

EKSPLOKASI MINERAL EMAS SISTEM EPITERMAL SULFIDA TINGGI PADA DAERAH PROSPEK CJL, JAWA BARAT BERDARAKAN DATA TDIP (*TIME DOMAIN INDUCED POLARIZATION*)

Arnandha Baghus dan Eko Minarto

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Institut Teknologi
Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

E-mail: eko.minarto@googlemail.com

Abstrak— Telah dilakukan penelitian mengenai endapan emas sistem epitermal sulfida tinggi di daerah prospek CJL menggunakan data TDIP (*Time Domain Induced Polarization*). Dasar dari TDIP adalah pemanfaatan sifat polarisasi dan kelistrikan pada batuan yang termineralisasi. Dalam pengerjaannya, nilai resistivitas dan chargeabilitas diinversi menggunakan *software* AGI Earth Imager 2D. Hasil penampang inversi 2D resistivitas dan chargeabilitas dimodelkan sesuai parameter dari endapan epitermal menggunakan *software* Surfer. Parameter dari endapan epitermal ada 4, yaitu adanya tubuh batuan intrusi, mineralisasi, alterasi batuan, dan zona masif silika. Dan untuk mengetahui persebaran endapan emas, perlu dilakukan pemodelan secara 3D menggunakan *software* Rock Works. Dari hasil penelitian yang dilakukan, terdapat batuan konduktif dan resistif di daerah penelitian. Endapan emas di CJL berhubungan dengan alterasi silisifikasi dan masif silika yang bersifat resistif. Batuan resistif, di atas 250 Ω m, berhubungan dengan batuan lapilli tuff, batuan vulkanik, dan tubuh batuan intrusif yang besar. Batuan yang terdapat endapan mineral Au-Cu dicirikan dengan tingginya nilai chargeabilitas, di atas 250 ms. Lokasi yang berpotensi kaya akan endapan emas terdapat pada lintasan CJL 600, CJL 300, CJL 100, CJL 0, CJL -400, dan CJL -600.

Kata Kunci—Chargeabilitas, Emas, Epitermal, Resistivitas, TDIP.

I. PENDAHULUAN

SEMAKIN banyak mineral logam yang dieksploitasi demi memenuhi kebutuhan manusia. Emas merupakan salah satu logam mulia yang paling diminati dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Hal ini dikarenakan emas memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap korosi dan juga memiliki warna yang menarik, sehingga digunakan sebagai perhiasan. Selain digunakan untuk perhiasan, emas dapat diaplikasikan sebagai elemen kabel listrik untuk barang-barang elektronik tertentu. Penggunaan logam emas pada peralatan elektronik dikarenakan daya hantar listriknya yang sangat baik [7].

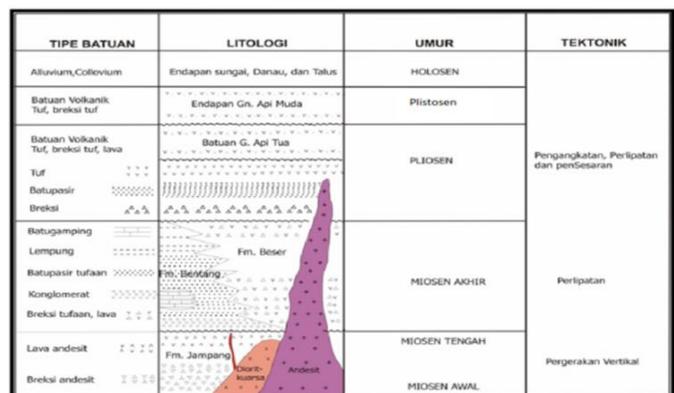
Dalam mengeksplorasi endapan mineral emas tidaklah mudah. Berbagai cara telah dilakukan, mulai dari cara tradisional hingga menggunakan aplikasi ilmu pengetahuan tentang kebumihan. Penerapan ilmu geologi yang dikorelasikan dengan pengukuran sifat fisika permukaan bumi (geofisika) akan dapat memberikan informasi tentang kondisi bawah permukaan. Menurut Hoschke [10], metode geofisika yang biasa digunakan untuk mengeksplorasi endapan mineral emas

secara umum adalah IP (*Induced Polarization*) dan geomagnetik. Sedangkan pengukuran pada daerah dengan topografi yang kasar, metode *airborne magnetic* dan EM (*Electromagnetic*) akan lebih efektif.

Eksplorasi mineral emas pada daerah CJL, Jawa Barat yang dilakukan oleh PT Antam merupakan salah satu eksplorasi endapan emas epitermal sulfida tinggi. Daerah ini memiliki topografi yang tidak terlalu kasar, sehingga kegiatan eksplorasi dapat dilakukan menggunakan metode IP. Metode IP merupakan metode geofisika yang digunakan untuk mempelajari struktur bawah permukaan dengan konsep kelistrikan dan polarisasi. Metode ini sangat baik digunakan untuk mengeksplorasi endapan emas yang bersistem epitermal sulfida tinggi. Sehingga, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui gambaran persebaran nilai resistivitas dan chargeabilitas mineral logam pada daerah eksplorasi, serta menentukan keberadaan zona endapan emas melalui hasil pemodelan inversi 2D data TDIP.

II. GEOLOGI REGIONAL

Penelitian ini dilakukan pada daerah CJL, Jawa Barat. Daerah tersebut berada di zona pegunungan selatan [2]. Zona ini terletak di bagian paling selatan Jawa Barat yang dibentuk oleh pegunungan di selatan Priangan. Jalur pegunungan selatan merupakan jalur mineralisasi batuan andesit tua. Batuan tersebut diperkirakan berumur miosen. Batuan yang membentuk formasi andesit tua lebih didominasi oleh piroklastika yang sulit melapuk, karena itu batuan penutup di sini relatif tipis.



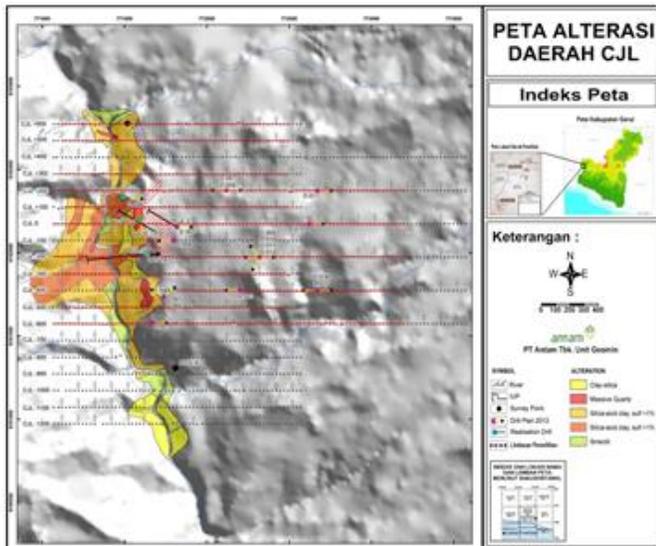
Gambar 1. Stratigrafi regional pegunungan selatan, Jawa Barat [11].

Tatanan stratigrafi daerah penelitian terdiri dari formasi Jampang, formasi Bentang, formasi Besar, batuan gunung api tua, batuan gunung api muda, dan endapan aluvial. Stratigrafi regional zona pegunungan selatan Jawa barat ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa batuan andesit menerobos ke atas dan melewati beberapa formasi batuan.

Formasi Jampang merupakan formasi batuan tertua di zona pegunungan selatan yang terbentuk selama miosen awal sampai miosen tengah. Penyusun dari formasi Jampang antara lain breksi andesit dan lava andesit. Formasi ini diintrusi oleh batuan andesit dan diorit kuarsa. Di atas formasi Jampang terdapat 2 formasi yang mengalami pengendapan secara *angular unconformity*, yaitu formasi Bentang dan formasi Besar. Formasi bentang tersusun atas batuan breksi taufan, batu gamping, konglomerat, batu pasir taufan, dan lempung. Sedangkan formasi Besar hanya tersusun atas breksi taufan yang diintrusi oleh batu andesit. Lalu, 3 formasi atas lebih didominasi oleh batuan vulkanik dan aluvium.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Eksplorasi endapan emas di daerah CJL menggunakan metode TDIP (*Time Domain Induced Polarization*). Pengukurannya dilakukan dengan menggunakan konfigurasi dipole-dipole sebanyak 11 lintasan. Panjang 5 lintasan sekitar 2.125 meter dan 6 lintasan sepanjang 1.375 meter. Pada setiap lintasan menggunakan jarak antar elektroda terkecil sebesar 25 meter, sedang jarak antar elektroda terbesar sekitar 125 meter dan jarak maksimum antara elektroda arus dengan potensial sebesar 1.000 meter.



Gambar 2. Lintasan pengukuran geolistrik TDIP pada daerah prospek CJL, Jawa Barat

Ada beberapa tahapan dalam penelitian ini. Dimulai dari studi literatur tentang konsep dasar geolistrik resistivitas, *induced polarization*, genesa deposit emas sistem epitermal sulfida tinggi, dan geologi daerah penelitian. Data-data yang diperoleh pada tahap ini disebut sebagai data sekunder.

Tahap selanjutnya yaitu pengolahan data primer yang berupa data TDIP. Data hasil pengukuran metode TDIP berupa konfigurasi elektroda, arus, tegangan primer, tegangan sekunder, dan elevasi. Data-data hasil pengukuran digunakan untuk menentukan chargeabilitas dan resistivitas semu. Perhitungan untuk mendapatkan nilai resistivitas semu menggunakan persamaan berikut [17].

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} n(n + 1)(n + 2)\pi a \tag{1}$$

Lalu, perhitungan untuk menentukan nilai chargeabilitas menggunakan persamaan matetatis sebagai berikut [19]:

$$M = \frac{1}{V_p} \int_{t_1}^{t_2} V_s(t) dt \tag{2}$$

Nilai chargeabilitas dan resistivitas semu hasil perhitungan kemudian diolah menggunakan *software* AGI Earth Imager 2D untuk mendapatkan penampang chargeabilitas dan resistivitas terinversi.

Setelah tahap inversi dilakukan pemodelan parameter endapan emas sistem epitermal sulfida tinggi di setiap lintasan berdasarkan data resistivitas dan chargeabilitas. Parameter yang akan dimodelkan antara lain pemodelan tubuh batuan intrusi, mineralisasi, alterasi batuan, dan zona masif silika. Tahap ini dikerjakan menggunakan *software* Surfer.

Data sekunder dan data hasil pemodelan ke-4 parameter yang telah diperoleh kemudian dikorelasikan untuk mendapatkan suatu interpretasi yang valid. Interpretasi endapan emas pada tiap lintasan dapat digunakan sebagai batasan dalam melakukan pemodelan 3 dimensi. Pemodelan 3 dimensi akan menggambarkan bentuk batuan yang diperkirakan terdapat endapan emas. Tahap pemodelan 3 dimensi dilakukan dengan menggunakan *software* RockWork.

IV. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Endapan Epitermal Sulfida Tinggi

Endapan emas sistem epitermal sulfida tinggi dicirikan dengan lokasi endapan yang tergolong dangkal dan sedikitnya rekahan ataupun patahan di dekat pusat vulkanik, sehingga fluida hidrotermalnya merupakan air meteorik yang bercampur dengan air magmatik. Karena tidak terdapat banyak rekahan, maka jarang dijumpai pengisian rongga dan ruang kosong. Hal tersebut menyebabkan endapan emas pada sistem ini jarang dijumpai dalam bentuk *vein* (urat) dan yang sering dijumpai dalam bentuk *replacement ore* dan *disseminated* (tersebar). Mineralisasi pada daerah prospek CJL yang bersistem epitermal sulfida tinggi berasosiasi dengan zona masif silika yang ditandai oleh tekstur masif kuarsa dan adanya tekstur berongga dan urat sulfida hitam yang bersifat lokal.

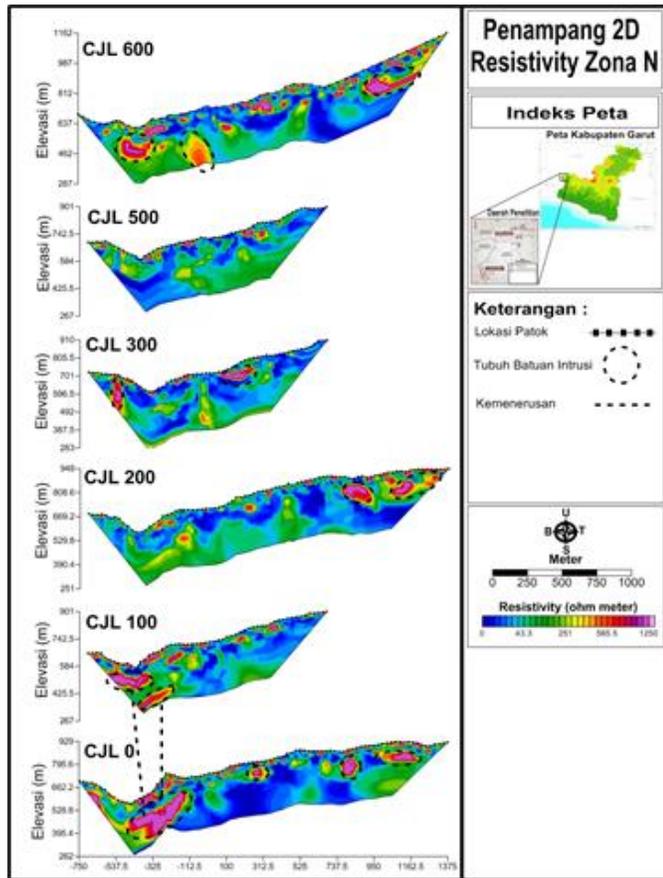
Zona endapan emas di daerah penelitian akan diketahui berdasarkan gambaran persebaran nilai resistivitas dan chargeabilitas yang dihasilkan oleh metode TDIP. Metode ini memanfaatkan sifat kelistrikan pada medium saat teraliri arus listrik, sehingga medium yang pori-porinya terisi oleh larutan elektrolit, mineral logam, ataupun clay akan memiliki nilai

chargeabilitas tinggi. Oleh karena itu, untuk membedakan medium yang terdapat mineral logam atau hanya terisi oleh clay dapat dilakukan dengan mengkorelasikan nilai chargeabilitas dengan nilai resistivitas.

Nilai resistivitas emas tergolong rendah karena mampu mengalirkan arus listrik dengan baik. Tetapi endapan emas yang terdapat di alam, khususnya sistem epitermal, bukan dalam bentuk bongkahan dan menerus. Endapan emas pada sistem ini bersifat tersebar, kecil, dan endapan berasosiasi dengan zona masif silika. Karena struktur masif silika yang tidak dijumpai rekahan dan tidak menunjukkan adanya fragmen batuan lain yang tertanam dalam tubuhnya, maka masif silika bersifat memantulkan dan sulit dialiri oleh arus listrik. Sehingga, endapan emas pada sistem ini dicirikan dengan nilai resistivitas yang tinggi.

B. Interpretasi Zona Endapan Emas

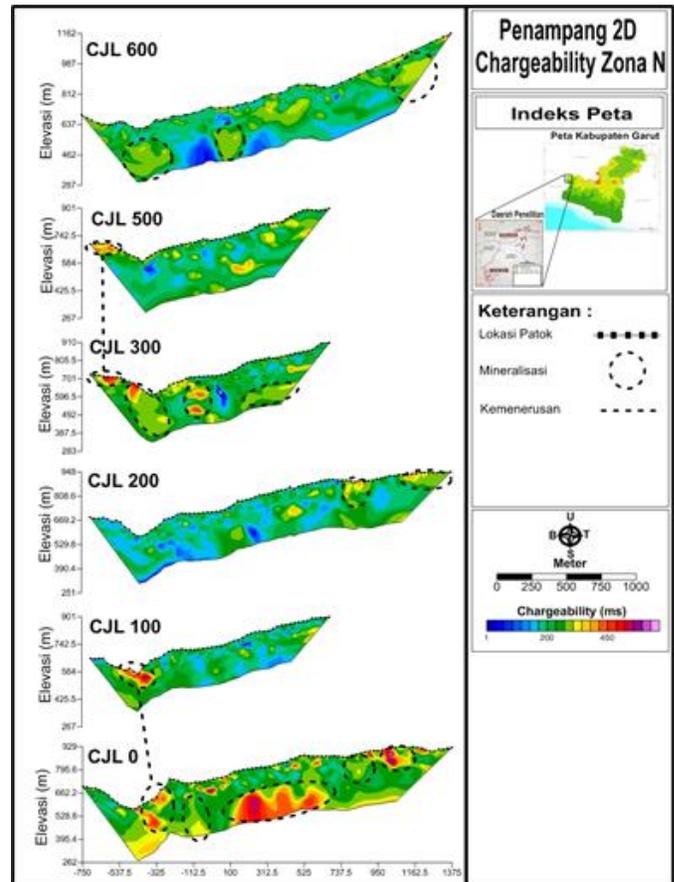
Hasil inversi 2 dimensi penampang resistivitas diperlihatkan pada Gambar 3. Penampang ini akan menunjukkan lokasi tubuh batuan intrusi. Tubuh batuan intrusi merupakan tempat pengendapan pada sistem epitermal. Tubuh batuan intrusi dicirikan sebagai batuan yang besar dan sukar dialiri arus listrik, memiliki resistivitas diatas 300Ωm. Pada sistem epitermal, tubuh batuan intrusi tidak banyak ditemui di dekat permukaan.



Gambar 3. Korelasi tubuh batuan intrusi zona utara

Dari hasil inversi data resistivitas diketahui bahwa terdapat beberapa tubuh batuan intrusi, seperti pada lintasan CJL 600,

CJL 300, CJL 200, CJL 100, dan CJL 0. Batuan resistif dengan ukuran yang lebih kecil di dekat permukaan diinterpretasikan sebagai batuan vulkanik. Lalu nilai resistivitas sedang hingga tinggi yang memiliki pola kemenerusan diinterpretasikan sebagai andesit lava dan lapilli tuff yang teralterasi. Sedangkan batuan dengan resistivitas rendah, di bawah 200Ωm, diinterpretasikan sebagai batuan argilite dan batuan yang kaya akan alterasi mineral lempung.



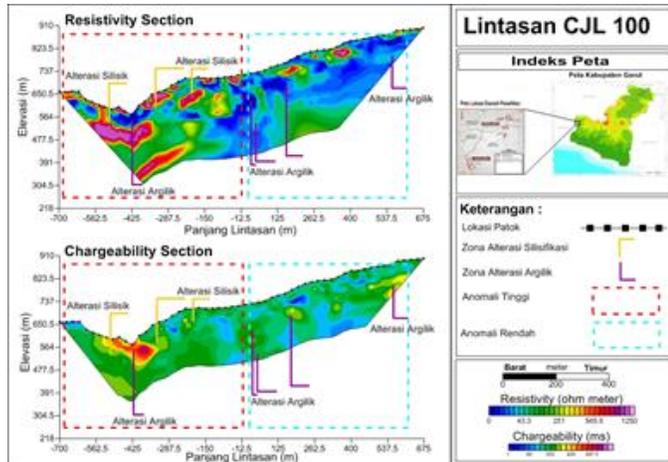
Gambar 4. Korelasi zona mineralisasi pada lintasan bagian utara

Zona mineralisasi pada batuan ditandai dengan tingginya nilai chargeabilitas. Hal ini dikarenakan batuan yang telah termineralisasi akan mengalami polarisasi yang kuat. Mineralisasi ini dapat berasosiasi dengan berbagai macam batuan. Berdasarkan gambar di atas, mineralisasi terdapat pada setiap lintasan dengan kuantitas yang berbeda. Mineralisasi yang besar terdapat pada lintasan CJL 0, terlihat dari tingginya nilai chargeabilitas.

Penampang resistivitas dan chargeabilitas masing-masing lintasan dapat dikorelasikan untuk dilakukan interpretasi zona alterasi. Gambar 5 dan Gambar 6 merupakan pemodelan zona alterasi batuan. Berdasarkan *internal report* PT Antam, alterasi di daerah penelitian didominasi oleh masif kuarsa, silika, dan clay.

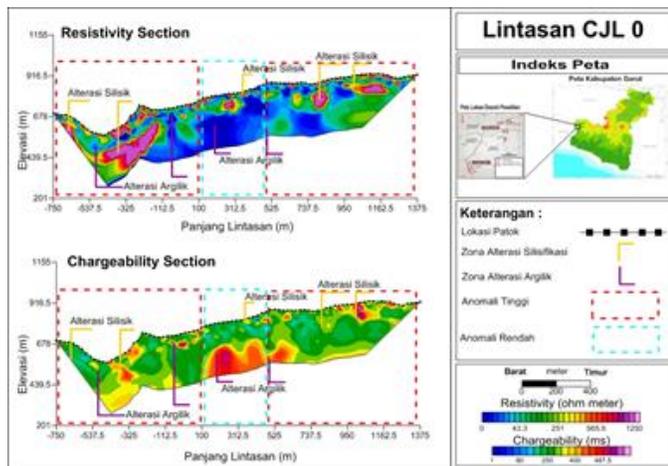
Pada daerah CJL, zona alterasi batuan terbagi menjadi 2 yaitu, zona alterasi argilik dan silisifikasi. Zona alterasi silisifikasi diidentifikasi berdasarkan tingginya nilai resistivitas dan chargeabilitas. Zona yang berkembang utamanya pada lapilli tuff ini dapat memiliki nilai resistivitas dan

chargeabilitas tinggi karena dimungkinkan larutan hidrotermal berinteraksi dengan batuan vulkanik dan mengubah mineral-mineralnya menjadi endapan mineral logam. Sedangkan alterasi argilik yang terbentuk pada andesit lava diinterpretasikan sebagai zona yang memiliki chargeabilitas sedang sampai tinggi, sekitar 350 ms, dan berkorelasi dengan batuan yang memiliki nilai resistivitas rendah.



Gambar 5. Zona alterasi pada lintasan CJL 100

Lintasan CJL 100 merupakan 1 dari 11 lintasan pada penelitian ini. Berdasarkan gambar di atas, zona alterasi silisifikasi banyak terdapat di bagian barat lintasan (di dekat sungai Cikahuripan). Sedangkan alterasi argilik yang kaya akan mineral lempung banyak terdapat di timur lintasan. Selain berasosiasi dengan alterasi argilik, alterasi silisifikasi di sini berasosiasi dengan batuan vulkanik yang kurang termineralisasi. Hal ini dapat terlihat dari batuan resistif di sekitar titik -400 yang memiliki nilai chargeabilitas ± 235 ms.



Gambar 6. Zona alterasi pada lintasan CJL 0

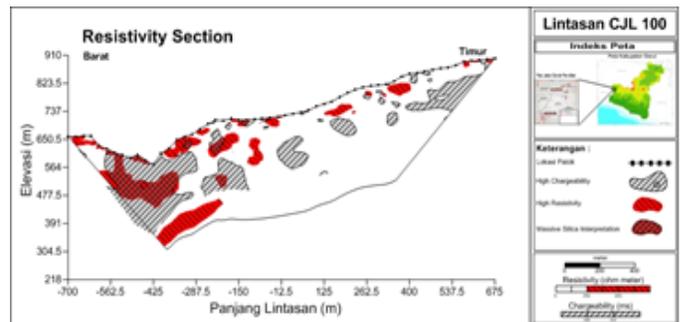
Dari hasil inversi 2 dimensi yang dilakukan, diketahui bahwa di bagian barat lintasan memiliki resistivitas yang tinggi, sedangkan di bagian tengah cenderung rendah. Untuk nilai chargeabilitas sepanjang lintasan tergolong sedang sampai tinggi, dan hanya ada beberapa zona yang memiliki nilai chargeabilitas rendah. Hal ini menunjukkan bahwa banyak terdapat zona alterasi, terutama alterasi argilik. Zona alterasi argilik pada bawah lintasan ini cukup besar, pada titik

100 hingga 500.

Berdasarkan Gambar 6, zona alterasi silisifikasi banyak terdapat di barat lintasan. Bentuk dari alterasi ini menyerupai cekungan dari sungai Cikahuripan. Alterasi ini memiliki nilai chargeabilitas antara 251 ms sampai 500 ms, dan resistivitasnya mulai dari 255 Ω m sampai 1200 Ω m. Selain di dekat sungai, alterasi serupa juga terdapat pada bagian timur lintasan. Alterasi yang berasosiasi dengan masif silika ini tersebar dan dikelilingi oleh batuan beresistivitas rendah yang diperkirakan sebagai zona yang teralterasi oleh mineral lempung.

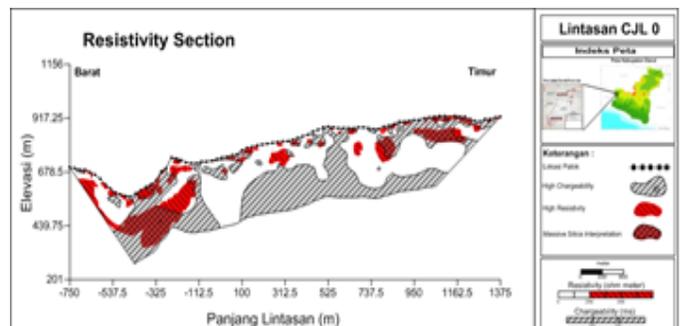
Pada 9 lintasan yang lain juga lebih di dominasi oleh alterasi lempung. Alterasi silisifikasi cenderung berada di barat lintasan, dekat sungai, dan ada beberapa di bagian timur lintasan, seperti pada lintasan CJL -400 dan CJL -600.

Endapan emas epitermal sulfida tinggi berhubungan erat dengan masif silika. Untuk mengetahui bentuk dari zona masif silika maka penampang resistivitas di-overlay menggunakan nilai chargeabilitas tinggi. Nilai resistivitas yang digunakan yaitu di atas 200 Ω m. Dan masif silika pada sistem epitermal, khususnya sulfida tinggi, akan berasosiasi dengan endapan emas-tembaga. Batuan yang berasosiasi dengan endapan Au-Cu merupakan batuan yang terpolarisasi secara kuat. Oleh sebab itu, penampang resistivitas di-overlay menggunakan nilai chargeabilitas di atas 250 ms.



Gambar 7. Zona masif silika pada lintasan CJL 100

Hasil overlay pada lintasan CJL 100 ditunjukkan pada Gambar 7. Gambar tersebut memperlihatkan bahwa pada sekitar sungai Cikahuripan terdapat zona masif silika yang besar, hampir seluruh tubuh batuan intrusi. Zona potensial tersebut terletak di dekat permukaan sampai elevasi 400 meter. Selain itu, zona masif silika juga terlihat pada alterasi silisifikasi di timur sungai Cikahuripan, dengan volume yang lebih kecil.



Gambar 8. Zona masif silika pada lintasan CJL 0

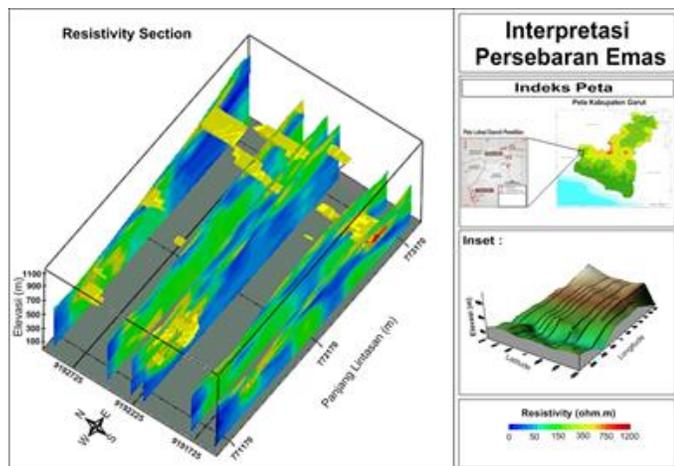
Kondisi bawah permukaan dari lintasan CJL 0 memiliki kemiripan dengan lintasan CJL 100. Gambar 8 menunjukkan bahwa pada sekitar sungai Cikahuripan juga terdapat tubuh batuan intrusi yang besar dan juga telah mengalami alterasi silisifikasi. Hal ini terlihat dari besarnya zona masif silika pada tubuh batuan intrusi. Pada gambar tersebut juga terlihat adanya zona alterasi silisifikasi yang berasosiasi dengan masif silika di sebelah timur lintasan CJL 0.

Pemodelan masif silika yang ditunjukkan pada Gambar 8 dapat digunakan untuk memperjelas batasan antara tubuh batuan intrusi yang telah mengalami alterasi dan yang masih belum termineralisasi. Selain itu, pada pemodelan ini juga dapat memisahkan secara jelas antara zona alterasi argilik dan silisik.

Hasil dari 9 lintasan yang lain menunjukkan bahwa terdapat zona masif silika. Zona yang diperkirakan terdapat endapan emas ini terdapat pada batuan vulkanik dan tubuh batuan intrusi. Sifat fisik batuan yang berbeda-beda akan menyebabkan mineralisasi tidak selalu terdapat pada dinding batuan.

C. Interpretasi Persebaran Endapan Emas

Persebaran endapan emas dapat dimodelkan berdasarkan analisa endapan emas di setiap lintasan. Analisa endapan emas di setiap lintasan tersebut dikorelasikan dengan pemodelan 3 dimensi data resistivitas yang telah diinversi. Hasil dari interpretasi persebaran endapan emas diperlihatkan seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Persebaran endapan emas daerah prospek CJL

Dari gambar di atas memperlihatkan adanya *slicing* 6 lintasan yang berpotensi terdapat endapan emas. Enam lintasan tersebut yaitu, CJL 600, CJL 300, CJL 100, CJL 0, CJL -400, dan CJL -600. Salah satu zona yang paling berpotensi yaitu lintasan CJL 100 dan CJL 0. Pada titik koordinat 771303 sampai 771679 dan 9192333 sampai 9192115 diperkirakan banyak terdapat endapan emas di elevasi 627 sampai 416 meter.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Persebaran resistivitas pada daerah penelitian menunjukkan bahwa resistivitas tinggi, di atas 250 Ω m, berasosiasi dengan tubuh batuan intrusif, batuan vulkanik, lapilli tuff, dan andesit.
- Batuan dengan resistivitas rendah di daerah penelitian berkaitan dengan batuan argillite, serta *wall rock* yang kaya akan alterasi *clay*.
- Batuan di daerah CJL yang telah termineralisasi akan memiliki nilai chargeabilitas di atas 250 ms.
- Terdapat 3 zona prospek endapan emas. Yang pertama berada di antara CJL 100 dan CJL 0, pada *latitude* 771.303 sampai 771.679 dan *longitude* 9.192.333 sampai 9.192.115 di elevasi 627 sampai 416 meter. Yang kedua di antara CJL -400 dan CJL -600, pada *latitude* 772.759 sampai 773.030 dan *longitude* 9.191.575 sampai 9.191.765 di elevasi 600 sampai 459 meter. Dan yang ketiga tersebar di bagian timur, sepanjang lintasan CJL 600 sampai CJL 300.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan kerjasama antara PT ANTAM Tbk. Unit Geomin dengan Jurusan Fisika FMIPA ITS. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Eko Minarto dan karyawan PT ANTAM Tbk. Unit Geomin atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, Charles K., & Sadiku, Matthew N.O. 2009. *Fundamentals of Electric Circuits*. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Bemmelen, R.W. Van. 1949. *The Geology of Indonesia Vol. 1A*. The Hague: Martinus Nijhoff.
- Corbett, Greg. 2002. *Epitermal Gold for Explorationists*. AIG Jurnal, Paper 2002-01.
- Corbett, Greg. 2009. *Geological Models in Epitermal – Porphyry Exploration: Terry Leach's Legacy*. SGE Newsletter, ISSN: 1448 – 2916.
- Corbett, Greg. 2013. *World Gold Pacific Rim Epitermal Au-Ag*. World Gold Conference.
- Ford, K., Keating, P., & Thomas, M.D. 2007. *Overview of Geophysical Signatures Associated with Canadian Ore Deposits*. Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication no. 5, p. 939 – 970.
- Grandis, Hendra. 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Jakarta: HAGI.
- Goodman, Paul. 2002. *Current and Future Uses of Gold in Electronics*. Gold Bulletin.
- Hedenquist, J.W., et al. 2000. *Exploration for Epithermal Gold Deposits*. SEG Reviews, Vol. 13, p. 245 -277.
- Hendrajaya, L., & Arif, I. 1990. *Geolistrik Tahanan Jenis*. Bandung: ITB.
- Hoschke, Terry. 2008. *Geophysical Signatures of Copper-Gold Porphyry and Epithermal Gold Deposits*. Arizona Geophysical Society Digest 22, p. 85 – 100.
- Koesmono, M., Kusnana, & Suwana, N. 1996. *Peta Geologi Lembar Sindangbarang dan Bandarwaru, Jawa Barat*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Lindgren, W. 1933. *Mineral Deposit*. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Loke, H.M. 1999. *Electrical Imaging Survey for Enviromental and Engineering Studies, A Practical Guide To 2-D and 3-D Survey*. [Online]. Tersedia: www.geotomosoft.com

- [15] Martodjojo, S. 1994. *Data Stratigrafi Pola Tektonik dan Perkembangan Cekungan pada Jalur Anjakan-Lipatan di Pulau Jawa*. Procceding Geology dan Geotektonik Pulau Jawa, ISBN : 979-8611-00-4.
- [16] Nilsson, J.W., & Riedel, S.A. 2008. *Electric Circuits*. New Jersey: Person Prentice Hall.
- [17] Perdana, A.W. 2011. *Metode Controlled Source Audio Frequency Magnetotelluric (CSAMT) untuk Eksplorasi Mineral Emas Daerah "A" dengan Data Pendukung Metode Magnetik dan Geolistrik*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Fisika, Depok: Universitas Indonesia.
- [18] Pirajno, F. 1992. *Hydrothermal Mineral Deposits: Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist*. Berlin: Springer-Verlag.
- [19] Reynolds, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York: John Wiley and Sons.
- [20] Santoso, Djoko. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: ITB.
- [21] Telford, W.M., Geldart, L.P., & Sheriff, R.E. 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [22] Tun, Myo M., et al. 2014. *High Sulphidation Epithermal Mineralization and Ore Mineral Assemblages of Cijulang Prospect, West Java, Indonesia*. Jurnal SE Asian Application Geol., Vol. 6(1), p. 29-38.
- [23] Yuwanto, S.H. 2013. *Eksplorasi Mineral Logam dengan Metode Induksi Polarisasi Daerah Mekar Jaya – Cidolog, Kabupaten Sukabumi Jawa Barat*. Jurnal Ilmiah MTG, Vol. 6, No. 1.