 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 Km². 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 km³. Namun volume tersebut merupakan dugaan awal, diperlukan metode geofisika lain

sebagai pembanding dan pendukung hasil pemodelan.

KESIMPULAN (CONCLUSION)

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.

Pendugaan Awal Deposit Emas Wilayah Poboya, Palu dengan Metode Inversi HVSR

ORIGINALITY REPORT

4%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	repository.ub.ac.id Internet	17 words — 1%
2	id.wikipedia.org Internet	12 words — < 1%
3	id.scribd.com Internet	11 words — < 1%
4	repository.uinsu.ac.id Internet	10 words — < 1%
5	www.forda-mof.org Internet	10 words — < 1%
6	repository.its.ac.id Internet	10 words — < 1%
7	perkebunan.litbang.pertanian.go.id Internet	10 words — < 1%
8	repository.unand.ac.id Internet	9 words — < 1%
9	pt.scribd.com Internet	8 words — < 1%

EXCLUDE
BIBLIOGRAPHY

ON