

INTEGRASI DATA MAGNETIK DAN *INDUCED POLARIZATION* UNTUK MENDELINEASI ZONA *GOLD-BEARING VEIN* DI LAPANGAN CIBALIUNG, KABUPATEN PANDEGLANG, BANTEN

MUHAMMAD SIDIQ¹, TITO WALUYO JIWANDONO², PUTRI PERTIWI³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Sleman, DI Yogyakarta, Email: sidiqmuhammad955@yahoo.com

Sari - Indonesia merupakan negara kepulauan yang berada pada Cincin Api Pasifik dengan aktivitas magmatisme yang cukup tinggi. Sirkulasi fluida hidrotermal hasil proses magmatisme menyebabkan terbentuknya zona alterasi pada batuan, yang pada beberapa kasus diiringi dengan mineralisasi emas, seperti yang terjadi di Prospek Cibaliung, Kabupaten Pandeglang, Banten. Proses alterasi mengakibatkan terubahnya parameter fisik batuan seperti susceptibilitas, resistivitas, dan chargeabilitas, sehingga zona mineralisasi emas dapat didelineasi menggunakan metode magnetik dan *Induced Polarization* (IP). Survei magnetik dilakukan pada area seluas ± 3 km² dengan jarak antar titik 20 m ke arah timur dan 100 m ke arah utara. Survei IP dilakukan pada 20 lintasan berorientasi barat-timur dengan panjang bentangan 1.2 km. Akuisisi data IP dilakukan menggunakan konfigurasi Wenner dengan jarak antar elektroda 25 m. Keberadaan zona mineralisasi emas pada daerah penelitian ditentukan melalui analisis data magnetik yang ditujukan untuk mencari struktur geologi sebagai pengontrol mineralisasi dan zona hancuran magnetit yang mengindikasikan zona alterasi. Sementara itu, analisis data IP dilakukan untuk mengetahui secara jelas posisi, arah, dan persebaran tubuh mineralisasi emas dengan cara mendeteksi kehadiran mineral sulfida sebagai ligan yang membawa logam emas. Analisis data magnetik menunjukkan bahwa zona mineralisasi emas memiliki respons intensitas magnet dominan pada angka 37 nT hingga 240 nT dan umumnya berasosiasi dengan struktur yang berorientasi barat laut. Mineralisasi emas ditemukan pada beberapa zona urat dengan nilai resistivitas di bawah 51 Ω m dan chargeabilitas di atas 50 ms.

Kata kunci: Alterasi hidrotermal, mineralisasi emas, susceptibilitas, resistivitas, chargeabilitas

Abstract - Indonesia is an archipelagic country located on the Pacific ring of fire with high magmatic activities. Hydrothermal fluids circulation resulting from magmatic processes causes the formation of alteration zones in rocks, which in some cases are followed by gold mineralization, as also found in Cibaliung Prospect, Pandeglang, Banten. The alteration processes cause changes in rock physical properties such as susceptibility, resistivity, and chargeability. Therefore, the gold mineralization zone can be delineated by using magnetic and *Induced Polarization* (IP) methods. The magnetic survey was conducted over an area of about 3 km² with sampling interval of 20 m eastward and 100 m northward. The IP survey was conducted on 20 east-west oriented lines, 1.2 km long. Wenner configuration was employed on this IP survey with electrode spacing of 25 m. The presence of gold mineralization zones in the study area are determined by magnetic data analyses, which were carried out to find geological structures in the study area. These structures control mineralization processes and magnetite damage zones, which indicate the alteration process. IP data analyses were conducted to clearly determine the position, direction and distribution of the gold mineralization body by detecting the presence of sulfide minerals as gold-bearing ligands. Magnetic data analyses show that gold mineralizations tend to occur at the area with magnetic anomaly of 37 nT to 240 nT and generally associated with northwest oriented structures. The Gold mineralizations are found in several vein zones with resistivity lower than 51 Ω m and chargeability more than 50 ms.

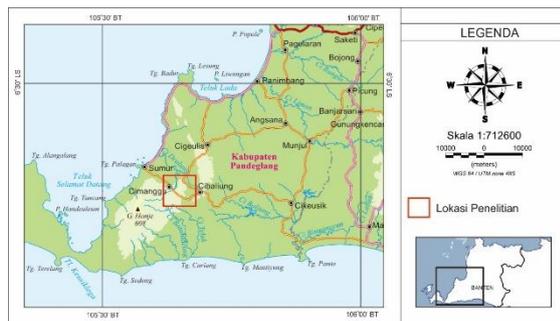
Keywords: hydrothermal alteration, gold mineralization, susceptibility, resistivity, chargeability

1. PENDAHULUAN

Emas merupakan komoditas logam mulia yang berperan sangat penting dalam perekonomian. Keterdapatannya di alam tersebar pada daerah yang memiliki aktivitas magmatisme yang tinggi dan

umumnya berasosiasi dengan daerah vulkanik. Salah satu daerah yang menunjukkan adanya potensi emas dan menjadi lokasi penelitian berada di Lapangan Cibaliung yang terletak di

Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian yang terletak di Lapangan Cibaliung, Kabupaten Pandeglang, Banten (Badan Informasi Geospasial, 2015).

Mineralisasi emas di Lapangan Cibaliung telah dikaji sebelumnya oleh beberapa peneliti, seperti Angeles dkk. (2002), Harijoko (2007), serta Kurniawan dan Hartono (2010). Analisis geologi yang dilakukan oleh para peneliti tersebut menunjukkan bahwa mineralisasi emas terbentuk pada urat kuarsa dengan *host rock* berupa lava andesitik hingga basaltik yang ditutupi oleh tuf dasitik. Tipe endapan merupakan sulfidasi epitermal rendah dengan suhu pembentukan antara 150° C–220° C.

Identifikasi endapan emas secara rinci pada dasarnya sulit dilakukan jika hanya mengandalkan survei geologi permukaan saja. Oleh sebab itu, penelitian ini terpusat pada analisis bawah permukaan melalui survei magnetik dan *Induced Polarization* (IP) yang bertujuan untuk mengetahui posisi, arah, serta persebaran zona *gold-bearing vein* di lokasi penelitian.

2. DATA DAN METODOLOGI

2.1 Data Magnetik dan IP

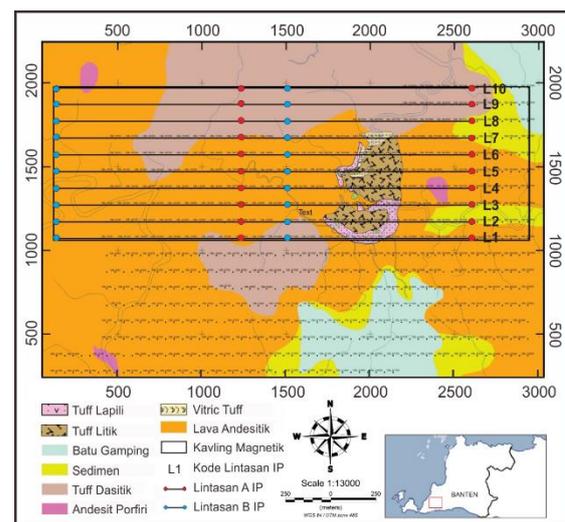
Data magnetik dan IP yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT. Antam Unit Geomin. Data magnetik terdiri dari 10 lintasan yang berorientasi barat-timur dengan jarak antar lintasan sebesar 100 m

dan jarak antar titik sampel sebesar 20 m. Pengambilan data dilakukan dengan teknik *base-roover* dan menggunakan instrumen berjenis *proton precession magnetometer*.

Survei IP dilakukan pada 20 lintasan yang terdiri dari lintasan A dan B. Tiap lintasan memiliki panjang bentangan sebesar 1,2 km dan berorientasi barat-timur. Akuisisi data dilakukan menggunakan instrumen SuperSting dengan konfigurasi elektroda Wenner dan jarak antar elektroda sebesar 25 m. Pengambilan data IP dan data resistivitas digunakan sebagai pendukung dalam penelitian ini. Kedudukan lintasan IP maupun kavling magnetik pada penelitian ini dapat dilihat pada peta geologi di (Gambar 2).

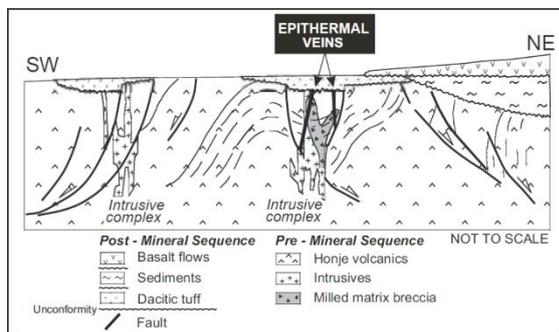
2.2 Data Geologi

Identifikasi zona mineralisasi emas juga melibatkan data geologi yang berasal dari literatur yang ditulis oleh peneliti terdahulu. Data geologi yang digunakan meliputi data litologi, struktur, alterasi, dan mineralisasi.



Gambar 2. Peta geologi yang menunjukkan persebaran lithologi di daerah penelitian. Peta tersebut juga menunjukkan posisi kavling magnetik dan lintasan IP di lokasi penelitian (Divisi Eksplorasi PT.Antam.Tbk., 2018).

Daerah penelitian terletak pada morfologi bergelombang lemah dan perbukitan sedang dengan elevasi antara 66 m–210 m. Morfologi bergelombang lemah dibentuk oleh alterasi smektit-ilit ataupun smektit-klorit dan morfologi perbukitan sedang dikontrol oleh alterasi silisik. Unit batuan pada daerah penelitian dibagi menjadi dua, yaitu pramineralisasi dan pascamineralisasi. Unit batuan pramineralisasi berasal dari Formasi Honje yang berupa lava andesitik-basaltik, breksi vulkanik, dan juga endapan sedimen. Batuan pramineralisasi seluruhnya ditutupi secara tidak selaras oleh batuan pascamineralisasi yang berupa tuf dasitik (Kurniawan dan Hartono, 2010).



Gambar 3. Skema penampang geologi Lapangan Cibaliung yang menunjukkan urat epitermal pada unit batuan pramineralisasi yang ditutupi unit batuan pasca mineralisasi (Angeles dkk., 2002).

Struktur geologi di lokasi penelitian berupa kekar gerus sebagai hasil dari *compressive stress* dan kekar tarik sebagai hasil dari *tensional stress*. Kekar gerus ditunjukkan oleh bidang yang lurus dan juga rata, serta umumnya berpasangan. Sementara itu, kekar tarik ditunjukkan oleh bidang kekar yang sedikit terbuka dan juga kasar. Struktur geologi lain yang dapat dijumpai berupa sesar mendatar mengangan, sesar mendatar mengiri, dan sesar normal (Al Hapsi, 2017). Struktur geologi yang berasosiasi dengan prospek emas disinyalir

memiliki arah barat laut dan diduga sebagai *graben* atau *pull apart basin* (**Gambar 3**).

Studi literatur menunjukkan bahwa pada daerah penelitian terbentuk lima zona alterasi, yaitu zona kuarsa-alunit, piropilit-dikit, kaolinit-dikit, ilit-smektit, dan smektit-klorit. Zona alterasi kuarsa-alunit, piropilit-dikit, dan kaolinit-dikit identik dengan zona alterasi tipe argilik lanjut. Sementara itu, zona ilit-smektit dan smektit klorit masing-masing identik dengan zona alterasi argilik dan piropilitik.

Angeles dkk. (2002) berpendapat bahwa mineralisasi yang terjadi di Lapangan Cibaliung terbentuk pada urat-urat kuarsa dengan tekstur berupa *stockwork-massive vein*, *crustiform-colloform vein*, *clay matrix breccia*, dan *post-mineral fault gouge* dengan ciri-ciri sebagai berikut:

- Tekstur *stockwork* terbentuk di sepanjang batas sistem utama urat epitermal.
- Tekstur *massive vein* terdiri atas butir kuarsa kasar, adularia, dan kalsit yang bervariasi, serta sulfida yang sedikit.
- Tekstur *crustiform-colloform* terdiri atas kuarsa dan adularia yang mengalami peningkatan mineral lempung berupa smektit dan/atau klorit, kalsit, dan kaolinit secara lokal. Pada tekstur ini ditemukan mineral lempung dan sulfida dengan kandungan emas yang cukup tinggi.
- Tekstur *clay matrix breccia* terbentuk dari pecahan urat kuarsa-adularia yang tertanam dalam mineral lempung berupa smektit dan ilit. Penurunan konten kuarsa yang progresif pada breksi dengan mineral lempung yang tinggi menunjukkan adanya penurunan infiltrasi fluida dan disertai dengan menurunnya kualitas emas.
- *Post-mineral fault gouge* merupakan patahan yang cukup besar, yang memotong cukup banyak urat kuarsa. Tekstur ini direpresentasikan oleh fragmen kuarsa dan batuan samping yang tertanam dalam masa dasar

lempung berupa smektit, ilit, dan klorit. *Post-mineral fault gouge* dapat mengandung mineralisasi yang cukup signifikan.

2.3 Metodologi

Metode magnetik dan IP yang digunakan pada eksplorasi emas pada dasarnya memiliki fungsi dan tujuan yang berbeda. Metode magnetik merupakan metode regional yang tidak menunjukkan target penelitian secara langsung. Metode magnetik pada penelitian ini lebih ditujukan untuk mencari fitur geologi yang secara umum berasosiasi dengan proses mineralisasi, seperti keberadaan struktur patahan yang merupakan faktor pengontrol mineralisasi dan zona hancuran magnetik yang mengindikasikan proses alterasi.

Kehadiran emas pada lokasi penelitian secara spesifik ditentukan melalui metode IP. Metode ini mampu mendeteksi konsentrasi logam sulfida yang berperan sebagai ligan yang dapat mengikat emas dalam jumlah besar. Konsentrasi mineral sulfida ditandai dengan tingginya pembacaan nilai chargeabilitas pada penampang IP.

Pengolahan data pada metode magnetik diawali dengan proses kontrol kualitas data yang bertujuan untuk menghilangkan *noise* yang dapat mempengaruhi sinyal. Data kemudian dikoreksi terhadap nilai medan magnet utama serta medan magnet eksternal, sehingga diperoleh peta *Total Magnetic Intensity* (TMI) yang akan menggambarkan distribusi kemagnetan batuan di bawah permukaan. Analisis keberadaan zona urat termineralisasi emas akan melibatkan beberapa filter, seperti *Reduce to Equator* (RTE), *pseudogravity*, *Total Horizontal Derivative* (THD), dan *First Vertical Derivative* (FVD).

Filter RTE berfungsi untuk menghilangkan efek *dipole* pada peta TMI akibat magnetisasi yang tidak vertikal. Peta TMI yang telah difilter kemudian diubah

menjadi peta gravitasi semu melalui transformasi *pseudogravity*, sehingga filter THD dapat diterapkan. Peta THD yang diperoleh kemudian akan memperlihatkan nilai gradien gravitasi semu, di mana gradien bernilai tinggi dan berpola menyempit dapat diinterpretasikan sebagai struktur patahan. Namun demikian, gradien pada peta THD terkadang memperlihatkan pola anomali yang melebar dan penarikan struktur patahan menjadi sulit untuk dilakukan, sehingga perlu diterapkan filter FVD untuk memperjelas posisi patahan tersebut pada peta magnetik.

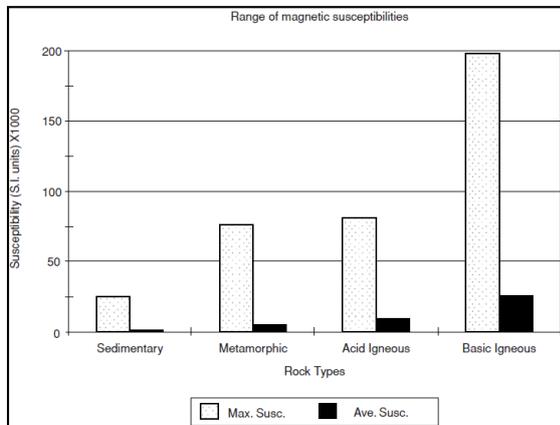
Pengolahan dan interpretasi data IP dan resistivitas melibatkan serangkaian tahap pengerjaan, seperti kontrol kualitas data, inversi data, interpretasi nilai resistivitas dan chargeabilitas, korelasi antar penampang, dan pembuatan model 3D IP. Kontrol kualitas data dilakukan dengan cara mengeliminasi *bad datum point* yang dicirikan dengan hadirnya *gap* yang jauh antara satu datum dengan datum lainnya. Data IP dan resistivitas kemudian diinversi dengan tujuan untuk mengubah nilai resistivitas dan chargeabilitas semu menjadi nilai sebenarnya. Penampang IP dan resistivitas kemudian diinterpretasi untuk mengetahui bagaimana alterasi dan mineralisasi mempengaruhi nilai chargeabilitas dan resistivitas batuan di lokasi penelitian. Interpretasi diakhiri dengan deliniasi zona *gold-bearing vein* dan pembuatan model 3D yang akan dikorelasikan dengan data magnetik.

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Data Magnetik

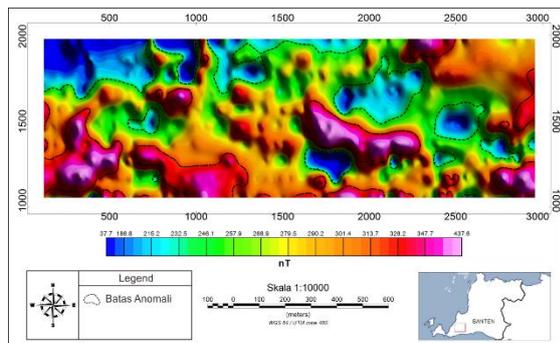
Pengolahan data magnetik memberikan luaran utama berupa peta TMI yang merupakan gambaran terhadap nilai magnetisme batuan di bawah permukaan. Analisis peta TMI diawali dengan mengkaji sifat kemagnetan batuan di lokasi penelitian yang terdiri dari lava andesitik dan basaltik. Kedua batuan tersebut merupakan batuan beku yang bersifat *intermediate* dan basa, yang pada keadaan segarnya mengandung

banyak mineral ferrimagnetik, seperti magnetit. Kehadiran mineral magnetit berdampak pada tingginya nilai kemagnetan batuan tersebut, sehingga kemagnetan yang dihasilkan oleh batuan sedimen di sekitar lokasi penelitian tidak akan berdampak signifikan pada data magnetik (**Gambar 4**).



Gambar 4. Perbandingan nilai kemagnetan batuan beku, metamorf, dan sedimen berdasarkan nilai suseptibilitasnya (Reynolds, 2011).

Pengamatan terhadap peta TMI (**Gambar 5**) memperlihatkan pola anomali yang sangat variatif dengan nilai intensitas magnet antara 37.7 nT dan 437.6 nT. Nilai anomali medan magnet pada lokasi penelitian kemudian diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses analisis (**Tabel 1**).



Gambar 5. Peta *Total Magnetic Intensity* (TMI) lokasi penelitian.

Pengamatan terhadap peta TMI memperlihatkan adanya tubuh anomali rendah. Hal ini tidak sesuai dengan hasil analisis nilai kemagnetan batuan beku sebelumnya. Hadirnya anomali rendah di lokasi penelitian menandakan telah terjadi proses demagnetisasi secara signifikan yang penyebab utamanya diduga kuat berasal dari proses alterasi hidrotermal. Sirkulasi fluida yang mengandung sulfur pada celah batuan dapat menyebabkan terubahnya mineral magnetit menjadi pirit yang bersifat nonmagnetik, sehingga terbentuk anomali rendah pada data magnetik. (Airo, M.-L, 2002)

Tabel 1. Klasifikasi dan interpretasi nilai medan magnet anomali daerah penelitian.

Anomali (nT)	Kategori	Hasil Analisis
37-240	Rendah	Teralterasi kuat
241-310	Sedang	Teralterasi sedang
311-437	Tinggi	Teralterasi lemah

Sulfur yang terkandung pada fluida hidrotermal merupakan unsur yang sangat penting dalam pembentukan endapan bijih pada sistem epitermal. Ion kompleks sulfida (HS^- dan H_2S) berperan sebagai ligan yang mampu mengikat dan mentransport mineral logam dalam jumlah besar, termasuk emas. Penedihan dan peningkatan pH pada suatu lingkungan pengendapan menyebabkan berkurangnya aktifitas HS^- , sehingga logam sulfida akan diendapkan bersamaan dengan mineral logam yang diikatnya (Pirajno 1992). Berdasarkan seluruh hasil analisis tersebut, maka dapat dikatakan bahwa zona mineralisasi emas akan terbentuk bersama dengan mineral sulfida dan zona magnetik rendah akibat hancurnya mineral magnetit.

3.2 Data IP dan Resistivitas

Kehadiran zona urat termineralisasi emas pada data IP dan resistivitas ditentukan

melalui studi literatur dan kajian geologi. Batuan beku dan tuf yang merupakan batuan penyusun daerah penelitian pada dasarnya bersifat resistif dan nonkapasitif. Batuan beku dan tuf dalam keadaan normal mampu memberikan reaksi resistivitas hingga puluhan ribu Ωm . Sifat resistif tersebut pada dasarnya disebabkan oleh minimnya unsur ionik ataupun logam yang terkandung di dalam batuan. Sementara itu, batuan beku dan tuf secara teoritis tidak memiliki sifat kapasitif, hal ini akan berdampak pada nilai chargeabilitas yang sangat rendah.

Pengamatan data inversi menunjukkan bahwa nilai resistivitas batuan di lokasi penelitian berkisar antara $0.318 \Omega\text{m}$ – $17615 \Omega\text{m}$ dan nilai chargeabilitas berkisar antara 0 ms – 728 ms . Nilai resistivitas dan chargeabilitas tersebut kemudian diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu rendah, sedang, dan tinggi (**Tabel 2**). Nilai resistivitas rendah dan chargeabilitas tinggi di lokasi penelitian menunjukkan adanya proses geologi yang telah mempengaruhi sifat kelistrikan batuan.

Tabel 2. Klasifikasi nilai resistivitas dan chargeabilitas batuan di daerah penelitian.

Resistivitas (Ωm)	Chargeabilitas (ms)	Kategori
1-50	0-50	Rendah
51-200	51-100	Sedang
>200	>100	Tinggi

Perubahan nilai resistivitas dan chargeabilitas pada dasarnya dapat dijelaskan dengan cara mengkaji data geologi daerah penelitian. Hasil analisis memperlihatkan bahwa banyak mineral lempung dan logam sulfida yang bersifat konduktif terbentuk selama proses alterasi. Kajian lebih lanjut terhadap data geologi memperlihatkan adanya sungai yang memotong batuan beku di lokasi penelitian, sehingga hal ini akan menurunkan nilai resistivitas lebih jauh lagi.

Analisis terhadap data chargeabilitas menunjukkan adanya anomali tinggi yang seharusnya tidak dimiliki oleh batuan beku andesit dan basalt. Kehadiran anomali tersebut diinterpretasikan sebagai akibat dari hadirnya logam sulfida pada batuan yang terendam oleh larutan ionik, dalam hal ini air tanah.

Injeksi arus listrik pada batuan menyebabkan terbentuknya penumpukan muatan listrik pada permukaan logam, sehingga timbul beda potensial pada permukaannya. Penghilangan injeksi listrik menyebabkan muatan kembali pada keadaan stabilnya melewati medium elektrolitik dan potensial butir perlahan-lahan menurun menjadi nol (Telford, dkk 1990). Waktu yang dibutuhkan oleh potensial untuk meluruh akan berbanding lurus terhadap nilai chargeabilitas dan konsentrasi logam sulfida, sehingga dapat dikatakan bahwa zona prospek emas adalah zona dengan chargeabilitas yang tinggi.

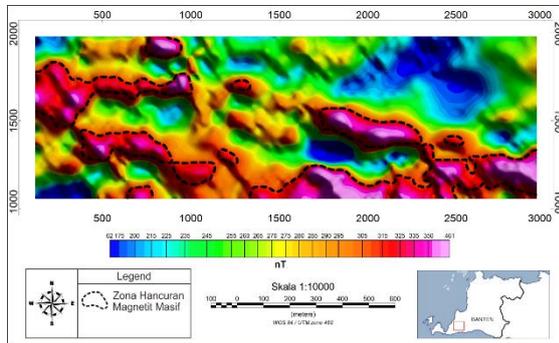
4. DISKUSI

4.1 Delineasi zona hancuran magnetit dan struktur geologi

Analisis data geologi menunjukkan fakta bahwa emas yang menjadi target penelitian pada dasarnya diendapkan pada daerah permeabel dan bersifat menghancurkan mineral magnetit. Interpretasi zona mineralisasi emas pada data magnetik akan didasari oleh fakta tersebut, namun interpretasi tidak dapat dilakukan hanya dengan mengandalkan peta TMI saja. Perlu dilakukan filter lain RTE, THD dan FVD.

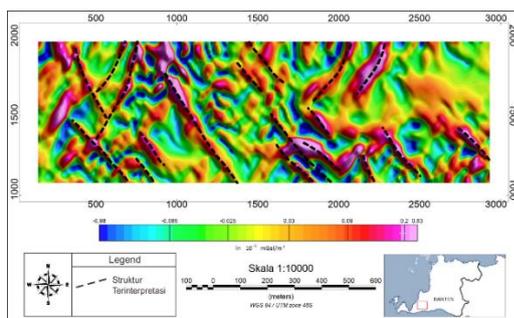
Analisis zona hancuran magnetit dilakukan terhadap peta hasil filter RTE yang telah terbebas dari efek *dipole*. Transformasi *reduce to equator* pada dasarnya dilakukan dengan cara mengubah nilai magnet anomali seolah-olah berada pada inklinasi dan deklinasi 0° . Hal tersebut mengakibatkan fluks magnetik batuan melawan arah magnetisasi, sehingga nilai anomali pada peta RTE akan terbalik, jika dibandingkan dengan nilai anomali pada

peta TMI (Hinze dkk, 2012). Pengamatan terhadap peta RTE memperlihatkan adanya anomali tinggi yang utamanya tersebar di sisi selatan lokasi penelitian (**Gambar 6**). Anomali tinggi tersebut diinterpretasi sebagai zona hancuran magnetit yang memiliki prospek emas.



Gambar 6. Peta RTE daerah penelitian dengan anomali berwarna merah yang diinterpretasikan sebagai zona hancuran magnetit masif dan berpotensi mengandung mineralisasi emas.

Penentuan zona *gold-bearing vein* (zona urat yang mengandung emas) juga dilakukan dengan cara mencari struktur sesar maupun kekar. Analisis struktur sangat penting karena mineralisasi pada sistem epitermal sulfidasi rendah umumnya berbentuk pengisian celah (*cavity filling*). Penarikan struktur pada lokasi penelitian dilakukan berdasarkan hasil analisis terhadap peta hasil filter FVD yang pada dasarnya diperoleh dari nilai gradien horizontal gravitasi semu (**Gambar 7**).



Gambar 7. Peta FVD daerah penelitian dengan struktur geologi yang diinterpretasikan berada pada gradien gravitasi semu yang tinggi.

Struktur geologi pada peta FVD memiliki nilai gradien anomali 0.01×10^{-6} – 0.63×10^{-6} mGal/m² dan ditunjukkan oleh garis hitam terputus. Pengamatan pada peta FVD memperlihatkan bahwa struktur di lokasi penelitian cenderung terbentuk pada arah barat laut dan timur laut. Daerah dengan sifat magnetik tinggi pada peta RTE dan berada di dekat struktur utama diinterpretasikan sebagai zona yang sangat berprospek menghasilkan emas.

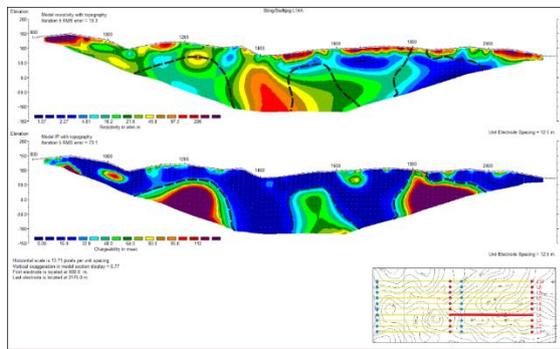
Survei magnetik yang dilakukan pada eksplorasi emas pada prinsipnya hanya dapat menunjukkan daerah prospek emas secara umum. Hal tersebut dikarenakan zona hancuran magnetit tidak selalu berkaitan dengan aktivitas sulfida, melainkan dapat juga disebabkan oleh proses oksidasi. Sementara itu, struktur yang terbentuk pada zona alterasi tidak seluruhnya berkaitan dengan mineralisasi bijih, tergantung pada permeabilitas dan waktu pembentukannya.

4.2 Delineasi zona *gold-bearing vein*

Kajian geologi yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa mineralisasi emas di Lapangan Cibaliung terbentuk pada urat yang tertanam pada mineral lempung dan berasosiasi dengan mineral sulfida. Kehadiran mineral lempung dan sulfida menyebabkan turunnya nilai resistivitas batuan, sehingga zona urat yang mengandung emas akan membentuk pola resistivitas yang rendah. Sementara itu, reaksi chargeabilitas pada penampang IP hanya dipengaruhi secara signifikan oleh mineral sulfida, sehingga keberadaan emas diinterpretasikan berada pada kontur dengan chargeabilitas yang tinggi.

Interpretasi zona *gold-bearing vein* mengambil contoh pada salah satu lintasan, yaitu lintasan 4A (**Gambar 8**). Zona *gold-bearing vein* diinterpretasikan berada pada kontur dengan chargeabilitas sedang hingga tinggi serta resistivitas yang rendah. Pengamatan terhadap lintasan 4A

memperlihatkan adanya tiga zona mineralisasi utama yang ditandai dengan nilai chargeabilitas sedang hingga tinggi (51 ms–502.92 ms) dan resistivitas yang rendah (<50 Ω m). Respons IP diberikan oleh mineral sulfida yang ada pada urat dan meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi mineral tersebut.

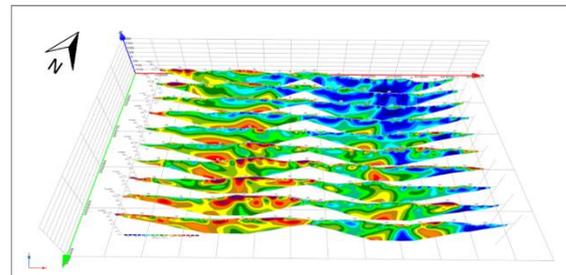


Gambar 8. Penampang resistivitas dan IP lintasan 4A pada daerah penelitian dengan keterdapatan tiga zona urat utama yang diduga mengandung mineralisasi emas.

Konsentrasi mineral sulfida dapat dipengaruhi oleh tingkat permeabilitas batuan. Batuan dengan densitas rekahan yang tinggi akan lebih mudah untuk diinfiltrasi oleh fluida dan kemudian membentuk zona urat yang termineralisasi. Lintasan 4A memperlihatkan zona resistivitas rendah yang jauh lebih besar jika dibandingkan zona chargeabilitas tingginya. Fenomena tersebut diakibatkan oleh alterasi lempung yang terjadi secara meluas serta adanya lapisan batuan yang tersaturasi air tanah.

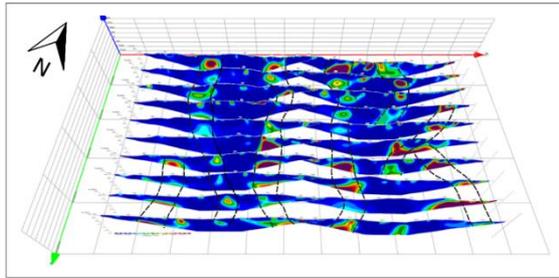
Analisis zona *gold-bearing vein* dilanjutkan dengan mengorelasikan seluruh penampang resistivitas (**Gambar 9**), untuk mendelineasi zona urat yang mengandung emas yang sebelumnya diinterpretasikan berada pada anomali rendah. Analisis terhadap seluruh penampang menunjukkan bahwa hampir seluruh nilai resistivitas masuk pada kategori rendah. Resistivitas rendah pada lokasi penelitian bisa saja dihasilkan oleh material lain yang tidak

berkaitan dengan mineralisasi emas, seperti mineral lempung dan air tanah. Anomali rendah yang tersebar meluas dapat disebabkan oleh faktor lain selain mineralisasi, menyebabkan deliniasi zona *gold-bearing vein* tidak dapat dilakukan pada penampang resistivitas karena hanya akan menghasilkan luaran yang ambigu.



Gambar 9. Korelasi penampang resistivitas dengan nilai resistivitas yang mendominasi berada pada kategori rendah di daerah penelitian. Rendahnya nilai resistivitas diinterpretasikan sebagai hasil gabungan antara mineralisasi bijih, mineral lempung, dan air tanah.

Deliniasi zona *gold-bearing vein* dilanjutkan pada analisis penampang chargeabilitas yang telah terkorelasi. Nilai chargeabilitas secara signifikan hanya dipengaruhi oleh konsentrasi logam sulfida, sehingga luaran yang diperoleh akan memiliki akurasi yang tinggi. Analisis yang dilakukan terhadap seluruh penampang memperlihatkan bahwa nilai chargeabilitas cenderung sangat bervariasi. Nilai chargeabilitas tinggi-sedang yang berpola menerus diinterpretasi sebagai zona *gold-bearing vein* (**Gambar 10**).



Gambar 10. Delineasi zona *gold-bearing vein* pada daerah penelitian yang ditandai dengan garis hitam terputus dan nilai chargeabilitas >50 ms.

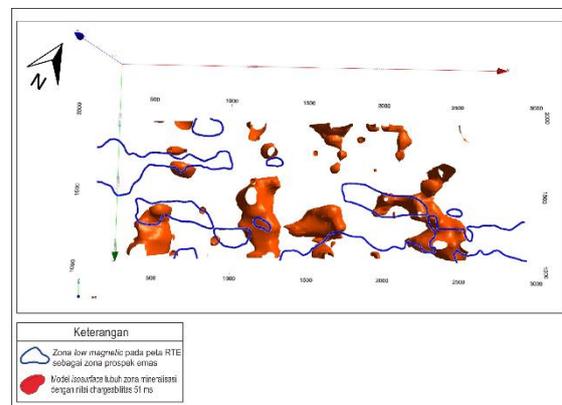
Analisis lebih jauh terhadap penampang chargeabilitas terkorelasi menunjukkan adanya perubahan nilai chargeabilitas tinggi menjadi sedang pada daerah yang didelineasi sebagai zona *gold-bearing vein*. Hal tersebut merupakan akibat adanya penurunan tingkat permeabilitas, sehingga fluida hidrotermal sulit untuk menginfiltrasi batuan dan mengendapkan mineral yang diikatnya. Interpretasi terhadap data chargeabilitas dan resistivitas secara singkat dapat dilihat pada (**Tabel 3**).

Tabel 3. Interpretasi nilai resistivitas dan chargeabilitas batuan di lokasi penelitian.

Resistivitas ($\Omega.m$)	Chargeabilitas (ms)	Interpretasi
Rendah	Rendah	Batuan teralterasi lempung/tersaturasi air
Tinggi	Rendah	Batuan <i>fresh</i> / silika sinter
Rendah-Sedang	Sedang-Tinggi	Zona mineralisasi emas pada daerah lempung
Tinggi	Tinggi	Zona mineralisasi emas pada silika

Analisis persebaran zona *gold-bearing vein* pada daerah penelitian dilakukan dengan membuat model *isosurface* menggunakan data chargeabilitas IP (**Gambar 11**). Model

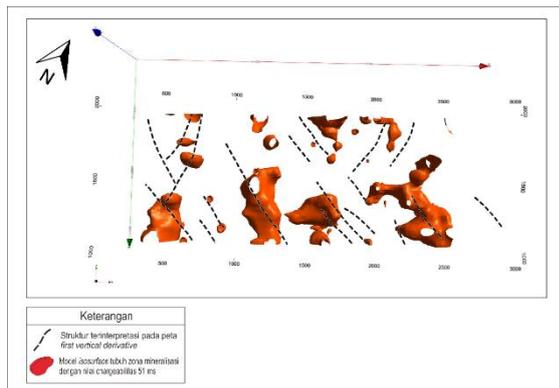
isosurface kemudian digabungkan dengan zona nonmagnetik pada peta RTE dan juga struktur terinterpretasi pada peta FVD. Hal ini bertujuan untuk menguji keakuratan data magnetik dan menyempitkan zona prospek. Pengamatan terhadap hasil korelasi antara model *isosurface* dan zona nonmagnetik memperlihatkan adanya kesesuaian, walaupun pada beberapa lokasi zona nonmagnetik tidak memperlihatkan respons chargeabilitas yang tinggi. Fenomena tersebut pada dasarnya dapat disebabkan oleh proses alterasi yang terjadi setelah diendapkannya mineral-mineral bijih dan proses oksidasi magnetit yang tidak berkaitan dengan mineralisasi emas. Zona nonmagnetik juga dapat disebabkan oleh hadirnya silika sinter yang pada dasarnya bersifat diamagnetik.



Gambar 11. Korelasi model *isosurface* tubuh mineralisasi emas terhadap zona nonmagnetik pada peta RTE.

Analisis pada hasil korelasi antara model *isosurface* dan struktur hasil interpretasi juga memperlihatkan kesesuaian. Tubuh mineralisasi cenderung terbentuk di sekitar struktur yang memiliki orientasi barat laut (**Gambar 12**). Namun demikian, beberapa struktur tidak menunjukkan adanya tubuh mineralisasi. Hal tersebut diinterpretasikan sebagai akibat dari hadirnya mineral lempung yang menutupi celah batuan, sehingga terjadi penurunan tingkat permeabilitas dan fluida hidrotermal tidak dapat menginfiltrasi batuan untuk

mengendapkan mineral bijih yang dikandungnya.



Gambar 12. Korelasi model *isosurface* tubuh mineralisasi emas terhadap struktur hasil interpretasi pada peta FVD.

5. KESIMPULAN

Data magnetik menunjukkan bahwa zona *gold-bearing vein* umumnya tersebar pada daerah dengan respons anomali magnetik yang bernilai antara 37 nT–240 nT dan cenderung berasosiasi dengan struktur yang berorientasi barat laut. Mineralisasi emas ditemukan pada beberapa zona urat dengan nilai chargeabilitas yang masuk pada kategori sedang hingga tinggi (> 50 ms) dan nilai resistivitas yang dominan masuk pada kategori rendah (<50 Ω .m).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Departemen Teknik Geofisika UPNYK yang telah berkontribusi dalam proses analisis data dan PT. Antam Unit Geomin yang telah bersedia menjadi penyedia data pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Airo, M.-L. (2002), Aeromagnetic and Aeroradiometric Response to Hydrothermal Alteration, Surveys in Geophysics.
Al Hapsi, Nuari Ibnu. (2017): Geologi dan Kontrol Struktur Geologi Terhadap Alterasi dan Mineralisasi Daerah

Rancawaru dan Sekitarnya, Kecamatan Cimanggu, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. DI Yogyakarta: Tidak Dipublikasikan.

Angeles, Ciceron A., Sukmandaru Prihatmoko., dan James S. Walker. (2002). Geology and Alteration-Mineralization Characteristics of The Cibaliung Epithermal Gold Deposit, Banten, Indonesia. *Resource Geology*, Vol. 52, No. 4, 329-339.

Badan Informasi Geospasial, (2015), Peta Rupa Bumi Indonesia Wilayah Provinsi Banten.

Divisi Eksplorasi PT.Antam.Tbk., (2018), Laporan Eksplorasi Wilayah Cibaliung.

Harijoko, Agung dkk, (2007), Characteristics of The Cibaliung Gold Deposit: Miocene Low-Sulfidation-Type Epithermal Gold Deposit in Western Java, Indonesia. *Resource Geology*, Vol. 57, No. 2:114-123.

Hinze, William J. Ralph R. B. von Frese and Afif H. Saad. (2012), *Gravity and Magnetic Exploration*, Cambridge: Cambridge University Press 62.

Kurniawan, Andi dan Hartono, (2010), Karakterisasi Mineralisasi Permukaan Vein Cikoneng Daerah Cibaliung-Banten. *Proceedings PIT IAGI Lombok 2010*.

Pirajno, Franco, (1992), *Hydrothermal Mineral Deposits: Principles and Fundamental Concepts for The Exploration Geologist*. Heidelberg: Springer-Verlag.

Reynolds, John M, (2011), *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics 2nd Edition*. West Sussex: John Wiley & Sons.

Telford, W.M., L.P Geldart., dan R.E. Sheriff, (1990), *Applied Geophysics (2nd ed.)*, Cambridge University Press, Cambridge.