

Identifikasi zona mineralisasi emas sistem epitermal sulfida rendah menggunakan metode geolistrik dan magnetik di daerah Ciparay, Cibaliung

Identification of gold mineralization zones of low sulfidation epithermal systems using geoelectrical and magnetic methods in Ciparay area, Cibaliung

Wahyu Eko Junian^{1,*}, Agus Laesanpura², Andri Yadi Paembonan¹, dan Muhammad Arief Wicaksono³

Received 04 November 2020

Accepted 16 February 2021

Published July 2021

¹Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, 35365

²Teknik Geofisika, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 40116

³Unit Geomin and Technology Development, PT. ANTAM, Tbk., Jakarta Selatan, 12530

Abstrak. Cibaliung merupakan daerah pertambangan mineral yang berada di Provinsi Banten. Hal ini, dibuktikan dengan adanya lubang tambang emas di daerah Cikoneng dan Cibitung. Penelitian tentang geofisika penting dilakukan guna menemukan cadangan emas baru di daerah Ciparay yang terletak di Sebelah Tenggara Cikoneng dan Cibitung. Metode geofisika yang digunakan di antaranya magnetik, resistivitas, dan *induced polarization* (IP). Metode magnetik digunakan sebagai survei pendahuluan untuk menggambarkan keberadaan struktur geologi pengontrol mineralisasi emas. Melalui peta *reduce to pole* dapat diketahui adanya tanda-tanda keberadaan struktur geologi yang ditunjukkan oleh anomali negatif (-220 hingga -135 nT) di Bagian Barat Daya daerah penelitian. Hasil teknik *edge detectors* menunjukkan adanya pola struktur dengan arah *Northwest* (NW) dan *North-Northeast* (NNE) yang dominan berada di Bagian Barat Daya sebelah Utara daerah penelitian. Metode resistivitas dan IP digunakan sebagai survei detail untuk menentukan keberadaan mineral yang terkandung dalam batuan. Hasilnya menunjukkan bahwa zona potensi mineralisasi ditunjukkan oleh anomali tinggi (resistivitas > 50 ohm.m dan *chargeability* > 40 msec). Resistivitas tinggi diduga sebagai respons batuan induk *andesitic* sedangkan, nilai *chargeability* tinggi merupakan respons dari hadirnya mineral-mineral bijih seperti emas dan perak. Zona potensi mineralisasi berada pada posisi patok 350-800 dengan arah persebaran mengikuti arah struktur geologi pengontrolnya yaitu NW dan NNE.

Abstract. Cibaliung is a mineral mining area located in Banten Province. The area including gold mining in Cikoneng and Cibitung areas. Geophysical research is important to find new gold reserves at the Ciparay area, located in the Southeast of Cikoneng and Cibitung. Geophysical methods used include magnetic, resistivity, and IP. The magnetic method was applied as a preliminary survey to delineate the presence of the geological structure controlling the gold mineralization. Based on the RTP map, signs of the presence of geological structures are shown by anomalies -220 to -135 nT in the Southwestern part of the study area. The results of edge detector techniques show the existence of structural patterns in the direction of NW and NNE which are dominant in the Southwestern North of the study area. The resistivity and IP methods are employed for detailed investigation in order to obtain to determine the presence of minerals contained in rocks. The results show that the mineralized zones are indicated by high resistivity (> 50 ohm.m) and high chargeability (> 40 msec). High resistivity response is caused by andesitic source rock whereas, high chargeability response is related to the presence of ore minerals such as gold and silver. The mineralization prospect zone is indicated at the position of 350-800 and its direction corresponds to the direction of its geological structure namely NW and NNE.

Keywords: New gold reserves, Negative magnetic anomalies, High resistivity, High chargeability.

Pendahuluan

Cibaliung merupakan daerah pertambangan mineral yang berada di Provinsi Banten. Daerah pertambangan ini secara geografis terletak antara 6°21'-7°10' LS dan 104°48'-106°11' BT. Sedangkan, secara geologis berada di Bagian Tengah busur *magmatic* Sunda-Banda dan dilalui jalur mineralisasi Au-Ag-Cu sistem epitermal sulfida rendah hingga intermediet (Hall, 2009) (Leeuwen, 1994) (Carlile & Mitchell, 1994). Endapan epitermal sulfida rendah terbentuk jauh dari tubuh intrusi, dimana larutan hidrotermal yang naik melalui zona rekahan, kemudian bereaksi dengan batuan sekitar dan air *meteoric* sehingga

pH-nya terus berkurang hingga mendekati netral (Corbett & Leach, 1998). Interaksi antara larutan hidrotermal dengan batuan yang dilaluinya akan mengubah sifat fisik dan komposisi kimiawi batuan tersebut atau yang disebut alterasi hidrotermal. Alterasi hidrotermal sangat erat kaitannya sebagai tanda keberadaan endapan mineralisasi hidrotermal (Akbar, 2019). Struktur geologi berupa rekahan dan sesar merupakan faktor pengontrol terbentuknya urat hidrotermal pembawa mineral berharga seperti emas dan perak. Sedikitnya singkapan (informasi) yang terdapat di permukaan merupakan kendala besar dalam proses eksplorasi sistem mineralisasi emas.

Kendala tersebut dapat diatasi dengan mengaplikasikan metode geofisika. Metode geofisika mampu memetakan kondisi bawah permukaan berdasarkan parameter fisik dari batuan seperti densitas, susceptibilitas, resistivitas, konduktivitas, dan *chargeability* (Man-Ho Han, 2016).

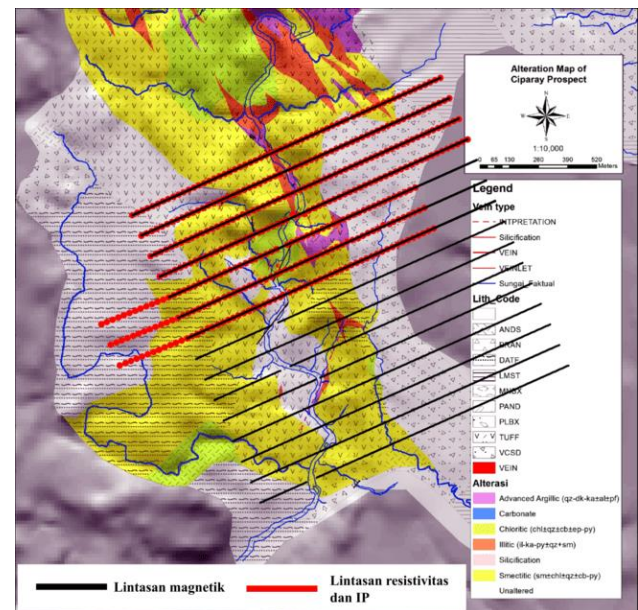
Survei geofisika yang sering digunakan dalam eksplorasi mineral adalah metode magnetik. Prinsip dasar metode magnetik adalah mengamati variasi intensitas medan magnet permukaan bumi yang disebabkan oleh adanya distribusi benda termagnetisasi di bawah permukaan bumi (Reynolds, 1998). Metode magnetik umumnya digunakan sebagai survei pendahuluan untuk menentukan struktur geologi pengontrol mineralisasi (Ikramsyah, et al., 2018). Struktur geologi seperti rekahan dan patahan merupakan zona hancuran kemagnetan batuan yang menghasilkan anomali magnetik negatif (Holden, 2012). Metode geofisika lain yang baik digunakan dalam eksplorasi mineral emas adalah metode geolistrik resistivitas dan *induced polarization* (IP). Metode resistivitas dan IP mampu menggambarkan kondisi bawah permukaan dengan resolusi yang tinggi (Man-Ho Han, 2016). Parameter yang terukur dari metode ini yaitu resistivitas dan *chargeability*. Resistivitas tinggi merupakan respons dari hadirnya mineral silika dalam zona mineralisasi, sedangkan *chargeability* tinggi mempresentasikan adanya kandungan mineral logam (Yatini, et al., 2016). Nilai resistivitas dan *chargeability* tinggi juga menunjukkan suatu zona hidrotermal yang menghubungkan dengan mineralisasi emas (Agnoletto & Leite, 2015). Prospek emas di Cibaliung berada pada jalur struktur berarah *North-West* (NW). Mineralisasi di daerah Cibaliung dijumpai dalam bentuk urat kuarsa. Diantara urat kuarsa yang sudah dilakukan eksploitasi yaitu Vein Cikoneng dan Cibitung. Batuan induk (*host rock*) dari endapan Cibaliung adalah Formasi Honje yang terdiri dari lava *andesitic-basaltic* dan breksi vulkanik yang diselingi dengan batuan sedimen tufa. Formasi Honje diintrusi oleh *andesitic* sub-vulkanik dan breksi *diatreme* (Angeles, et al., 2002) (Harijoko, et al., 2004).

Penelitian ini dilakukan untuk menemukan keberadaan cadangan emas baru berdasarkan hasil integrasi data magnetik, resistivitas, dan IP di daerah Ciparay, Cibaliung, Kabupaten Pandeglang, Banten. Ciparay merupakan daerah eksplorasi milik PT. ANTAM Tbk., yang berada tepat di sebelah tenggara dari lokasi Vein Cikoneng-Cibitung.

Metodologi

Lokasi penelitian berada di daerah Ciparay, Cibaliung, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Penelitian ini menggunakan data geofisika sekunder berupa data magnetik, resistivitas, dan IP domain waktu. Data penelitian telah diakuisisi pada tahun 2019 oleh PT. ANTAM Tbk. Data magnetik yang digunakan sebanyak 4.459 titik pengukuran dengan luas wilayah 1.450×1.500 m². Sedangkan, data resistivitas dan IP yang digunakan

sebanyak tujuh lintasan dengan panjang tiap lintasan 1.450 m dan jarak antar lintasan 100 m. Pengukuran metode resistivitas dan IP digunakan elektroda sebanyak 58 buah dan jarak antar elektroda 25 m. Pengukuran dilakukan menggunakan konfigurasi Wenner. Lintasan pengukuran dibuat secara paralel yang memanjang dari arah Barat Laut ke Timur Laut. Desain survei geofisika dibuat berdasarkan peta geologi lokal Ciparay seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Desain survei akuisisi data geofisika, dimana lintasan magnetik ditandai dengan garis warna hitam dan lintasan metode resistivitas & IP ditandai dengan garis merah.

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahapan; pertama, membuat model sintetik yang menggambarkan sistem mineralisasi sesungguhnya lalu diproses secara *forward modeling* hingga diperoleh *theoretical data*. Selanjutnya *theoretical data* yang terukur dilakukan proses inversi (hanya metode resistivitas dan IP) hingga mendapatkan hasil inversi dari model sintetik. Kedua, dilakukan pengolahan data lapangan untuk mengetahui keberadaan zona mineralisasi pada daerah penelitian. Interpretasi dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif dengan menjadikan nilai sifat fisik batuan hasil pengukuran, hasil pemodelan sintetik, dan peta geologi sebagai acuan dasar analisis. Pengolahan data magnetik pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa proses diantaranya koreksi data, transformasi dan teknik *edge detectors*. Data magnetik pengukuran masih dipengaruhi medan magnet internal dan eksternal, sehingga perlu dilakukan koreksi *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF) dan koreksi harian untuk mendapatkan anomali magnetik daerah pengukuran. Anomali yang diperoleh yaitu *Total Magnetic Intensity* (TMI) yang bersifat *dipole*. Anomali magnetik yang bersifat *dipole* tersebut perlu dilakukan proses transformasi *reduce to pole* (RTP) untuk menghilangkan pengaruh sudut inklinasi magnetik agar

bersifat *monopole*. Transformasi tersebut diperlukan karena sifat *dipole* pada anomali magnetik menyulitkan interpretasi data lapangan yang umumnya masih berpola asimetrik. Nilai anomali magnetik selanjutnya dilakukan teknik *edge detectors* untuk mempermudah tugas interpretasi. Diantara teknik *edge detectors* yang dipakai pada penelitian ini yaitu *tilt derivative* dan *analytic signal*. *Analytic signal* (AS) didefinisikan sebagai akar kuadrat dari jumlah kuadrat turunan vertikal dan horizontal dari medan magnet total. *Analytic signal* tidak tergantung pada parameter medan magnet bumi (inklinasi) dan arah magnetisasi. *Analytic signal* menghasilkan amplitudo maksimum berada langsung secara simetris di atas sumber anomali magnetik (Qin, 1994). Selain itu, *analytic signal* sangat sensitif terhadap batas anomali sehingga efektif digunakan untuk menggambarkan zona batas geologi. Sedangkan, *Tilt derivative* (TDR) merupakan perbandingan antara nilai intensitas magnetik komponen *vertical derivative* (VDR) terhadap nilai intensitas magnetik komponen *total horizontal derivative* (THDR). *Tilt derivative* memiliki tiga tingkat amplitudo yaitu positif, nol (0), dan negatif. Amplitudo positif terletak di atas sumber anomali dan amplitudo negatif berada jauh dari sumber anomali tersebut. Sedangkan, amplitudo nol berada di atas atau dekat dengan tepi sumber anomali. Oleh karena itu, teknik ini dapat digunakan untuk menentukan batas anomali dengan melakukan *picking* pada kontur nol (Miller & Singh, 1994). *Tilt derivative* ini cocok digunakan sebagai dasar analisis untuk mengidentifikasi adanya zona-zona rekahan sebagai pengontrol mineralisasi (Verduzco, 2004). *Tilt derivative* mampu menyoroti sumber magnetik dangkal dan juga dalam yang lebih baik daripada *analytic signal* (Nasuti & Nasuti, 2018).

Delineasi zona struktur pengontrol mineralisasi berdasarkan magnetik akan diperkuat dengan data resistivitas dan IP. Parameter yang diperoleh dari pengukuran metode resistivitas dan IP berupa nilai resistivitas semu dan *chargeability* semu. Nilai tersebut kemudian diinversi dengan bantuan *software Res2dinv* untuk mendapatkan model penampang dua dimensi (2D) resistivitas dan *chargeability* sebenarnya. Data hasil inversi selanjutnya dibuat model tiga dimensi (3D) untuk melihat pola persebaran dan kemenerusan anomali data resistivitas dan *chargeability*.

Hasil Penelitian

Model Sintetik

Dalam penelitian ini dibuat model sintetik yang bertujuan untuk mengetahui keberhasilan metode geofisika (magnetik, resistivitas, dan IP) dalam eksplorasi mineral. Model sintetik ini dibuat berdasarkan *cross section* titik bor pada Vein Cikoneng dan Cibitung dalam Angeles, dkk., (2002) serta, peta stratigrafi daerah penelitian (Tim Eksplorasi Emas Cibaliung PT. Antam, 2019). Hasil

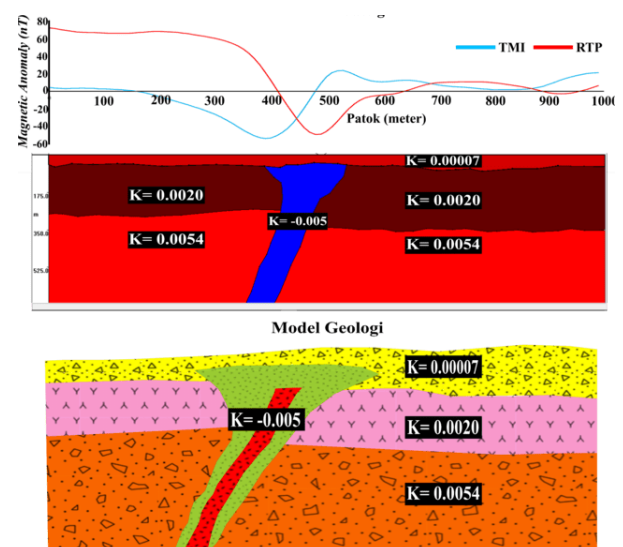
model sintetik ini akan membantu dalam menginterpretasikan data aktual lapangan. Model sintetik magnetik dibuat berdasarkan model konseptual geologi dengan parameter fisis pemodelan seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1 Parameter fisis model sintetik magnetik

Parameter Pemodelan	Nilai	Keterangan
IGRF	45000 nT	Sesuai daerah penelitian
Inklinasi	-0,30	Sesuai daerah penelitian
Deklinasi	0,3	Sesuai daerah penelitian
Suseptibilitas batuan	0,00007 SI	Material endapan vulkanik
	0,0020 SI	Tufa vulkanik
	0,0054 SI	Breksi <i>pyroclastic</i>
	-0,005 SI	Zona alterasi

(Telford, et al., 1990)

Respons amplitudo magnetik terhadap model sintetik menunjukkan adanya anomali magnetik *dipole* (garis berwarna biru) tepat di atas zona mineralisasi. Anomali magnetik *dipole* yang diubah menjadi *monopole* (garis berwarna merah) menunjukkan respons anomali magnetik negatif tepat di atas zona mineralisasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Adanya zona alterasi dan struktur geologi berupa patahan atau rekahan menyebabkan terjadinya respons anomali magnetik yang terukur negatif. Hal ini terjadi karena batuan yang terdeformasi (struktur geologi) dan teralterasi (akibat larutan hidrotermal) menyebabkan sifat kemagnetan batuan tersebut menghilang. Perubahan anomali magnetik akan semakin jelas ketika letak daerah target berada di dekat permukaan. Oleh karena itu, dalam eksplorasi mineral sistem epitermal penggunaan metode magnetik sangat bagus dilakukan. Model sintetik resistivitas dan IP dibuat berdasarkan model konseptual geologi dengan parameter pemodelan seperti pada Tabel 2.



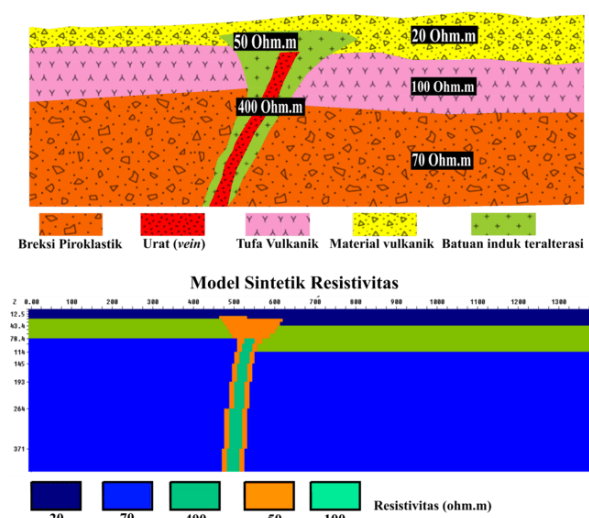
Gambar 1. Respons amplitudo magnetik terhadap model sintetik sistem mineralisasi emas

Tabel 2. Parameter fisis model sintetik Resistivitas dan IP

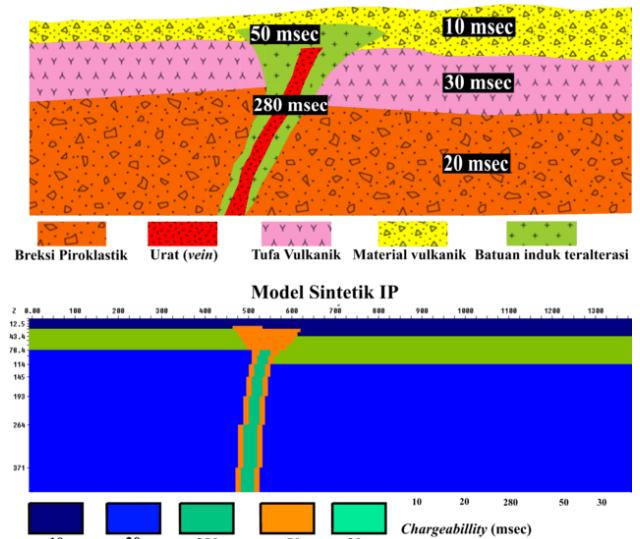
Parameter Pemodelan	Nilai	Keterangan
Panjang Lintasan	1.450 m	Sesuai data aktual
Jarak antar elektroda	25 m	Sesuai data aktual
Konfigurasi	Wenner	Sesuai data aktual
Resistivitas dan chargeability batuan	70 ohm.m dan 20 msec	Breksi Piroklastik
	50 ohm.m dan 50 msec	Batuan teralterasi
	400 ohm.m dan 280 msec	Urat (vein)
	100 ohm.m dan 30 msec	Tufa vulkanik
	20 ohm.m dan 10 msec	Material vulkanik

(Telford, et al., 1990)

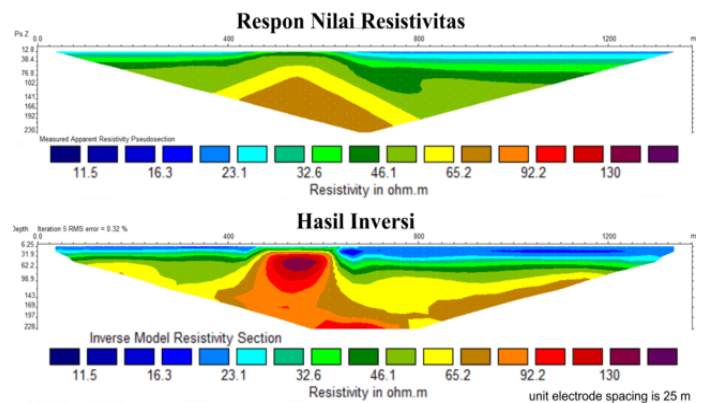
Model konseptual sistem mineralisasi emas dan model sintetik resistivitas ditunjukkan pada Gambar 3, sedangkan model konseptual sistem mineralisasi emas dan model sintetik IP ditunjukkan pada Gambar 4. Respons nilai resistivitas dan IP terhadap model sintetik menunjukkan pola anomali tinggi pada zona mineralisasi. Secara umum, zona mineralisasi memiliki kandungan mineral logam dan sulfida yang relatif tinggi sehingga menyebabkan adanya respons anomali resistivitas dan IP yang tinggi. Respons anomali tersebut kemudian dilakukan inversi untuk mengetahui kesesuaian anomali yang terukur. Hasil inversi menunjukkan penguatan nilai anomali baik resistivitas maupun IP dengan nilai *RMS error* masing-masing 0.42 % dan 1.7 % dengan 5 kali proses iterasi. Respons nilai resistivitas terhadap zona mineralisasi yaitu antara 65-95 ohm.m, sedangkan setelah diinversi pada rentang antara 65-130 ohm.m, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 2 Model konseptual sistem mineralisasi emas dan model sintetik resistivitas

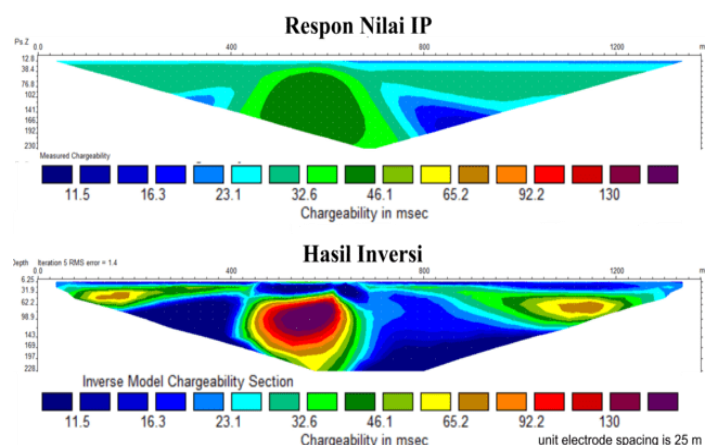


Gambar 3 Model konseptual sistem mineralisasi emas dan model sintetik IP



Gambar 4 Penampang respons nilai resistivitas dan hasil inversi terhadap model sintetik

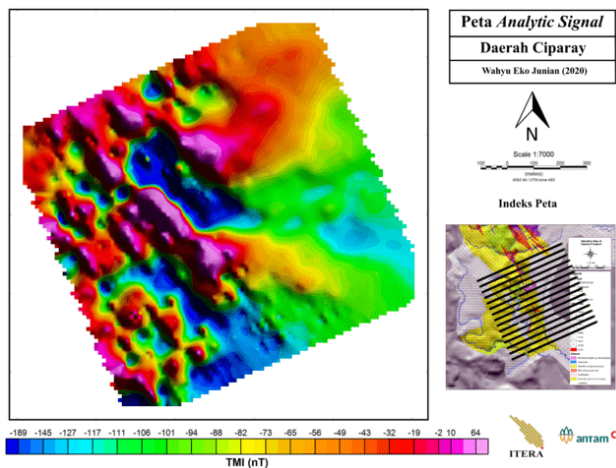
Sedangkan, respons nilai *chargeability* terhadap zona mineralisasi yaitu antara 35-55 msec dan setelah diinversi pada rentang antara 35-200 msec, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 5 Penampang respons nilai IP dan hasil inversi terhadap model sintetik

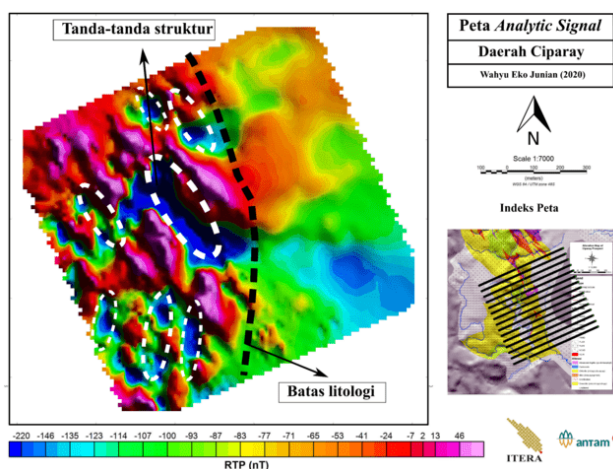
Hasil Metode Magnetik

Berdasarkan hasil model sintetik zona potensi keberadaan mineralisasi ditunjukkan oleh anomali negatif. Anomali negatif tersebut merupakan respons hilangnya sifat kemagnetan batuan yang disebabkan adanya batuan yang terdeformasi (struktur geologi) dan teralterasi (akibat larutan hidrotermal). Hal ini akan menjadi acuan dalam penginterpretasi data magnetik di daerah penelitian. Data pengukuran lapangan yang telah dilakukan koreksi IGRF dan koreksi harian menghasilkan anomali *total magnetic intensity* (TMI) seperti pada Gambar 7.



Gambar 6 Peta Total Magnetik Intensity (TMI) yang masih bersifat *dipole*

Peta TMI ini masih dipengaruhi oleh dua kutub magnetik (*dipole*), sehingga sulit dalam menentukan posisi sumber anomali di bawah permukaan. Proses untuk mengubah kutub magnetik *dipole* menjadi *monopole* dapat dilakukan dengan transformasi *reduce to pole* (RTP). RTP digunakan untuk mengubah posisi arah gaya anomali magnetik di bawah permukaan menjadi vertikal (*monopole*).



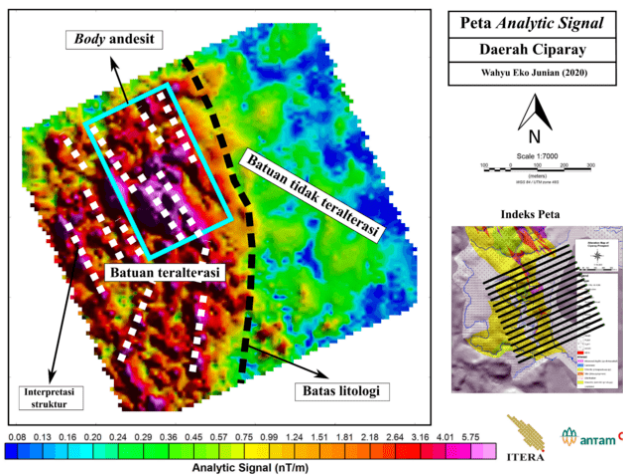
Gambar 7 Interpretasi pada peta RTP, dimana batas litologi ditunjukkan oleh garis hitam dan tanda-tanda struktur geologi ditunjukkan oleh garis putih putus-putus pada anomali negatif

Distribusi nilai intensitas magnetik hasil RTP bervariasi antara -220 nT (warna biru) sampai dengan 46 nT (warna merah), seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 8. Berdasarkan variasi nilai intensitas magnetik tersebut, dapat dibagi menjadi dua zona, yaitu Zona Barat Daya dan Zona Timur Laut (dibatasi oleh garis putus-putus berwarna hitam). Pada Zona Barat Daya cenderung memiliki persebaran nilai kemagnetan batuan yang heterogen (terdapat anomali tinggi dan rendah). Nilai anomali magnetik negatif (rendah) yang berkisar antara -220 hingga -135 nT dan dibatasi oleh anomali-anomali tinggi diduga sebagai tanda-tanda keberadaan struktur geologi berupa patahan dan rekahan yang mengontrol mineralisasi (garis putus-putus berwarna putih). Anomali negatif tersebut disebabkan hilangnya sifat kemagnetan batuan akibat adanya fluida hidrotermal panas yang melewati batuan tersebut melalui zona struktur. Hal tersebut sesuai dengan hasil model sintetik yang telah dibuat. Sedangkan, Zona Timur Laut memiliki persebaran nilai kemagnetan batuan yang cenderung homogen berkisar antara -123 hingga -71 nT. Zona ini diduga sebagai satu kesatuan litologi batuan yang tidak dilalui oleh struktur geologi.

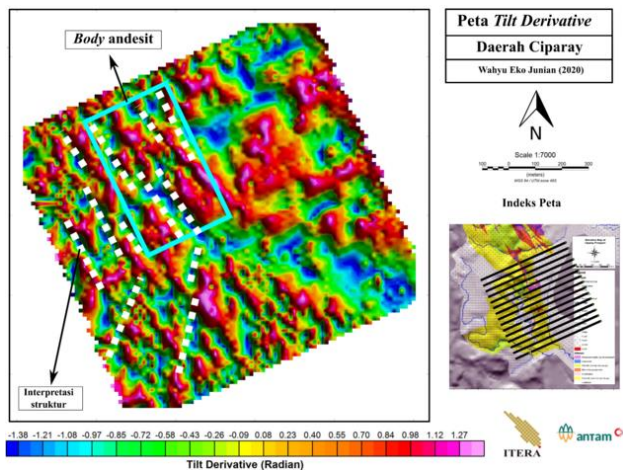
Analytic signal dilakukan untuk mempermudah dalam menemukan batas anomali bawah permukaan. Dalam hal ini, nilai anomali magnetik yang dihasilkan dinyatakan dalam satuan nT/m. Distribusi nilai *analytic signal* bervariasi antara 0,08 nT/m (warna biru) sampai dengan 5,75 nT/m (warna merah) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Berdasarkan interpretasi sebelumnya pada peta RTP terdapat dua zona, yaitu Zona Barat Daya dan Zona Timur Laut. Hasil *analytic signal* memperlihatkan penguatan anomali pada Zona Barat Daya dengan rentang 0,99 hingga 5,75 nT/m yang diduga sebagai respons dari batuan yang teralterasi. Sedangkan pada Zona Timur Laut tidak terjadi penguatan anomali (0,08 hingga 0,75 nT/m), yang merupakan respons batuan sedimen vulkanik tidak teralterasi. Amplitudo maksimum pada *analytic signal* merupakan respons dari adanya batas anomali. Oleh karena itu, pada Zona Barat Daya dilakukan interpretasi keberadaan struktur pengontrol mineralisasi dengan *picking* pada nilai amplitudo maksimum. Hasil interpretasi struktur pada peta *analytic signal* menunjukkan jalur struktur dengan arah NW dan NNE (garis putus-putus berwarna putih). Keberadaan struktur dengan arah NW lebih dominan dibanding pada arah NNE. Distribusi amplitudo tinggi yang luas pada Zona Barat Laut bagian Utara (ditunjukkan oleh simbol kotak biru pada Gambar 9) diduga sebagai zona struktur utama pengontrol mineralisasi di daerah Ciparay. Berdasarkan informasi geologi lokal zona struktur ini berada pada tubuh batuan induk *andesitic*. Dalam peta RTP sebelumnya daerah ini ditunjukkan oleh anomali magnetik negatif.

Tilt derivative berguna memperjelas batasan dan bentuk anomali di bawah permukaan. Apabila batas anomali memiliki pola kelurusan yang sama maka dapat diduga

pola tersebut merupakan pola kelurusan dari struktur patahan. Hasil *tilt derivative* ditunjukkan oleh Gambar 10, dimana interpretasi pola struktur dilakukan dengan *picking* pada kontur nol (0). Hasil interpretasi struktur pada peta *tilt derivative* menunjukkan jalur struktur dengan arah NW dan NNE (garis putus-putus berwarna putih). Struktur arah NW terlihat lebih mendominasi, sehingga diduga sebagai struktur utama pengontrol mineralisasi. *Tilt derivative* mampu memperlihatkan batas-batas anomali lebih jelas, sehingga hasil ini memperkuat interpretasi yang telah dilakukan pada peta RTP dan *analytic signal*.



Gambar 8 Interpretasi pada peta *analytic signal*, dimana keberadaan struktur ditandai garis putih putus-putus berada pada amplitudo maksimum dan kotak biru menunjukkan adanya *body andesit*



Gambar 9 Interpretasi pada peta *tilt derivative*, dimana keberadaan struktur ditandai garis putih putus-putus berada pada amplitudo nol (0) dan kotak biru menunjukkan adanya *body andesit*

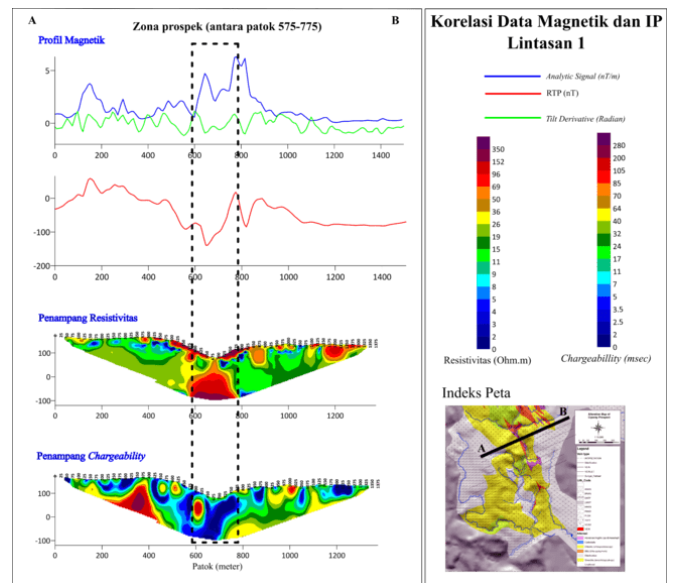
Analisis data magnetik yang telah dilakukan menghasilkan delineasi keberadaan struktur pengontrol mineralisasi dengan arah NW dan NNE. Tanda-tanda keberadaan mineralisasi berdasarkan analisis data magnetik ditemukan di Zona Barat Daya bagian Utara. Zona ini akan menjadi fokus utama dalam analisis lebih

lanjut pada data resistivitas dan IP untuk melihat ada atau tidaknya potensi keberadaan urat kuarsa pembawa mineral emas.

Hasil Metode Resistivitas dan IP

Berdasarkan hasil model sintetik resistivitas dan IP, zona potensi keberadaan mineralisasi ditunjukkan oleh anomali resistivitas tinggi dan *chargeability* tinggi. Hasil ini akan dijadikan sebagai acuan dalam menginterpretasikan data lapangan. Data resistivitas dan IP yang diintegrasikan dengan data magnetik dan geologi diharapkan dapat memberikan informasi bawah permukaan mengenai karakteristik endapan emas. Berikut merupakan interpretasi terpadu dari masing-masing lintasan pengukuran.

Penetrasi kedalaman pada setiap lintasan pengukuran resistivitas dan IP mencapai sekitar 230 meter. Distribusi nilai resistivitas secara umum antara 0 (rendah) sampai 350 ohm.m (tinggi), sedangkan *chargeability* antara rentang 0 (rendah) sampai 280 msec (tinggi). Pada lintasan 1 yang ditunjukkan oleh Gambar 11, terdapat anomali magnetik rendah (interpretasi struktur) di posisi patok 575 sampai 775. Anomali tersebut merupakan respons hancurnya kemagnetan batuan akibat adanya struktur rekahan dengan nilai intensitas magnetik antara -200 sampai -135 nT.

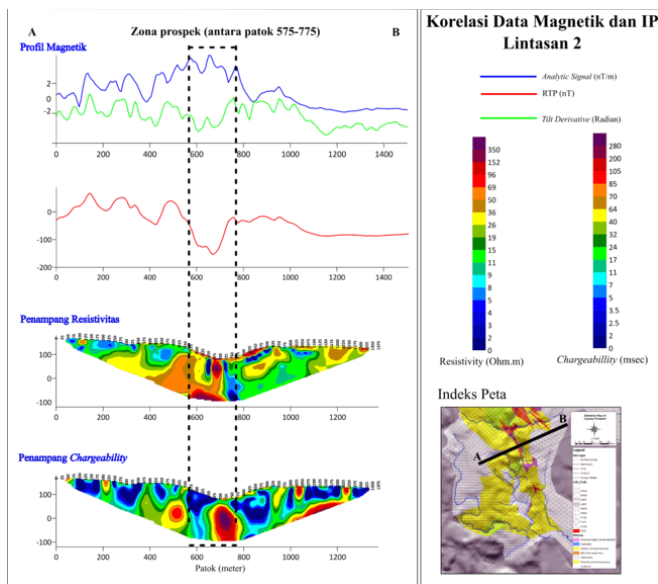


Gambar 10 Korelasi penampang resistivitas, IP, dan profil magnetik lintasan 1

Hasil *analytic signal* dan *tilt derivative* juga menunjukkan bahwa ada penguatan anomali dan zona batas anomali pada lokasi ini. Pada lokasi patok 575 sampai 775 memiliki nilai resistivitas tinggi (50-350 ohm.m) di kedalaman mulai 100 meter. Berdasarkan data geologi anomali resistivitas tinggi tersebut merupakan respons dari adanya struktur rekahan yang diikuti alterasi *illitic* (*illite-pirit± kuarsa+smectite*). Adapun respons IP pada

posisi patok tersebut menunjukkan adanya nilai *chargeability* tinggi (40-105 msec) dan di sekitarnya diikuti nilai *chargeability* rendah (0-5 msec) yang lebih mendominasi. Nilai *chargeability* tersebut mempresentasikan hadirnya mineral bijih yang di dalamnya terkandung emas dengan luasan daerah yang relatif kecil.

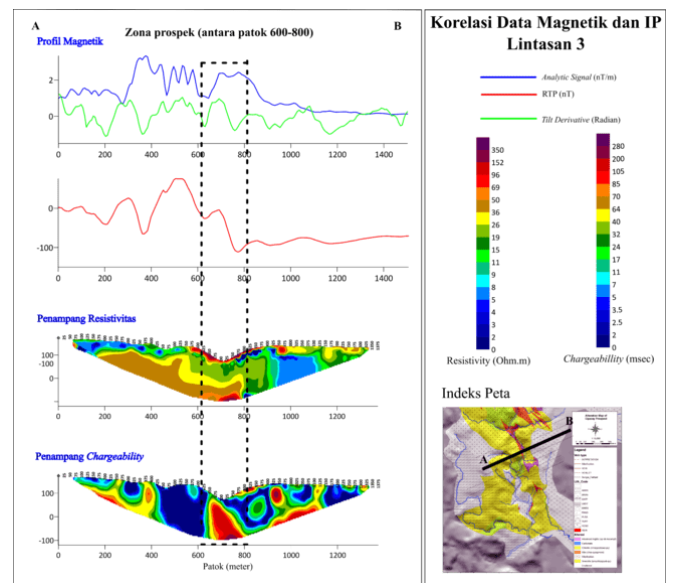
Pada lintasan 2 yang ditunjukkan oleh Gambar 12, terdapat anomali magnetik rendah (interpretasi struktur) di posisi patok 575 sampai 775 yang merupakan pola kemenerusan dari anomali pada lintasan 1. Anomali rendah merupakan respons hancurnya kemagnetan batuan akibat adanya struktur rekahan dengan nilai intensitas magnetik berkisar antara -200 sampai -135 nT. Hasil *analytic signal* dan *tilt derivative* juga menunjukkan bahwa ada penguatan anomali dan zona batas anomali pada lokasi ini, Nilai resistivitas pada patok 550 sampai 750 menunjukkan suatu anomali tinggi (50-350 ohm.m) di kedalaman mulai 100 m yang merupakan respons dari adanya struktur rekahan yang diikuti alterasi. Berdasarkan data geologi, daerah ini merupakan zona alterasi *illitic (illite-pirit+kuarsa+smectite)* dan *advance argillic*. Hadirnya mineral kuarsa menyebabkan tingginya nilai resistivitas yang terukur. Adapun respons IP pada posisi patok tersebut menunjukkan adanya nilai *chargeability* tinggi (40-105 msec). Sehingga dapat diasumsikan bahwa di patok antara 575 sampai 775 merupakan tempat terbentuknya mineralisasi emas.



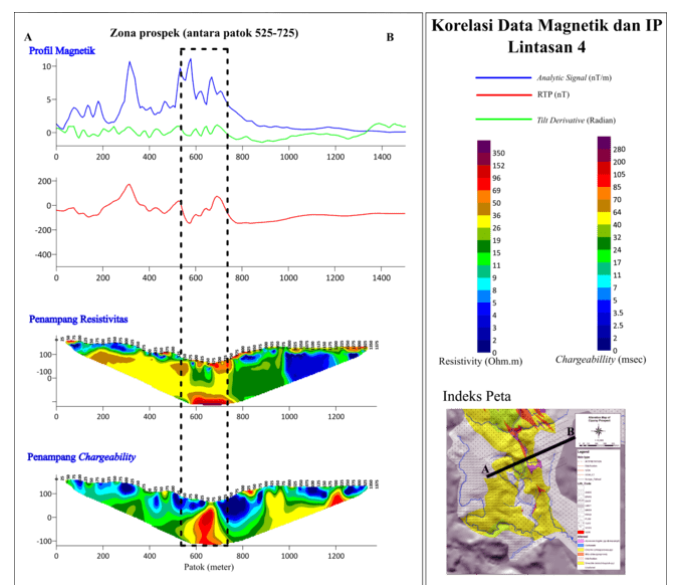
Gambar 11 Korelasi penampang resistivitas, IP, dan profil magnetik lintasan 2

Lintasan 3 yang dapat dilihat pada Gambar 13, memperlihatkan adanya pola anomali rendah (interpretasi struktur) di patok 600 sampai 800. Anomali magnetik rendah yang terukur merupakan respons hancurnya kemagnetan batuan akibat adanya struktur rekahan dengan nilai intensitas magnetik antara -200 sampai -135 nT.

Hasil *analytic signal* dan *tilt derivative* juga menunjukkan bahwa ada penguatan anomali dan zona batas anomali pada lokasi ini. Sedangkan nilai resistivitas menunjukkan suatu anomali tinggi (50-350 ohm.m) di kedalaman mulai 100 m yang merupakan respons dari adanya struktur rekahan yang diikuti alterasi batuan. Berdasarkan data geologi, daerah ini merupakan zona alterasi *illitic (illite-pirit+kuarsa+smectite)* dan *advance argillic*. Hadirnya mineral kuarsa menyebabkan nilai resistivitas yang terukur tinggi. Adapun respons IP pada posisi patok tersebut menunjukkan adanya nilai *chargeability* tinggi (40-105 msec). Sehingga dapat diasumsikan bahwa di patok antara 600 sampai 800 merupakan zona mineralisasi emas sebagai pola kemenerusan dari lintasan 1 dan 2.



Gambar 12 Korelasi penampang resistivitas, IP, dan profil magnetik lintasan 3

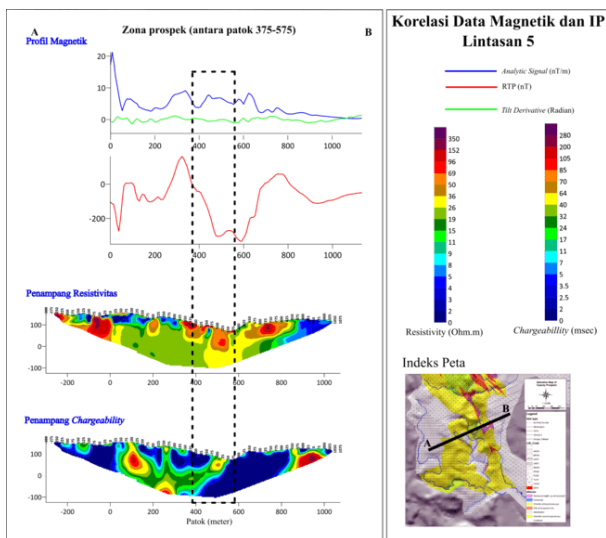


Gambar 13. Korelasi penampang resistivitas, IP, dan profil magnetik lintasan 4

Lintasan 4 yang dapat dilihat pada Gambar 14, memperlihatkan adanya pola kemenerusan anomali (interpretasi struktur) di patok 525 sampai 725. Anomali magnetik rendah yang terukur merupakan respons hancurnya kemagnetan batuan akibat adanya struktur rekahan dengan nilai intensitas magnetik antara -200 sampai -135 nT. Hasil *analytic signal* dan *tilt derivative* juga menunjukkan bahwa ada penguatan anomali dan zona batas anomali pada lokasi ini. Sedangkan nilai resistivitas menunjukkan suatu anomali tinggi (50-350 ohm.m) di kedalaman mulai 100 m yang merupakan respons dari adanya struktur rekahan yang diikuti alterasi batuan. Berdasarkan data geologi, daerah ini merupakan zona alterasi *illitic* (*illite*-pirit±kuarsa+*smectite*) dan *chloritic* (*chlorite*±kuarsa±*epidote*-pirit). Hadirnya mineral kuarsa menyebabkan nilai resistivitas yang terukur tinggi. Adapun respons IP pada posisi patok tersebut menunjukkan adanya nilai *chargeability* tinggi (40-105 msec). Sehingga dapat diasumsikan bahwa di patok antara 525 sampai 725 merupakan zona mineralisasi emas sebagai pola kemenerusan dari lintasan 1, 2 dan 3.

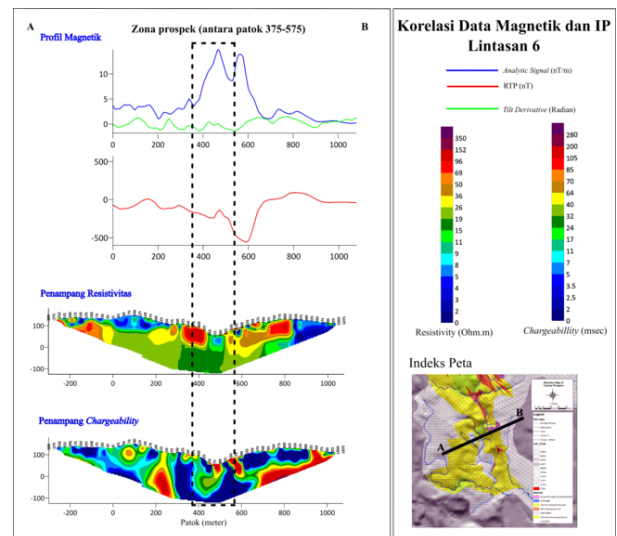
(*chlorite*±kuarsa±*epidote*-pirit) dan *advance argillic*. Hadirnya mineral kuarsa inilah yang menyebabkan nilai resistivitas yang terukur tinggi. Adapun respons IP pada posisi patok tersebut menunjukkan nilai *chargeability* tinggi (40 hingga 64 msec) dan didominasi anomali rendah. Sehingga dapat diasumsikan bahwa di patok antara 375 sampai 575 terdapat struktur yang mengontrol sistem hidrotermal dan diikuti adanya alterasi batuan. Anomali *chargeability* rendah pada patok tersebut merupakan respons adanya alterasi *advance argillic* dengan kandungan mineral yang sedikit.

Lintasan 6 dapat dilihat pada Gambar 16, dimana patok lintasan resistivitas dan IP mundur ke arah Barat Daya sejauh 300 meter dari lintasan magnetik. Pada patok 375 sampai 575 terdapat anomali magnetik rendah (interpretasi struktur) yang merupakan respons dari hancurnya kemagnetan batuan akibat adanya struktur rekahan dengan nilai intensitas magnetik antara -200 sampai -135 nT. Hasil *analytic signal* dan *tilt derivative* juga menunjukkan bahwa ada penguatan anomali dan zona batas anomali pada lokasi ini. Sedangkan nilai resistivitas menunjukkan batas adanya anomali tinggi (50-96 ohm.m) dan anomali rendah (5-11 ohm.m) di kedalaman mulai 100 m. Pola ini diduga respons akibat adanya struktur rekahan yang diikuti batuan teralterasi. Berdasarkan data geologi, daerah ini merupakan zona alterasi *illitic* (*illite*-pirit±kuarsa+*smectite*), *chloritic* (*chlorite*±kuarsa±*epidote*-pirit) dan *advance argillic*. Hadirnya mineral kuarsa inilah yang menyebabkan nilai resistivitas yang terukur tinggi. Adapun respons IP pada posisi patok tersebut menunjukkan adanya nilai *chargeability* tinggi (40-105 msec) dan di sekitarnya diikuti nilai *chargeability* rendah (0-5 msec) yang lebih mendominasi. Nilai *chargeability* tersebut mempresentasikan hadirnya mineral bijih yang di dalamnya terkandung emas dengan luasan daerah yang relatif kecil.



Gambar 14 Korelasi penampang resistivitas, IP, dan profil magnetik lintasan 5

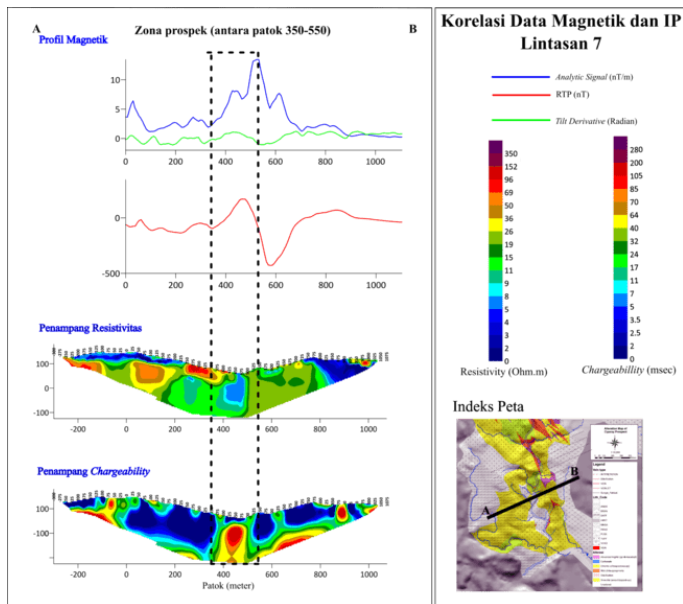
Lintasan 5 dapat dilihat pada Gambar 15, dimana patok lintasan resistivitas dan IP mundur ke arah Barat Daya sejauh 300 m dari lintasan magnetik. Anomali magnetik rendah (interpretasi struktur) berada pada patok 375 sampai 575 yang merupakan respons dari hancurnya kemagnetan batuan akibat adanya struktur rekahan dengan nilai intensitas magnetik antara -200 sampai -135 nT. Hasil *analytic signal* dan *tilt derivative* juga menunjukkan bahwa ada penguatan anomali dan zona batas anomali pada lokasi ini. Sedangkan nilai resistivitas menunjukkan suatu anomali tinggi antara 50-96 ohm.m di kedalaman mulai 100 m. Anomali ini diduga respons akibat adanya struktur rekahan yang diikuti alterasi batuan. Berdasarkan data geologi, daerah ini merupakan zona alterasi *illitic* (*illite*-pirit±kuarsa+*smectite*), *chloritic*



Gambar 15 Korelasi penampang resistivitas, IP, dan profil magnetik lintasan 6

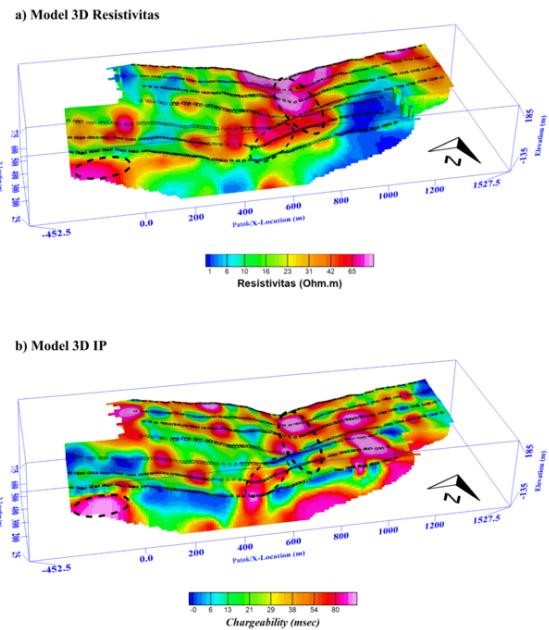
Lintasan 7 dapat dilihat pada Gambar 17, dimana patok lintasan resistivitas dan IP mundur ke arah Barat Daya sejauh 300 m dari lintasan magnetik. Pada patok 350 sampai 550 terdapat anomali magnetik rendah (interpretasi struktur) yang merupakan respons dari hancurnya kemagnetan batuan akibat adanya struktur rekahan dengan nilai intensitas magnetik antara 200 sampai -135 nT. Hasil *analytic signal* dan *tilt derivative* juga menunjukkan bahwa ada penguatan anomali dan zona batas anomali pada lokasi ini. Sedangkan nilai resistivitas menunjukkan batas adanya anomali tinggi (36-69 ohm.m) dan anomali rendah (5-11 ohm.m). Pola ini diduga respons akibat adanya struktur rekahan yang diikuti batuan teralterasi. Berdasarkan data geologi, daerah ini merupakan zona alterasi *illitic* (*illite*-pirit±kuarsa+*smectite*). Adapun respons IP pada posisi patok tersebut menunjukkan adanya nilai *chargeability* tinggi (40-105 msec). Nilai *chargeability* diduga sebagai respons hadirnya mineral bijih yang di dalamnya terkandung emas.

40 msec) dikorelasikan serta di-overlay dengan peta geologi daerah penelitian untuk melihat persebaran zona mineralisasi secara lebih komprehensif, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 19 (a) dan (b).



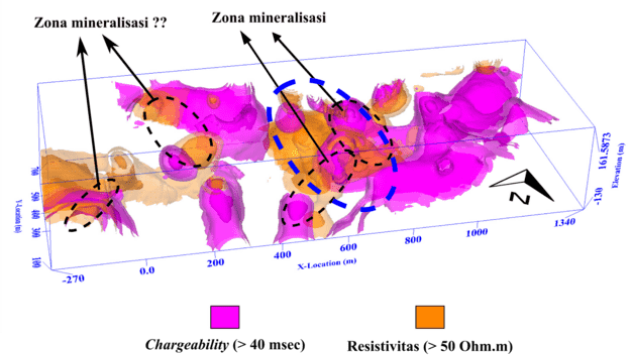
Gambar 16. Korelasi penampang resistivitas, IP, dan profil magnetik lintasan 7

Visualisasi 3D dilakukan dengan teknik interpolasi data resistivitas dan IP seluruh lintasan yang bertujuan untuk memudahkan penentuan sebaran zona mineralisasi. Gambar 18 (a) dan (b) merupakan model 3D dari data resistivitas dan *chargeability*, secara visual pola anomali tinggi dari kedua model tersebut memiliki arah NW dan NNE (garis putus-putus berwarna hitam). Anomali tinggi ini merupakan pola kemenerusan indikasi zona mineralisasi berdasarkan analisis penampang 2D sebelumnya. Model tersebut belum mampu menunjukkan persebaran anomali tinggi secara keseluruhan. Oleh karena itu, dilakukan pemisahan anomali tinggi dari data resistivitas dan *chargeability*. Nilai resistivitas tinggi (lebih dari 50 ohm.m) dan *chargeability* tinggi (lebih dari

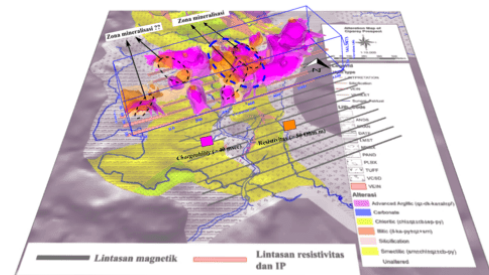


Gambar 17 (a) Visualisasi 3D data resistivitas dan, (b) 3D data *chargeability*

a) Korelasi Anomali Resistivitas dan *Chargeability* Tinggi



b) Overlay Anomali Tinggi Resistivitas dan *Chargeability* dengan Peta Geologi



Gambar 18 (a) Korelasi anomali resistivitas tinggi (lebih dari 50 ohm.m) dan *chargeability* tinggi (lebih dari 40 msec), (b) Overlay anomali tinggi resistivitas dan *chargeability* dengan peta geologi

Resistivitas tinggi diduga sebagai respons batuan induk *andesitic*, sedangkan nilai *chargeability* tinggi merupakan respons dari hadirnya mineral-mineral bijih seperti emas dan perak. Zona potensi keberadaan mineralisasi berada pada posisi patok 350-800 dengan arah persebaran mengikuti arah struktur geologi pengontrolnya yaitu NW dan NNE (garis putus-putus berwarna hitam). Pada patok -300 hingga 200 ditemukan persebaran anomali resistivitas dan *chargeability* yang diduga sebagai zona mineralisasi dengan jalur yang berbeda.

Kesimpulan

Berdasarkan peta RTP dapat diketahui pada Zona Barat Daya terdapat anomali magnetik negatif (rendah) yang berkisar antara -220 hingga -135 nT dan dibatasi oleh anomali-anomali tinggi diduga sebagai tanda-tanda keberadaan struktur geologi berupa patahan dan rekahan yang mengontrol mineralisasi. Hasil interpretasi peta *analytic signal* menunjukkan Zona Barat Daya memiliki jalur struktur dengan arah NW dan NNE. Hasil *tilt derivative* menunjukkan arah struktur yang sama dengan *analytic signal*. Namun, *tilt derivative* mampu memperlihatkan batas-batas anomali lebih jelas, sehingga memperkuat interpretasi yang telah dilakukan pada peta RTP dan *analytic signal*. Keberadaan struktur arah NW lebih dominan, sehingga diduga sebagai struktur utama pengontrol mineralisasi. Terdapat dugaan zona mineralisasi berdasarkan anomali tinggi data resistivitas dan *chargeability* berada pada posisi patok 350 hingga 800. Zona mineralisasi ini dicirikan dengan nilai resistivitas lebih dari 50 ohm.m dan nilai *chargeability* lebih dari 40 msec. Pola persebaran zona mineralisasi mengikuti arah struktur geologi pengontrolnya yaitu NW dan NNE.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada dosen dan staf pengajar Program Studi Teknik Geofisika Institut Teknologi Sumatera, yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini. Terima kasih juga untuk *Unit Geomin and Technology Development*, PT. ANTAM Tbk yang telah memberi kesempatan untuk dapat melakukan penelitian ini.

Referensi

- Agnoletto, E. & Leite, E. P. (2015) Identification of exploration gold targets in the alta floresta gold province, Mato Grosso state, Brazil, based on an integrated interpretation of magnetic and geoelectrical data. *Brazilian Journal of Geophysics*. **33**(2): 305-318
- Akbar, M. I. (2019) Interpretasi sebaran zona mineralisasi emas berdasarkan metode polarisasi terinduksi di daerah "Y" Gunung Pongkor Jawa Barat. *Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia*. **1**(2): 1-12
- Angeles, C. A., Prihatmoko, S. & Walker, J. (2002) Geology and alteration-mineralization characteristics of the Cibaliung epithermal gold deposit, Banten, Indonesia. *Resource Geology*. **52**(4): 329-339
- Carlile, J. & Mitchell, A. (1994) Magmatic arcs and associated gold copper mineralization in Indonesia. *Journal Geochemical Exploration*, **50**: 91-142.
- Corbett, G. & Leach, T. (1998) *Southwest Pacific Gold-copper system: Structure, alteration and mineralization*. 1st Edition. Society of Economic Geologists: Littleton
- Hall, R. (2009) *Indonesia Geology*. Royal Holloway University of London: Egham. pp. 454-460.
- Harijoko, A. et al. (2004) Timing of the mineralization and volcanism at Cibaliung gold deposit, Western Java, Indonesia. *Resource Geology*. **54**(2): 187-195
- Holden, E.-J. (2012) Identifying structural complexity in aeromagnetic data: An image analysis approach to greenfields gold exploration. *Ore Geol. Rev.* **46**: 47-59
- Ikransyah, A. C. L., Ismail, N., Rusydy, I. & Jaman, A. P. (2018) Delineasi area prospek emas berdasarkan anomali medan magnetik total reduksi ke kutub. *Journal of Aceh Physics Society*. **7**(3): 122-126.
- Leeuwen, T. V. (1994) 25 year of mineral exploration and discovery in Indonesia. *J. Geochem. Explor*, **50**(1-3): 13-90
- Man-Ho Han, S. W. S. (2016) Induced Polarization imaging applied to exploration for low-sulfidation epithermal Au-Ag deposits, Seongsan mineralized district, South Korea. *Journal Geophysics and Engineering*. **13**(5): 817-823.
- Miller, H. G. & Singh, V. (1994) Potential field tilt—a new concept for location of potential field sources. *Journal of Applied Geophysics*. **32**(2-3): 213-217.
- Nasuti, Y. & Nasuti, A. (2018) NTilt as an improved enhanced tilt derivative filter for edge detection of potential field anomalies. *Geophys. J. Int.* **214**(1):36-45.
- Qin, S. (1994) An analytic signal approach to the interpretation of total field magnetic anomalies. *Geophysical Prospecting*. **42**(6): 665-675
- Reynolds, J. M. (1998) *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. 1st Edition. John Wiley and Sons Inc.: Chicester
- Telford, M. W., Geldart, L. P. & Sheriff, R. E. (1990) *Applied Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tim Eksplorasi Emas Cibaliung PT. ANTAM. (2019) Stratigraphical and Mineralisation Setting Model bayah-West Java. p. Tidak dipublikasikan.
- Verduzco, B. (2004) New insights into magnetic derivatives for structural mapping. *The Leading Edge*. **23**(2): 116-119
- Yatini, et al. (2016) Application of time domain induced polarization (tdip) methods to metallic minerals prospect on Kasihan Region, Pacitan Regency, East Java, Indonesia. *Int. J. Econ. Environ. Geol.* **7**(1): 16-23