

Pemetaan Sebaran Endapan Mineral Logam Berdasarkan Interpretasi Data Polarisasi Terimbas di Lapangan “X” PT Newmont Nusa Tenggara (PT NNT)

Sukri Arjuna¹, Adi Susilo², dan Sunaryo²

¹Mahasiswa Jurusan Fisika, Program Magister Fisika Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang

²Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang
sukriarjuna@yahoo.co.id

Received 20-01-2014, Revised 02-03-2014, Accepted 01-04-2014, Published 30-04-2014

ABSTRACT

Geophysical research has been done on mapping distribution of metal deposits in the field "X" PT Newmont Nusa Tenggara using induced polarization geoelectric method pole-dipole configuration. Measurements performed using IRIS instrument type Elrec Pro where measurements of seven lines with length 2.3 km and electrode spacing 100 m. Induced polarization data further analyzed by using Res2dinv version 3.56 and Surfer 10. Interpreted based on the parameters of chargeability and resistivity that correlated with regional geological information from the study area. As a result, the structure of rocks beneath the surface lithology research area consists of five units major rock that is tuffan claystone unit, sandstone tuffan unit, limestone unit, lava-breccia unit, and andesite-basalt unit. Mineralization zone at the high chargeability at 69.7 to 155 msec range supported by the low resistivity in the range of 4.21 to 26.5 Ω m which straight of anomalies in West-East direction at the depth of \pm 50-400 m.

Keywords: Induced polarization, chargeability, resistivity, mineralization zone.

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai pemetaan sebaran endapan logam di lapangan “X” PT Newmont Nusa Tenggara dengan menggunakan metode geolistrik polarisasi terimbas konfigurasi *pole-dipole*. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan IRIS *instrument* tipe *Elrec Pro* dimana pengukuran dilakukan sebanyak 7 lintasan dengan panjang 2,3 km dan spasi antar elektroda sebesar 100 m. Data polarisasi terimbas selanjutnya diolah menggunakan *software Res2dinv* versi 3.56 dan *Surfer* 10. Interpretasi dilakukan berdasarkan parameter chargeabilitas dan resistivitas yang dikorelasikan dengan informasi geologi regional dari daerah penelitian. Hasilnya dapat disimpulkan bahwa litologi struktur batuan bawah permukaan daerah penyelidikan diduga terdiri atas 5 satuan batuan utama yaitu satuan batulempung tuffan, satuan batupasir tuffan, satuan batugamping, satuan batuan lava breksi dan satuan batuan lava andesit-basalt. Zona mineralisasi berada pada nilai *high* chargeabilitas pada *range* 69,7-155 msec yang didukung oleh *low* resistivitas pada kisaran 4,21-26,5 Ω m dan kemenerusan anomali tampak berarah Barat-Timur pada kedalaman \pm 50-400 m.

Kata kunci: Polarisasi terimbas, chargeabilitas, resistivitas, zona mineralisasi.

PENDAHULUAN

PT Newmont Nusa Tenggara yang mengelola Tambang Batu Hijau merupakan salah satu perusahaan tambang terbuka dengan endapan utama tembaga-emas (Cu-Au) tipe porfiri^[1]. Setelah sekian tahun beroperasi, keberadaan tambang ini mampu memberikan kontribusi nyata bagi masyarakat di sekitarnya. Akan tetapi seiring berjalannya waktu, cadangan

mineral di lokasi penambangan saat ini mengalami defisit dan diperlukan pencarian jebakan baru guna menjaga kelangsungan produksi. Jebakan mineral terdapat pada zona mineralisasi.

Mineralisasi merupakan suatu proses kompleks dari pengendapan mineral bijih (*metal*) dari media yang membawanya akibat perubahan lingkungan kimia dan fisik sekitarnya. Salah satu media pembawanya adalah larutan hidrotermal sebagai akibat oleh aktivitas magma.

Mineralisasi juga merupakan proses pembentukan endapan mineral logam atau non logam yang terkonsentrasi dari satu mineral atau lebih yang dapat dimanfaatkan^[2]. Suatu jebakan bijih hasil proses hidrotermal biasanya akan melalui tiga proses yang meliputi :

1. Proses Diferensiasi, yaitu proses yang memisahkan larutan hidrotermal dan unsur-unsur volatil lainnya dari magma asal, selanjutnya akan terjadi migrasi dari larutan hidrotermal untuk mencari tempat untuk akumulasi.
2. Proses Migrasi, yaitu proses perpindahan unsur logam hasil proses mineralisasi hidrotermal. Biasanya terjadi pada unsur logam yang berat atomnya rendah dan jari-jari atomnya kecil.
3. Proses Akumulasi, yaitu proses berkumpulnya mineral hidrotermal pada tempat-tempat terbuka (*open space*), yang dikenal sebagai perangkap struktur seperti zona sesar, kekar, dan rekahan.

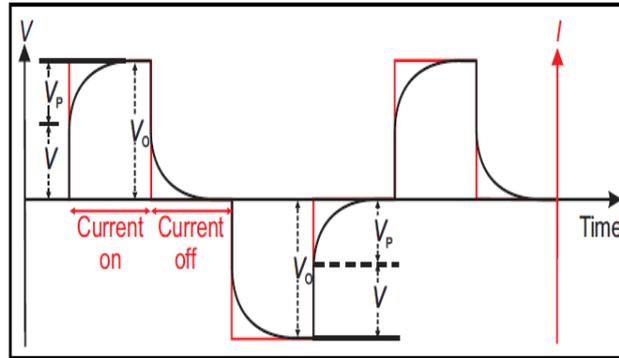
Untuk melakukan pemetaan sebaran mineral dapat dilakukan dengan menggunakan metode polarisasi terimbas. Metode polarisasi terimbas (*induced polarization*) merupakan salah satu metode geolistrik yang sering digunakan dalam eksplorasi mineral logam dasar. Metode ini sering digunakan dalam eksplorasi mineral logam dasar karena adanya peristiwa atau fenomena polarisasi yang terjadi pada suatu medium batuan dan sangat sensitif terhadap material yang bersifat konduktif. Fenomena polarisasi yang terjadi menandakan keberadaan kandungan mineral logam bawah permukaan termasuk diantaranya mineral emas, tembaga dan perak. Hal inilah yang menyebabkan metode *induced polarization* sangat diandalkan dalam kegiatan eksplorasi *basemetal* dibandingkan dengan metode geofisika lainnya dikarenakan parameter fisis yang ingin ditentukan sangat sesuai dengan karakteristik dari tembaga maupun emas yaitu sifat chargeabilitas/konduktivitas material batuan bawah permukaan.

Metode polarisasi terimbas digunakan dalam eksplorasi logam dasar karena adanya fenomena polarisasi yang terjadi di dalam suatu medium batuan. Fenomena polarisasi tersebut menandakan adanya kandungan logam di bawah permukaan yang tidak dapat terdeteksi dengan baik jika hanya menggunakan *survey* resistivitas, sehingga dalam eksplorasi logam dasar umumnya dilakukan penggabungan dua metode yaitu metode *IP* dan resistivitas^[3]. Gambar 1 menunjukkan ilustrasi fenomena *IP* dalam domain waktu, arus listrik *DC* dialirkan melalui rangkaian empat elektroda dan dimatikan secara tiba-tiba, potensial yang tertangkap pada elektroda potensial tidak turun langsung menjadi nol, namun turun secara perlahan yang disebut dengan *potential decay* atau *overvoltage decay*^[4].

Pada pengukuran efek *IP* domain waktu (*time domain*), sumber arus *DC* dialirkan pada selang waktu tertentu. Cara paling sederhana untuk mengukur efek *IP* dalam fungsi waktu ialah membandingkan potensial residual ($V_s(t)$) yang tersisa pada waktu t setelah arus dihentikan dan potensial yang terukur pada kedua elektroda potensial selama arus *DC* mengalir (V_p). Saat sumber arus *DC* diputus, akan terjadi penurunan beda potensial pada kedua elektroda potensial pada kawasan waktu. Nilai beda potensial saat tidak adanya arus *DC* yang mengalir dicatat sebagai beda potensial sekunder dalam fungsi waktu ($V_s(t)$)^[4].

$$M = \frac{1}{V_P} \int_{t_1}^{t_2} V_S(t) dt \quad (1)$$

Dimana V_S merupakan potensial sekunder yang mengalami *decay* pada saat arus *cut-off*. V_P merupakan potensial primer pada saat arus mengalir dan M adalah besarnya chargeabilitas.



Gambar 1. (color online) Fenomena IP domain waktu

Aplikasi metode *induced polarization* telah banyak dimanfaatkan dalam dunia pertambangan untuk menduga dan menentukan zona mineralisasi batuan bawah permukaan. Metode ini telah mampu memberikan citra bawah permukaan yang cukup baik untuk melokalisir zona-zona *basemetal* yang dianggap memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi untuk dieksploitasi.

Berdasarkan hasil penelitian tentang eksplorasi mineral mangan di daerah Sрати, Kebumen menunjukkan nilai resistivitas mangan pada kisaran 0 – 40 Ωm dan chargeabilitas antara 135 – 250 msec. Zona mineralisasi mangan diduga berada pada kedalaman 5 – 40 m, dimana keberadaan mangan berbentuk spot kecil sampai besar, nodul dan berupa berupa bolder pada beberapa zona^[5]. Penelitian lain terkait dengan aplikasi metode *induced polarization* telah dilakukan di daerah “X” menunjukkan bahwa pencitraan model 2D bawah permukaan yang terdiri dari vulkanik, lapisan batuan alterasi dan lapisan silifikasi dimana deposit emas/zona mineralisasi berada pada lapisan batuan alterasi dan silifikasi dengan *chargeability* yang cukup tinggi > 200 msec^[6].

Penerapan metode polarisasi terimbas domain frekuensi juga telah digunakan pada eksplorasi emas dimana data polarisasi terimbas dikorelasikan dengan metode CSAMT menunjukkan bahwa terdapat korelasi hasil CSAMT dengan respon *resistivity* > 350 Ωm pada kedalaman 400 dengan nilai *PFE* yang cukup tinggi > 4 % yang berada pada zona silifikasi^[7].

Telah ditemukan dugaan keterdapatan zona mineralisasi emas blok “Aput” Kecamatan Batang Asai, Kabupaten Sarolangun, Jambi berdasarkan metode *induced polarization* dan *resistivity* menunjukkan bahwa struktur batuan bawah permukaan memiliki nilai *resistivity* < 600 Ωm , *PFE* > 6.5% dan *MF* > 100 mhos/m merupakan batuan kuarsa dan batuan lapuk dengan alterasi berupa silifikasi lemah dan argilik, diindikasikan sebagai zona mineralisasi. *Resistivity* > 1000 Ωm , *PFE* > 6.5% dan *MF* > 100 mhos/m merupakan andesit dan diorit dengan alterasi silifikasi kuat dan propilit yang diduga sebagai zona mineralisasi utama^[8]. Penelitian lain tentang pemodelan 3D endapan bijih besi menggunakan metode *resistivity* dan *induced polarization* telah berhasil memodelkan keterdapatan bijih besi dengan nilai resistivitas endapan bijih besi berada pada kisaran 42-179 Ωm yang didukung oleh adanya anomali *high chargeability* pada kisaran 24-107 msec. Dari pemodelan 3D diperoleh model endapan bijih besi berbentuk *podform* dan lensa-lensa kecil^[9].

METODE

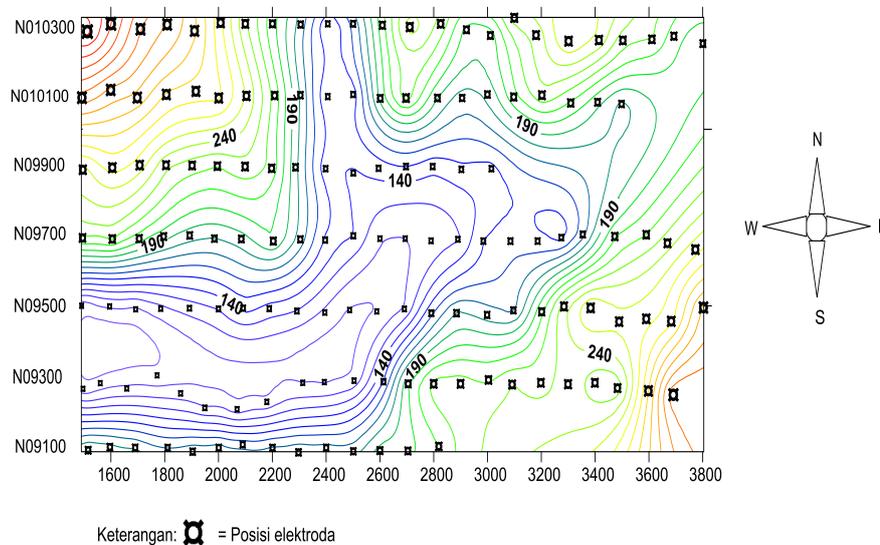
Penelitian ini dilakukan di lapangan “X” PT Newmont Nusa Tenggara. Penelitian ini terdiri atas tiga tahap utama diantaranya akuisisi data lapangan, prosesi data *IP* dan interpretasi data *pseudosection* 2D hasil pemodelan metode inversi *least square*.

➤ **Akuisisi Data**

Akuisisi data lapangan dilakukan berdasarkan hasil *geological mapping* dan *survey* geofisika magnetik *airborne* sebelumnya. Akuisisi data lapangan metode *IP* dilakukan untuk melokalisir area/zona mineralisasi dari hasil *survey* magnetik *airborne*. Akuisisi data lapangan menggunakan konfigurasi *pole-dipole* dalam *domain* waktu (*time domain*).

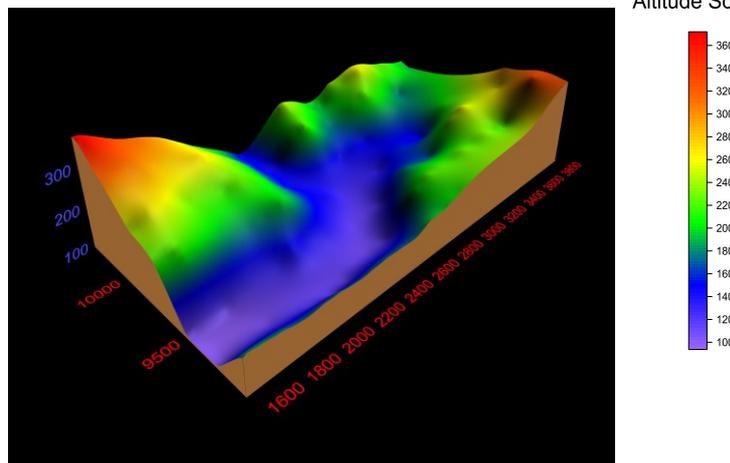
Akuisisi data lapangan metode geolistrik *IP* sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2 terdiri atas 7 lintasan pengukuran dengan panjang lintasan berkisar antara 1,3 km – 2,3 km dengan jarak antar elektroda 100 m dengan rincian sebagai berikut:

- a. Lintasan 9100 dengan jarak 1,3 km
- b. Lintasan 9300 dengan jarak 2,2 km
- c. Lintasan 9500 dengan jarak 2,3 km
- d. Lintasan 9700 dengan jarak 2,3 km
- e. Lintasan 9900 dengan jarak 1,5 km
- f. Lintasan 10100 dengan jarak 2,0 km
- g. Lintasan 10300 dengan jarak 2,3 km



Keterangan: □ = Posisi elektroda

Gambar 2. (color online) Kontur posisi elektroda survey *IP*
Altitude Scale (m)



Gambar 3. (color online) Kontur topografi 3D lokasi penelitian

➤ Pengolahan Data (*Data Processing*)

Pengolahan data dilakukan untuk memodelkan geologi bawah permukaan dari lokasi penelitian berdasarkan formulasi matematis untuk mendapatkan parameter fisis geologi setempat.

Pengolahan data dimodelkan berdasarkan parameter resistivitas dan chargeabilitas batuan untuk kemudian didapatkan penampang struktur 2D bawah permukaan. Kedua parameter tersebut didapatkan dari perhitungan matematis dan fisis menggunakan metode *inverse least square*. Metode inversi linier kuadrat terkecil (*inverse least square*) ini merupakan modifikasi model awal secara iteratif hingga diperoleh model yang responnya cocok dengan hasil akuisisi data lapangan (*observed data*). Modifikasi model didasarkan pada sensitifitas parameter observasi terhadap perubahan parameter model^[10]. Sementara aplikasi *software* yang digunakan untuk memodelkan struktur bawah permukaan menggunakan *software Res2dinv version 3.56* dan *Surfer 10*.

➤ Interpretasi

Interpretasi dilakukan secara kualitatif yaitu dengan melihat penampang 2D (*pseudosection*) dan keterkaitan pola-pola peta kontur anomali antara pola anomali resistivitas dan chargeabilitas. Sementara interpretasi kuantitatif dilakukan dengan cara menduga struktur pelapisan batuan berdasarkan analisis parameter nilai chargeabilitas dan resistivitas, sehingga zona yang diduga prospek mengandung mineral logam dapat diketahui secara lateral pada kedalaman tertentu (vertikal). Interpretasi dari masing-masing lintasan pengukuran dilakukan berdasarkan analisis awal yang dilakukan sebelumnya kemudian dikaitkan dengan kondisi geologi setempat dan nilai dari resistivitas serta chargeabilitas dari masing-masing litologi batuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai anomali chargeabilitas dapat dibagi menjadi 5 kelompok diantaranya^[11] :

- a. Nilai anomali rendah dengan chargeabilitas < 10 msec: daerah yang didominasi nilai anomali ini diindikasikan sebagai gambaran batuan bumi bawah permukaan yang tidak mengandung mineral logam.
- b. Nilai anomali sedang dengan chargeabilitas 10-25 msec: daerah yang didominasi nilai anomali ini diindikasikan sebagai gambaran struktur batuan yang merupakan daerah dengan sedikit mineralisasi logam.
- c. Nilai anomali agak tinggi dengan chargeabilitas 25-50 msec: daerah yang didominasi nilai anomali ini diindikasikan sebagai gambaran batuan yang cukup kaya kandungan logamnya.
- d. Nilai anomali tinggi dengan chargeabilitas 50-75 msec: daerah yang didominasi oleh batuan yang termineralisasi logam kuat sehingga dapat dikatakan bahwa kandungan mineralnya besar secara kuantitas.
- e. Nilai anomali sangat tinggi dengan chargeabilitas > 75 msec: daerah dimana struktur batuanya diindikasikan sebagai pembawa mineral yang sangat besar.

Sementara dari respon penampang model 2D resistivitas, didapatkan bahwa litologi batuan bawah permukaan dari daerah penelitian diduga tersusun atas 5 satuan batuan utama sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Resistivitas dan litologi batuan penyusun untuk semua lintasan

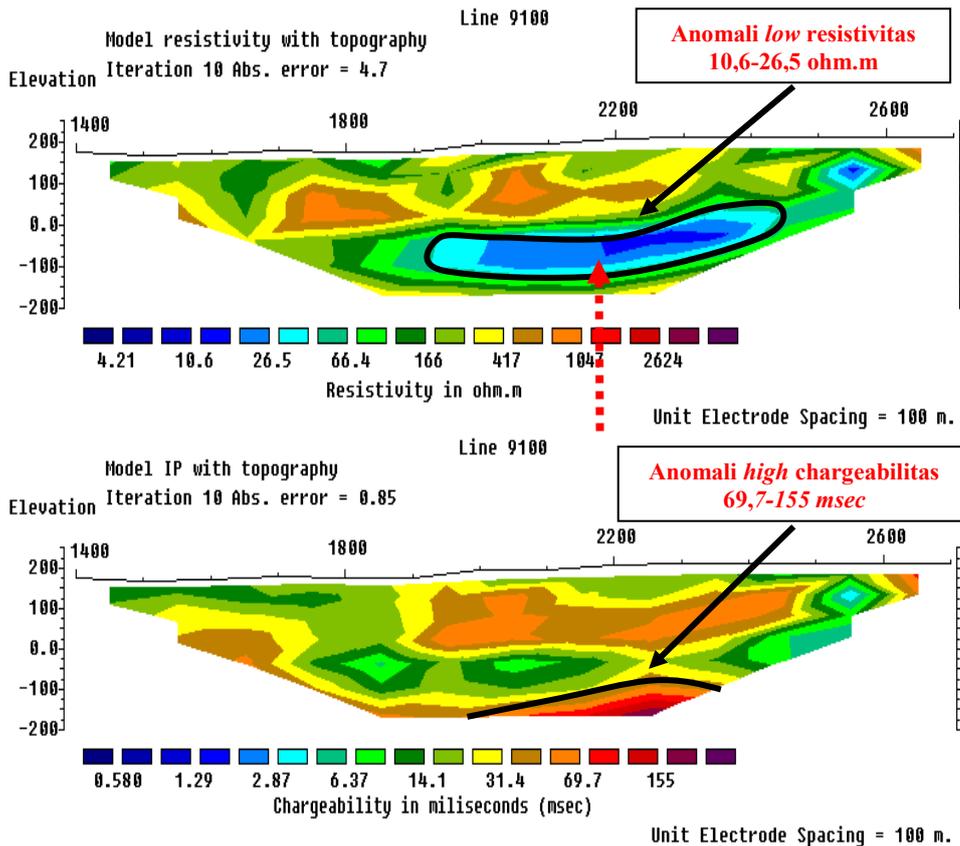
Resistivitas (Ωm)	Litologi Batuan
4,21-26,5	Satuan batulempung tuffan terdiri dari batulempung tuffan dengan sisipan lapisan batupasir dan kerikil hasil rombakan batuan gunungapi.
26,5-166	Satuan batupasir Tuffan, batulempung, tuff dan breksi dengan lensa batugamping.
166-1047	Satuan batugamping terdiri dari batupasir dan batupasir gampingan serta rombakan gunung api gampingan.
1047-2624	Satuan lava breksi terdiri dari lava, lahar, tuff dan abu gunungapi yang berkomposisi andesit.
> 2624	Satuan lava andesit-basalt terdiri dari breksi gunungapi, lahar tuff, abu dan lava yang berkomposisi andesit dan basalt.

Berdasarkan analisis *pseudosection* resistivitas dan chargeabilitas dari keseluruhan lintasan yang dijelaskan di atas, maka dapat dilakukan interpretasi untuk menduga litologi struktur perlapisan batuan bawah permukaan dan distribusi anomali mineralisasi sehingga didapatkan gambaran tentang struktur geologi dari lokasi penelitian.

Interpretasi dilakukan secara kualitatif yaitu dengan melihat penampang 2D (*pseudosection*) dan keterkaitan pola-pola peta kontur anomali antara pola anomali resistivitas dan chargeabilitas. Sementara interpretasi kuantitatif dilakukan dengan cara menduga struktur perlapisan batuan berdasarkan analisis parameter nilai chargeabilitas dan resistivitas, sehingga zona yang diduga prospek mengandung mineral logam dapat diketahui secara lateral pada kedalaman tertentu (vertikal). Interpretasi dari masing-masing lintasan pengukuran dilakukan berdasarkan analisis awal yang dilakukan sebelumnya untuk kemudian dikaitkan dengan kondisi geologi setempat dan nilai dari resistivitas-chargeabilitas dari masing-masing litologi batuan berdasarkan referensi tabel nilai resistivitas batuan standar.

➤ **Interpretasi lintasan 9100**

Pada lintasan 9100 ini terdeteksi nilai resistivitas pada *range* 4,21-2624 Ωm dan chargeabilitas pada kisaran 0,58-155 msec. Pada posisi elektroda 2200 dengan kedalaman 300-400 m dimana kisaran resistivitas batuanya berada pada *range* 10,6-26,5 Ωm dan chargeabilitas sebesar 69,7-155 msec yang tersusun atas 1 satuan batuan yaitu satuan batulempung. Satuan batuan tersebut termasuk ke dalam batuan bersifat *low* resistivitas yang memiliki porositas dan permeabilitas yang cukup tinggi dibandingkan dengan batuan di sekitarnya. Zona *low* resistivitas ini diduga sebagai zona lemah yang dimana diindikasikan sebagai zona patahan/rekahan, hal tersebut ditandai dengan adanya bidang batas antara nilai *high* resistivitas dengan *low* resistivitas sehingga mineral-mineral logam terjebak dan berkembang pada zona ini. Zona mineralisasi tampak berkembang cukup baik yang didukung oleh adanya nilai anomali *high* chargeabilitas pada zona *low* resistivitas. Zona mineralisasi tersebut terlihat berarah Barat-Timur seperti yang terlihat pada Gambar 4.

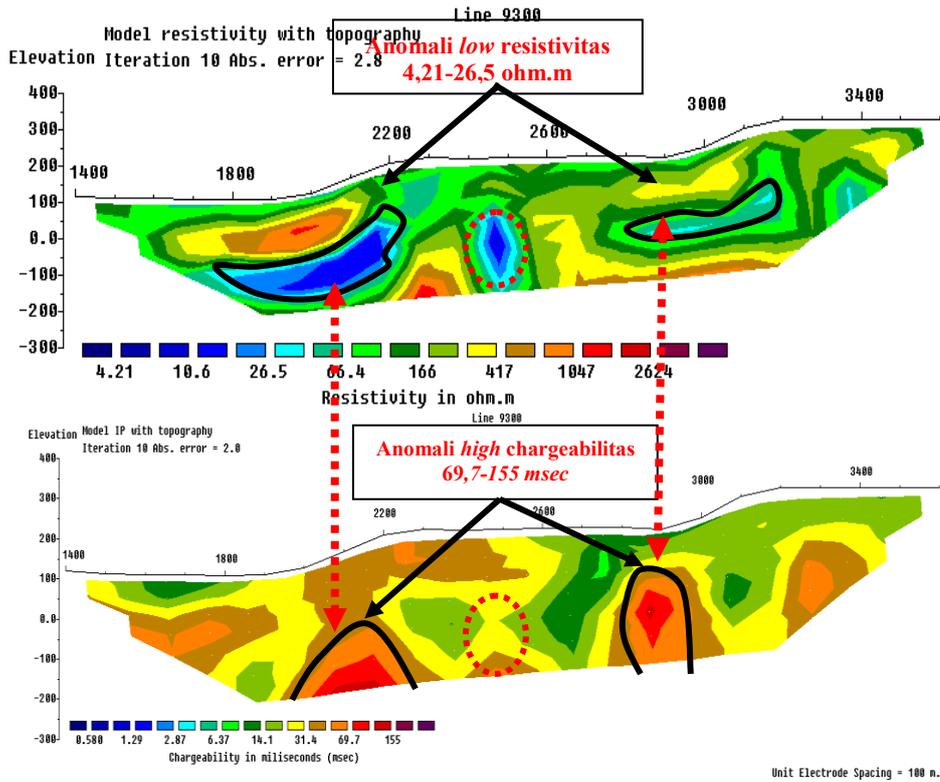


Gambar 4. (color online) Kelurusan zona mineralisasi pseudosection resistivitas dan chargeabilitas lintasan 9100

➤ Interpretasi lintasan 9300

Pada lintasan 9300 terdeteksi dengan nilai resistivitas pada *range* 4,21-2624 Ω m dan chargeabilitas pada kisaran 0,58-155 msec dengan litologi batuan yang sama yaitu satuan batulempung. Pada lintasan 9300 ini, anomali terlihat pada posisi elektroda 2200 pada kedalaman 200 m dan pada posisi elektroda 2900 pada kedalaman 150 m dimana kisaran resistivitas batuanannya berada pada *range* 10,6-26,5 Ω m dan chargeabilitas sebesar 69,7-155 msec. Anomali ini tersusun atas 1 satuan batuan utama yaitu satuan batulempung tufaan. Satuan batuan tersebut termasuk ke dalam batuan bersifat *low* resistivitas yang memiliki porositas dan permeabilitas yang cukup tinggi dibandingkan dengan batuan di sekitarnya. Zona *low* resistivitas ini diduga sebagai zona lemah dimana diindikasikan sebagai zona patahan/rekahan yang ditandai dengan adanya bidang batas antara nilai *high* resistivitas dengan *low* resistivitas sehingga mineral-mineral logam terjebak dan berkembang pada zona ini. Zona mineralisasi tampak berkembang cukup baik yang didukung oleh adanya nilai anomali *high* chargeabilitas pada zona *low* resistivitas. Zona mineralisasi tersebut terlihat berarah Barat-Timur sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Sementara pada posisi elektroda 2500 terlihat juga adanya zona *low* resistivitas (lingkaran merah) yang diapit oleh zona *medium-high* resistivitas dimana pada zona *low* resistivitas ini juga diduga sebagai zona lemah/rekahan. Tetapi proses mineralisasi tidak terlihat dan tidak berkembang dengan baik pada posisi elektroda 2500 karena tidak didukung oleh adanya nilai *high* chargeabilitas pada zona ini.



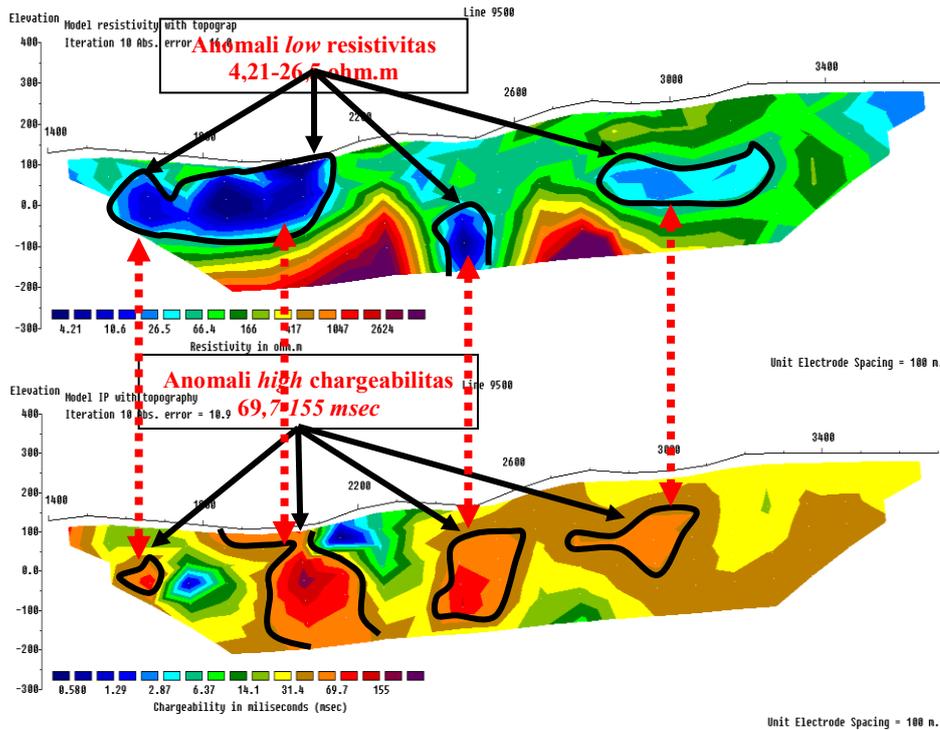
Gambar 5. (color online) Kelurusan zona mineralisasi pseudosection resistivitas dan chargeabilitas lintasan 9300

➤ Interpretasi lintasan 9500

Pada lintasan 9500 ini mempunyai struktur batuan dengan nilai resistivitas pada range 4,21-2624 Ωm dan chargeabilitas pada kisaran 0,58-155 msec. Lintasan 9500 memperlihatkan 3 posisi anomali utama yaitu pada posisi elektroda 1700, 2100 dan 2500 dengan kedalaman anomali berkisar antara 100-200 m. Anomali pada masing-masing posisi elektroda ini diperlihatkan dengan adanya nilai resistivitas sebesar 4,21-26,5 Ωm yang didukung oleh adanya nilai chargeabilitas sebesar 69,7-155 msec. Anomali ini tersusun atas satuan batulempung tuffan terdiri dari batulempung tuffan dengan sisipan lapisan batupasir dan kerikil hasil rombakan batuan gunungapi.

Pada posisi elektroda 1700 pada kedalaman sekitar 100 m, anomali tampak sebagai zona lemah yang bersifat porous yang ditunjukkan oleh adanya nilai low resistivitas (4,21-26,5) Ωm) dibandingkan batuan di bawah atau di atasnya. Jika dikorelasikan dengan penampang anomali chargeabilitas, tampak adanya nilai chargeabilitas yang cukup tinggi yaitu berkisar antara 69,7-155 msec pada posisi dan kedalaman yang sama pada anomali low resistivitas.

Sementara pada posisi elektroda 2100, tampak bahwa litologi batuan dari anomali berada pada kisaran low resistivitas (4,21-26,5 Ωm) pada kedalaman sekitar 100-200 m yang juga diduga sebagai zona lemah yang bersifat porous sehingga mineral-mineral logam terjebak dan berkembang pada zona ini. Zona mineralisasi terlihat berkembang cukup baik yang didukung oleh adanya nilai anomali high chargeabilitas (69,7-155 msec) pada zona low-medium resistivitas.



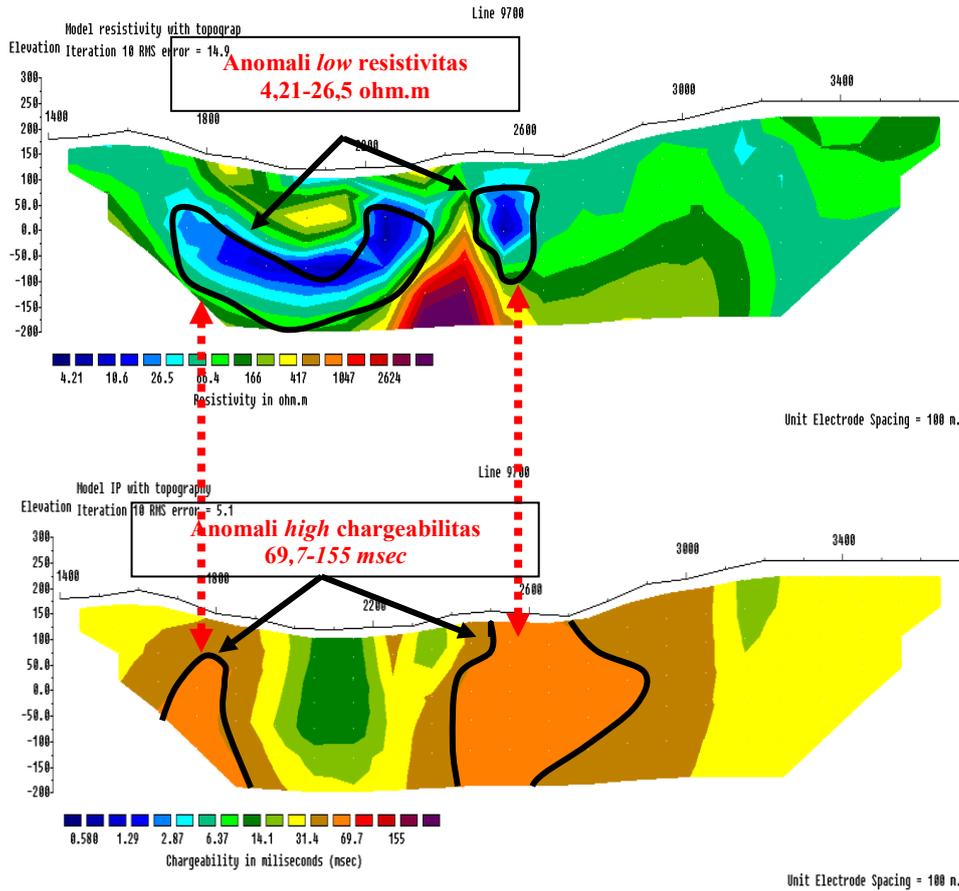
Gambar 6. (color online) Kelurusan zona mineralisasi pseudosection resistivitas dan chargeabilitas lintasan 9500

Begitu juga yang terlihat pada posisi elektroda 2500 dimana zona mineralisasi terlihat dengan adanya anomali *low resistivitas* (4,21-26,5 Ω m) di posisi tersebut yang diindikasikan sebagai zona lemah bersifat *porous* didukung oleh adanya anomali *high chargeabilitas* (69,7-155 msec). Secara keseluruhan zona mineralisasi terlihat berarah Barat-Timur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

➤ **Interpretasi lintasan 9700**

Pada lintasan 9700 ini zona mineralisasi terlihat pada posisi elektroda 1800 dengan kedalaman 150-250 m. Zona mineralisasi ini tampak pada kondisi dimana adanya anomali *low resistivitas* (10,6-26,5 Ω m) yang diduga sebagai zona lemah/rekahan yang didukung oleh adanya anomali *high chargeabilitas* (69,7 msec). Zona ini merupakan zona litologi batuan yang bersifat *porous* yaitu satuan batulempung tuffan terdiri dari batulempung tuffan dengan sisipan lapisan batupasir dan kerikil hasil rombakan batuan gunungapi.

Sementara zona mineralisasi yang lain juga tampak pada posisi elektroda 2600 pada kedalaman ± 100-250 m yang diperlihatkan oleh adanya *low-medium resistivitas* (4,21-26,5 Ω m) dan *high chargeabilitas* (69,7 msec). Berdasarkan parameter *low-medium resistivitas* tersebut menunjukkan adanya litologi batuan yang cenderung bersifat *porous* dan *permeable* yaitu satuan batulempung tuffan, satuan batupasir dan satuan batugamping. Dengan demikian, pada posisi elektroda 2600 diduga sebagai zona prospek mineral logam konduktif yang perlu dilakukan pengeboran uji sample batuan dimana zona tersebut terlihat berarah Barat-Timur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

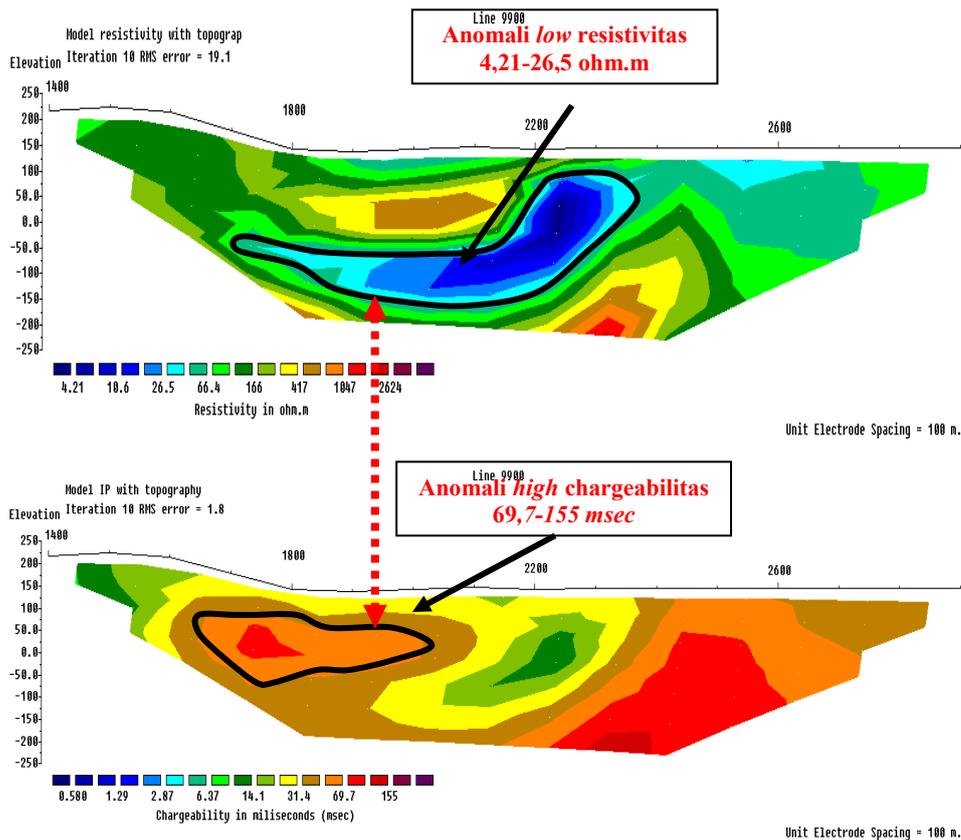


Gambar 7. (color online) Kelurusan zona mineralisasi *pseudosection* resistivitas dan chargeabilitas lintasan 9700

➤ Interpretasi lintasan 9900

Lintasan 9900 menunjukkan anomali *low* resistivitas (4,21-26,5 Ω m) yang didukung oleh anomali *high* chargeabilitas (69,7-155 msec) pada posisi elektroda 1800 dengan kedalaman 100-150 m. Anomali ini diduga sebagai zona mineralisasi logam yang tampak sebagai zona lemah/rekahan yang sangat memungkinkan mineral-mineral logam berkembang dengan baik pada zona ini. Hal ini bisa dilihat berdasarkan parameter *low* resistivitas dan *high* chargeabilitas yang saling terkait satu sama lain. Zona *low* resistivitas merupakan zona satuan batulempung tuffan dengan sisipan lapisan batupasir dan kerikil hasil rombakan batuan gunungapi yang bersifat *porous* dan *permeable* sehingga pada saat terjadi migrasi fluida pembawa mineral terperangkap/terjebak pada zona ini.

Adanya kelurusan anomali antara *pseudosection* 2D *low* resistivitas dan *high* chargeabilitas ini, diindikasikan sebagai zona prospek mineral logam konduktif yang terlihat berarah Barat-Timur seperti yang terlihat pada Gambar 8.



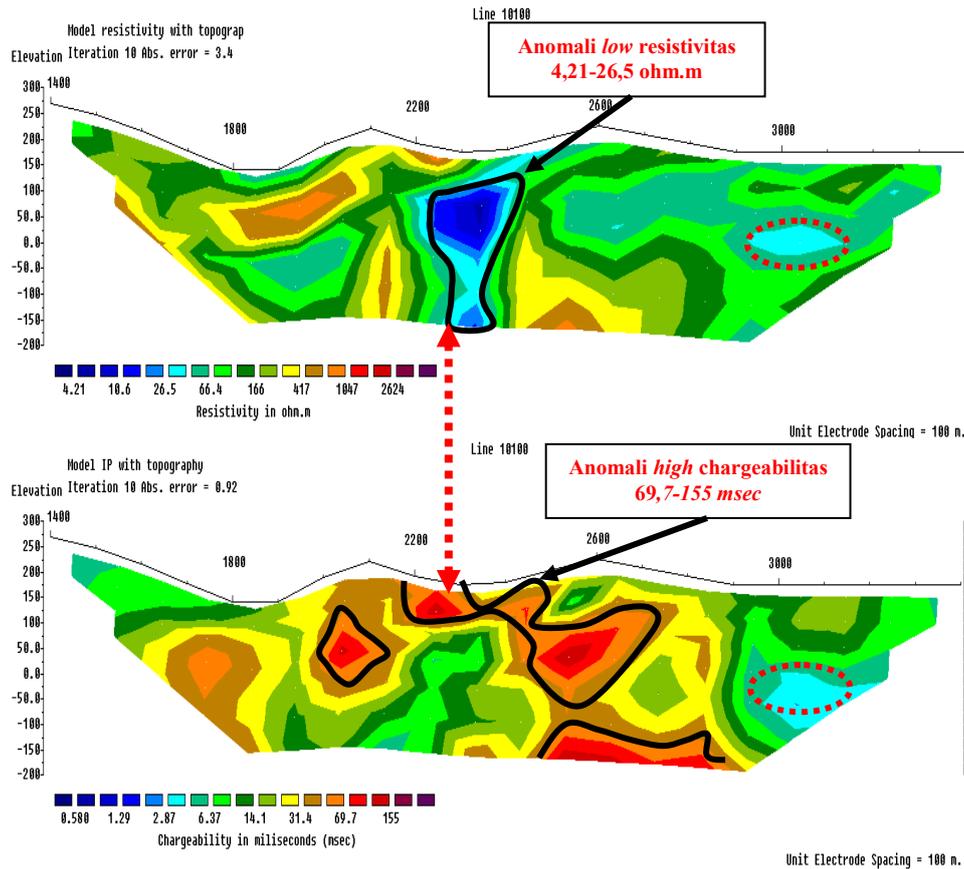
Gambar 8. (color online) Kelurusan zona mineralisasi pseudosection resistivitas dan chargeabilitas lintasan 9900

➤ Interpretasi lintasan 10100

Lintasan 10100 ini mempunyai nilai resistivitas pada range 4,21-2624 Ωm dan chargeabilitas pada kisaran 0,58-155 msec. Anomali pada lintasan 10100 ini ditunjukkan di posisi elektroda 2300 pada kedalaman 50-100 m. Anomali ini diperlihatkan dengan adanya kondisi *low* resistivitas (4,21-26,5 Ωm) yang didukung oleh adanya anomali *high* chargeabilitas (69,7-155 msec). Anomali ini tersusun atas 2 satuan batuan utama yaitu satuan batulempung tufaan dengan sisipan lapisan batupasir dan kerikil hasil rombakan batuan gunungapi. Satuan batuan tersebut termasuk ke dalam batuan bersifat *low* resistivitas yang memiliki porositas dan permeabilitas yang cukup tinggi dibandingkan dengan batuan di sekitarnya. Zona *low* resistivitas ini diduga sebagai zona lemah dimana diindikasikan sebagai zona patahan/rekahan yang ditandai dengan adanya bidang batas antara nilai *medium-high* resistivitas dengan *low* resistivitas sehingga mineral-mineral logam terjebak dan berkembang pada zona ini. Dari Gambar 9, zona lemah dengan nilai *low* resistivitas juga terdapat pada posisi elektroda 3000, akan tetapi pada posisi tersebut juga bernilai *low* chargeabilitas. Diduga pada posisi elektroda tersebut tidak terjadi proses mineralisasi logam.

Di samping itu, berdasarkan penampang model 2D resistivitas dan chargeabilitas pada Gambar 9 diduga zona mineralisasi juga mengalami kemenerusan ke arah timur hingga posisi elektroda 2400, 2500 dan 2600 dimana kondisi ini didasarkan pada respon parameter *medium* resistivitas (66,4-166 Ωm) dengan adanya respon anomali *high* chargeabilitas (69,7-155 msec).

Zona mineralisasi tampak berkembang cukup baik yang didukung oleh adanya nilai anomali *high* chargeabilitas pada zona *low* resistivitas. Zona mineralisasi tersebut terlihat berarah Barat-Timur sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. (color online) Kelurusan zona mineralisasi *pseudosection* resistivitas dan chargeabilitas lintasan 10100

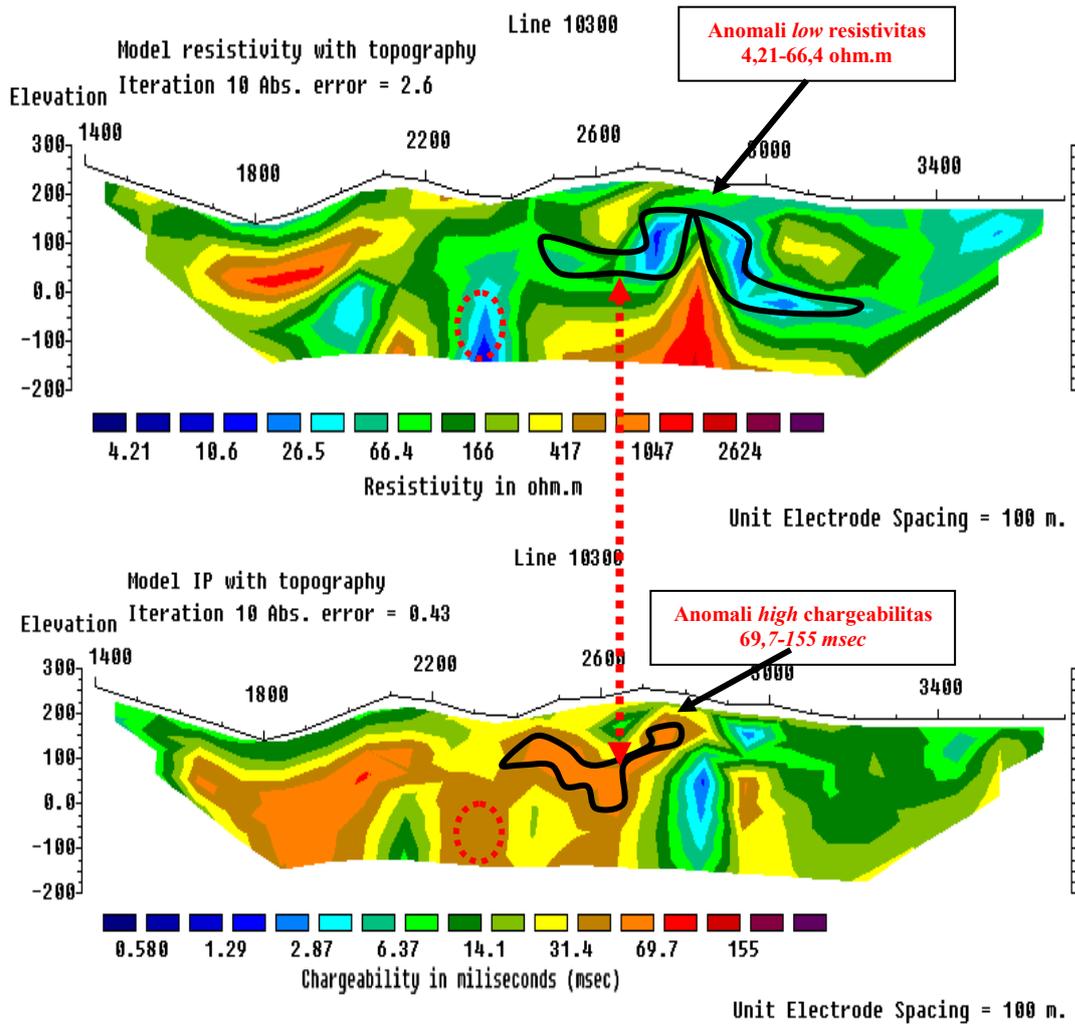
➤ Interpretasi lintasan 10300

Anomali pada lintasan 10300 ini ditunjukkan di sepanjang posisi elektroda 2700 dengan kedalaman anomali sekitar 50-100 m. Anomali ini diperlihatkan dengan adanya kondisi nilai *low* resistivitas (4,21-66,4 Ωm) yang didukung oleh adanya nilai anomali *high* chargeabilitas (69,7-155 msec). Anomali ini tersusun oleh satuan batulempung tuffan terdiri dari batulempung tuffan dengan sisipan lapisan batupasir dan kerikil hasil rombakan batuan gunungapi. Satuan batuan tersebut termasuk ke dalam batuan bersifat *low* resistivitas yang memiliki porositas dan permeabilitas yang cukup tinggi dibandingkan dengan batuan di sekitarnya. Zona *low* resistivitas ini diduga sebagai zona lemah dimana diindikasikan sebagai zona patahan/rekahan yang ditandai dengan adanya bidang batas antara batuan dengan nilai *medium-high* resistivitas yang berada di sekitar bidang batuan *low* resistivitas sehingga mineral-mineral logam diduga terjebak dan berkembang pada zona ini.

Sementara pada posisi elektroda 2300 (lingkaran merah), tampak adanya zona lemah yang ditandai dengan adanya respon *low* resistivitas dari batuan yang ada di posisi elektroda ini. Akan tetapi kondisi *low* resistivitas ini tidak didukung oleh respon nilai *high* chargeabilitas (hanya bernilai 31,4 msec) sehingga diduga proses mineralisasi tidak berkembang pada zona lemah tersebut.

Dari kelurusan anomali *low* resistivitas-*high* chargeabilitas ini diindikasikan sebagai zona prospek mineral logam konduktif yang terlihat berarah Barat-Timur dan juga tampak lebih

berkembang di sebelah barat dari posisi anomali utama pada zona lemah seperti yang tampak pada Gambar 10.



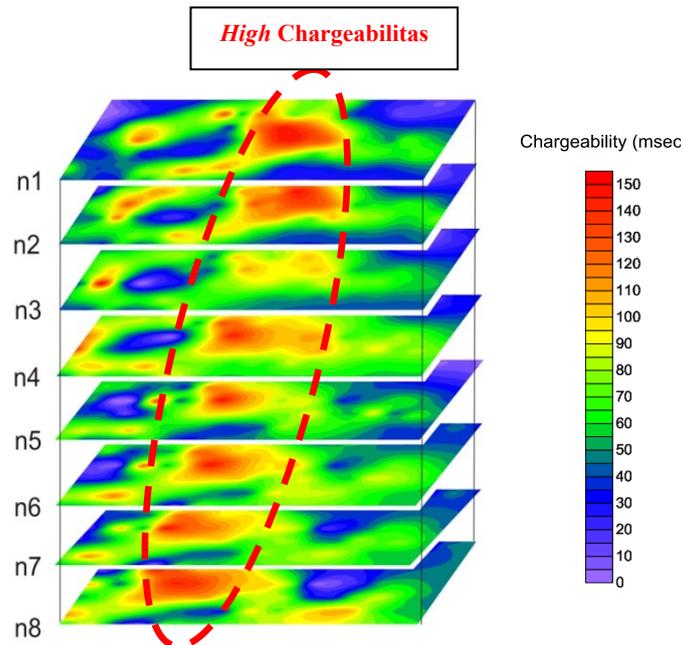
Gambar 10. (color online) Kelurusan zona mineralisasi *pseudosection* resistivitas dan chargeabilitas lintasan 10300

➤ **Zona prospek mineralisasi**

Hasil interpretasi di atas menunjukkan bahwa nilai resistivitas hasil pengukuran IP di daerah sekitar lokasi penyelidikan didominasi oleh satuan batuan batuan vulkanik dan batuan sedimen. Secara keseluruhan lintasan menunjukkan adanya kelurusan anomali antara *low* resistivitas dengan *high* chargeabilitas. Meskipun ada beberapa zona menunjukkan adanya kondisi *medium* resistivitas tapi pada zona tersebut juga memperlihatkan anomali *high* chargeabilitas. Kondisi ini menggambarkan bahwa batuan *low-medium* resistivitas diduga zona lemah yang dikontrol oleh adanya rekahan/patahan sehingga menyebabkan batuan tersebut memiliki porositas dan permeabilitas yang cukup tinggi dimana aliran fluida pembawa mineral terjebak pada zona tersebut. Akibat pelapukan tersebut maka akan terendapkan mineral-mineral bentukan baru. Mineral tipe ini tergantung dari jenis batuan hidrotermalnya, tipe batuan muda yang diterobosnya dan proses pendinginan yang terjadi pada batuan itu sendiri.

Berdasarkan kelurusan topografi dan data rekahan sesar pada singkapan bahwa struktur umum bagian Barat Pulau Sumbawa berarah Barat-Barat laut dan Timur laut memanjang

sampai ke bagian Selatan Pulau Sumbawa. Struktur-struktur tersebut merupakan hasil kompresi yang berarah Utara-Selatan yang berasosiasi dengan proses subduksi berumur Tersier di sepanjang bagian selatan busur Sunda-Banda ^[12]. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa sistem hidrotermal pembawa mineral logam tersebut juga sangat dikontrol oleh adanya sesar rekahan sehingga mineral-mineral tersebut terjebak di sekitar sesar.

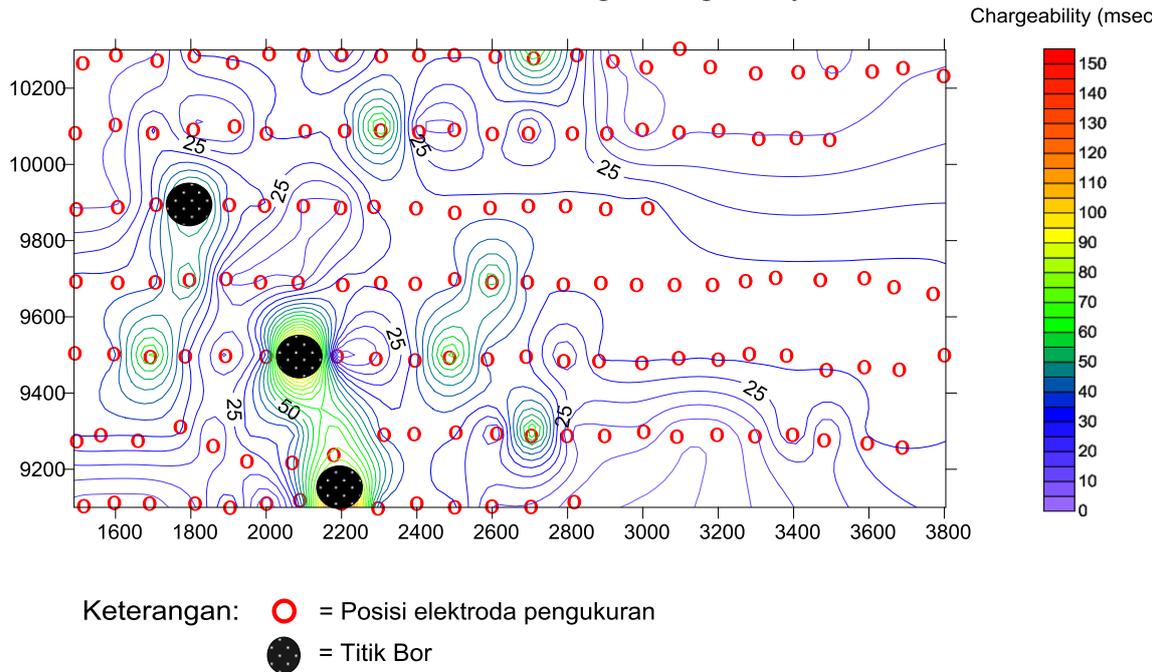


Gambar 11. (color online) Distribusi nilai chargeabilitas untuk setiap n

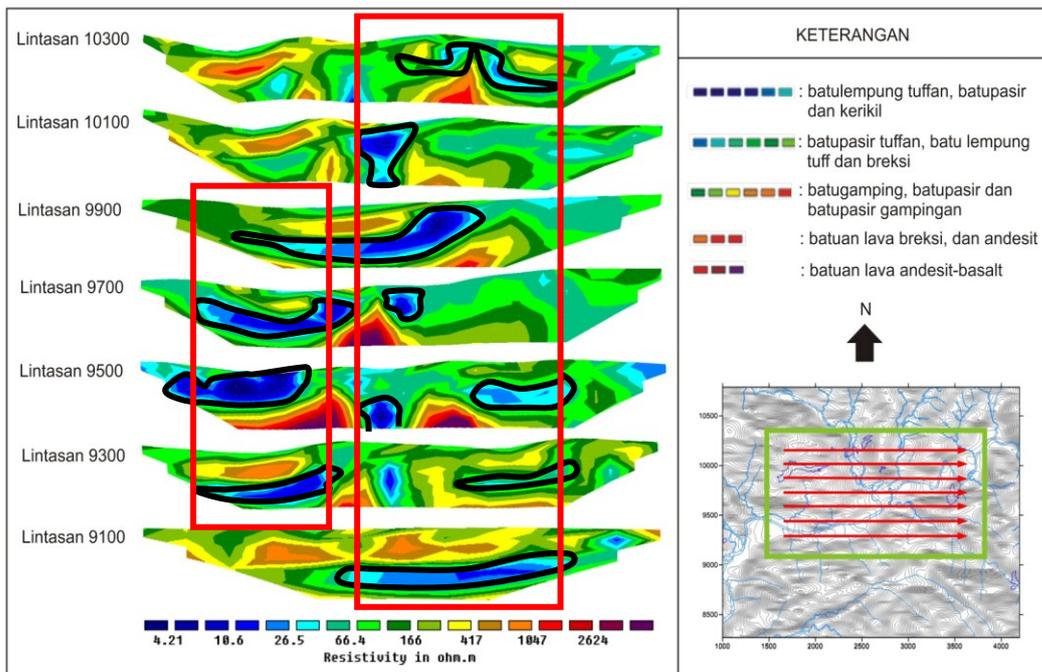
Secara keseluruhan dapat diperkirakan bahwa anomali *high* chargeabilitas yang diduga sebagai anomali utama tersebar disepanjang posisi elektroda 1800-2600 dari n₁-n₈ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11. Terlihat bahwa anomali tersebut berarah Barat-Timur yang mencoba menerobos dari bawah menuju permukaan. Adanya kemenerusan anomali ini diperkirakan sebagai anomali batuan yang berada di sekitar intrusi dari satuan lava andesit basalt yang berasosiasi dengan batuan diorit, andesit-basalt, diorit kuarsa, dan tonalit yang diduga sebagai batuan pembawa mineral-mineral logam yang mengandung tembaga dan emas (Cu-Au). Kedalaman anomali diduga menerus dari kedalaman ± 50 hingga kedalaman ± 400 m.

Sedangkan bila dilihat anomali *high* chargeabilitas yang berkorelasi dengan *low-high* resistivitas menunjukkan adanya kelurusan anomali. Di samping itu bahwa prospek mineralisasi utama yang dicirikan oleh adanya anomali *high* chargeabilitas tersebut cenderung berada di bagian tengah lintasan 9100-10300. Di bagian paling barat dan paling timur lintasan 9100-10300 tidak menunjukkan adanya anomali mineralisasi sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 11 dan 12 bahwa pada wilayah ini tidak terdapat anomali *low* resistivitas yang didukung oleh adanya anomali *high* chargeabilitas. Ini disebabkan karena zona mineralisasi tidak mengalami kemenerusan ke arah Barat dan Timur sehingga proses mineralisasi tidak berkembang di wilayah tersebut. Gambar 13 dan Gambar 14 menunjukkan adanya kelurusan dan kemenerusan anomali *low* resistivitas dan *high* chargeabilitas untuk semua lintasan pengukuran.

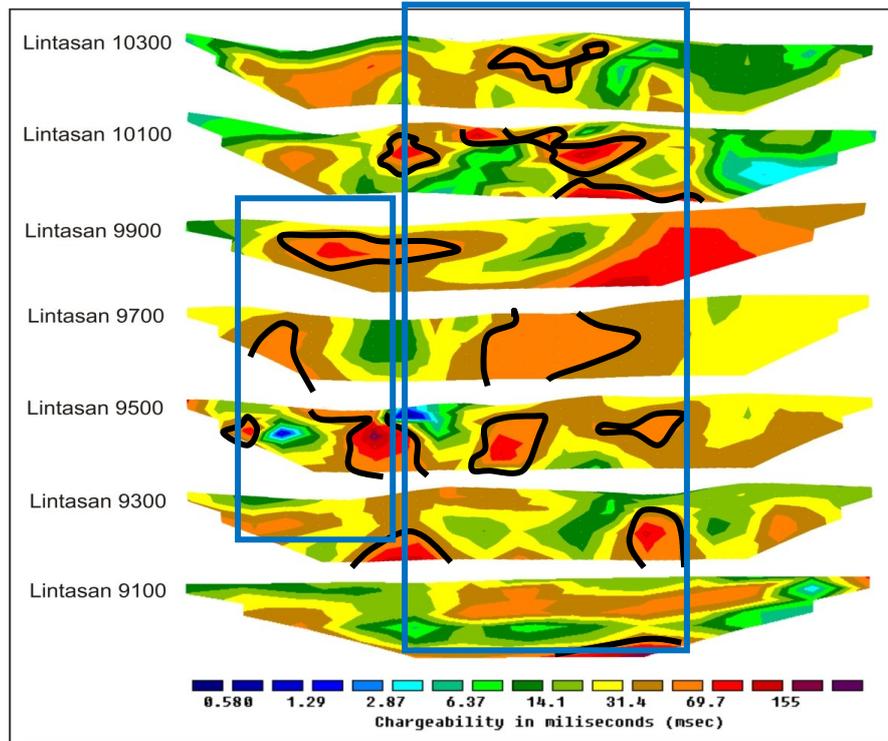
Peta Distribusi Anomali High Chargeability



Gambar 12. (color online) Peta distribusi zona mineralisasi (high chargeabilitas) dan posisi titik bor



Gambar 13. (color online) Kemenerusan anomali low resistivitas semua lintasan



Gambar 14. (color online) Kemenerusan anomali *high* chargeabilitas semua lintasan

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis hasil dan pembahasan maka dapat disimpulkan beberapa bahwa nilai resistivitas batuan bawah permukaan di daerah penelitian berada pada kisaran 4,21-2624 Ω m dan chargeabilitas pada kisaran 0,58-155 msec dengan litologi batuan tersusun atas satuan batulempung tuffan, satuan batupasir tuffan, batulempung, tuff dan breksi, satuan batugamping, satuan batuan lava breksi, satuan batuan lava andesit-basalt. Nilai *high* chargeabilitas terlihat pada setiap lintasan berdasarkan kelurusan anomali yang dikorelasikan dengan *pseudosection* 2D resistivitas, dimana anomali terlihat berarah Barat-Timur. Titik bor yang direkomendasikan berada pada *range* chargeabilitas 69,7-155 msec dimana pada lintasan 9100 pada posisi elektroda 2200 dengan nilai chargeabilitas sekitar 155 msec dengan kedalaman anomali sekitar 300-400 m, pada lintasan 9500 pada posisi elektroda 2100 dengan nilai chargeabilitas sekitar 155 msec dengan kedalaman anomali 100-200 m dan lintasan 9900 pada posisi elektroda 1800 dengan nilai chargeabilitas sekitar 69,7 msec dengan kedalaman anomali 100-150 m.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak perusahaan PT Newmont Nusa Tenggara yang telah berkenan memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Garwin, S.L. 2000. *The Setting, Geometry and Timing of Intrusion-Related Hydrothermal Systems in The Vicinity of Batu Hijau Porphyry Copper- Gold Deposits, Sumbawa, Indonesia*. Disertasi Doktor, University of Western, Australia.
- 2 Bateman, A.M. dan Jensen, M.L. 1981. *Economic Mineral Deposit*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- 3 Telford, W.M. 1990. *Applied Geophysics*. London: Cambridge University Press.
- 4 Lowrie, W. 2007. *Fundamental of Geophysics (2nd ed.)*. New York: Cambridge University Press.
- 5 Winarti. 2009. *Studi Induced Polarization (IP) Untuk Eksplorasi Mineral Mangan di Daerah Sрати, Kecamatan Ayah, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah*. Seminar nasional ke 4 Tahun 2009: Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi.
- 6 Rahmah, S. 2009. *Pencitraan 2D Data Resistivitiy dan Induced Polarization Untuk Mendeleniasi Deposit Emas Sistem Epitermal di Daerah "X"*. Skripsi S1 Universitas Indonesia. Jakarta.
- 7 Perdana, A. 2011. *Metode Controlled Source Audio Frequency magnetotelluric (CSAMT) Untuk Eksplorasi Mineral Emas Daerah "A" dengan Data Pendukung Metode Magnetik dan Geolistrik*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- 8 Arizona, T. 2012. *Pemodela 3 Dimensi Endapan Bijih Besi Menggunakan Metode Resistivity dan Induced Polarization (IP)*. Tesis S2 UI. Jakarta.
- 9 Sudiyanto, Y. 2010. *Pencitraan 2D Data Resistivitiy dan Induced Polarization Untuk Mendeleniasi Deposit Emas Sistem Epitermal di Daerah "X"*. Universitas Indonesia. Skripsi S1 Universitas Indonesia. Jakarta.
- 10 Sunaryo. 2007. *Studi Zona Mineralisasi di Kawasan Malang Selatan Jawa Timur Menggunakan Metode Geofisika Terpadu*. Yogyakarta. Disertasi Doktor, Universitas Gadjah Mada (Tidak dipublikasikan).
- 11 Situmorang. 2008. *Eksplorasi Geofisika Metode IP untuk Mineral Logam, Manggarai Barat*. ESDM Bandung.
- 12 Meldrum. 1994. The Batu Hijau Porphyry Copper-Gold Deposit, Sumbawa Island, Indonesia, *Journal of Geochemical Exploration*, Vol. 50, Hal. 203-220.