

# IDENTIFIKASI KEBERADAAN ENDAPAN EMAS BERDASARKAN ANALISA DATA GEOMAGNETIK DAN *INDUCED POLARIZATION* PADA DAERAH RANDUKUNING, SELOGIRI, WONOGIRI, JAWA TENGAH

## *IDENTIFICATION OF POTENTIAL GOLD DEPOSIT BASED ON ANALYSIS OF GEOMAGNETIC AND INDUCED POLARIZATION DATA IN THE RANDUKUNING AREA, SELOGIRI, WONOGIRI, CENTRAL JAVA*

Fauzi Yul Chaidir\*, Okta Dwi Puspita, dan Gilvandro Rumahorbo

Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"

\* Email: fauziyul@gmail.com

### **Abstract**

*Tectonic and magmatism activity of randukuning becomes an attraction for geologists and geophysicst to conduct details research. The presence of hostrock by dasit lava and andesite rock from mandalika formation, and geological structure, causing the rocks alteration to form ore mineralization. An integrated geophysical approach using geomagnetic and induced polarization was performed to delineate subsurface geological structures, and zoning the mineralization prospect area by horizontally and vertically. Data was collected through open source and secondary data analysis, then processing was carried out to obtain 2D anomaly model. The interpretation of geomagnetic using the RTP – High pass filter shows that low magnetic anomaly pattern between -4.9 to -0.8 nT in the western part indicated due to geological structure and alteration intensity. The comparison of RTP - Horizontal Gradient Filter shows that high anomaly pattern of 0.001 to 0.0017 nT/m in the northeast and southwest, which is interpreted as a response of geological structures filled by ore mineralization. Based on induced polarization, there are chalcopyrite minerals at depth of 20-30 m with a chargeability of 4-9 msec with resistivity >200  $\Omega$ m. The results of this integration indicate the potential for gold deposits in the northeast and southwest of the research area.*

**Keywords:** *Randukuning , Geomagnetic, Induced Polarization, Mineralization, Gold*

### **Abstrak**

Aktivitas tektonik dan magmatisme randukuning menjadi sebuah daya tarik tersendiri bagi geologist dan geophysicst untuk melakukan penelitian lebih lanjut. Terdapatnya batuan induk berupa lava dasit dan batuan beku andesit dari formasi mandalika, serta struktur geologi yang berkembang, menyebabkan terjadinya proses alterasi batuan hingga membentuk mineralisasi bijih. Pendekatan terintegrasi geofisika metode geomagnetik dan Induced Polarization dilakukan untuk mendeliniasi struktur geologi serta menzonasi daerah prospek mineralisasi secara horizontal dan vertikal. Pengambilan data dilakukan melalui analisa data open source serta data sekunder, kemudian dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan model anomaly 2D. Hasil interpretasi pada data magnetic dengan menggunakan *filter Reduce to Pole – High pass* menunjukkan adanya pola anomali magnetic rendah -4.9 hingga -0.8 nT pada bagian barat yang di indikasikan akibat adanya struktur geologi serta intensitas alterasi yang tinggi. Perbandingan hasil *filter RTP* dengan *Horizontal Gradient* menunjukkan adanya pola anomaly tinggi 0.001 hingga 0.0017 nT/m pada bagian timur laut dan barat daya, yang di interpretasikan sebagai respon dari struktur geologi yang terisi oleh mineralisasi. Berdasarkan penampang geolistrik induced polarization, terdapat mineral kalkopirit pada kedalaman 20-30 m dengan chargeabilitas 4-9 msec dengan resistivitas >200  $\Omega$ m. Hasil dari integrasi ini menunjukkan terdapatnya potensi endapan emas pada kavling timur laut dan barat daya daerah penelitian.

**Kata Kunci:** *Randukuning, Geomagnetik, Induced Polarization, Mineralisasi, Emas.*

## PENDAHULUAN

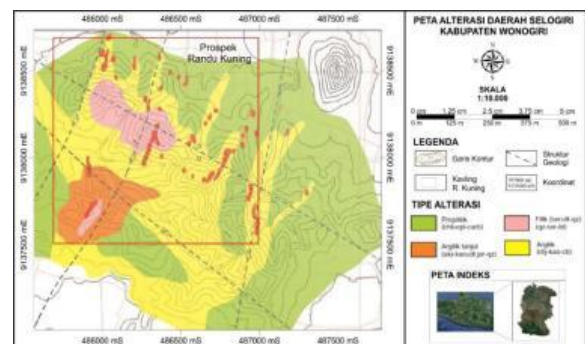
Indonesia merupakan negara yang diapit oleh tiga lempeng dunia yang mengakibatkan sering mengalami aktivitas tektonisme (Hamilton, 1979). Tektonisme sebagai pemicu proses mineralisasi akan mengubah susunan mineral batuan dasar menjadi mineral sulfida salah satunya yaitu emas. Seiring berjalannya waktu, harga emas terus mengalami kenaikan hingga dua kali lipat semenjak 10 tahun yang lalu. Emas sebagai mineral ekonomis banyak dimanfaatkan salah satunya sebagai investasi dan bahkan membantu perekonomian negara sebagai penyumbang ekspor tertinggi sejak Juli 2020. Kabupaten Wonogiri, Selogiri merupakan salah satu area yang memiliki prospek endapan emas tepatnya di bukit Randu Kuning. Menurut (Aribowo, 2013) Struktur geologi utama yang mengontrol terjadinya mineralisasi bagian dari sistem sesar Pegunungan Selatan yaitu sesar normal yang berorientasi baratlaut – tenggara. Peran struktur geologi sebagai syarat untuk berkembangnya mineralisasi pada rekahan batuan (White & Hedenquist, 1990). Larutan sisa magma akan menerobos melalui rekahan dan terendapkan sehingga terjadinya perubahan fisika dan kimia yang akan membentuk endapan bijih sulfida. Pada nyatanya di lokasi penelitian terdapat tambang rakyat yang beroperasi dengan cara mengikuti pola rekahan yang terisi oleh mineral sulfida untuk mendapatkan emas.

Untuk mengetahui potensi endapan emas tersebut dilakukan analisis data sekunder dan studi literatur dengan menggunakan metode geofisika yaitu metode geomagnetik dan *induce polarization*. Metode geomagnetik diaplikasikan untuk mendeleniasi zona alterasi dan struktur lokal daerah penelitian secara *mapping*. Pendugaan struktur memanfaatkan filter magnetik dan referensi geologi daerah penelitian. Sedangkan untuk mengetahui potensi endapan emas secara vertikal digunakan metode *Induce Polarization* (IP) dengan pendekatan identifikasi mineral asosiasi emas seperti pirit, kalkopirit, dan mineral sulfida lainnya. Sehingga dengan integrasi kedua metode

tersebut serta studi referensi geologi daerah penelitian dapat diketahui sebaran potensi endapan emas di Randu Kuning, Selogiri, Kabupaten Wonogiri. Sehingga hasil data tersebut bisa dimanfaatkan untuk penelitian dan kegiatan eksplorasi lebih lanjut dan lebih terperinci dan atau digunakan sebagai referensi untuk kegiatan eksploitasi.

## Geologi Daerah Penelitian

Analisis metode geomagnetik untuk mengetahui zonasi alterasi dan struktur geologi perlu dilakukan studi referensi geologi daerah penelitian terlebih dahulu. Peta pada **gambar 1** merupakan peta alterasi yang mendukung lokasi penelitian yang mencakup Randu Kuning dan sekitarnya. Struktur utama daerah penelitian yang membentuk sesar-sesar minor termasuk dalam sesar pegunungan selatan dengan orientasi baratlaut-tenggara.



**Gambar 1.** Peta Alterasi Selogiri  
Sumber (modifikasi Idrus, 2015: 432)

Struktur lokal sebagai pengontrol *channel way* larutan hidrotermal di daerah penelitian yaitu sesar mendatar dekstral utara – selatan dan baratlaut – tenggara, sesar mendatar sinistral timurlaut – barat daya, dan sesar naik baratlaut – tenggara. Bidang ekstensi pada daerah penelitian berarah relatif baratlaut – tenggara dengan pola kemiringan yang relatif tegak (Aribowo, 2013). Kedudukan bidang ini merupakan bidang breksiasi yang terbentuk relatif sama dengan orientasi sesar lokal sebagai pengontrol mineralisasi. Struktur ini sebagai media pengendapan mineralisasi berupa sistem urat (*vein*) yang terisi mineral ubahan pada rekahan batuan. Mineralisasi merupakan pembentukan dan

terendapkannya mineral – mineral bijih yang berasal dari proses metasomatisme, pneumatolitik, dan naiknya fluida magmatic hidrotermal. Sistem mineralisasi yang terbentuk merupakan sitem urat (*vein*) yang dapat diamati secara megaskopis pada batuan. Mineral pengisi yang teramati seperti pirit, kalkopirit, dan galena. Selain terisi dalam *vein* mineral pengisi bersifat menyebar (*disseminated*) di batuan dinding. Sistem urat ini ditemukan di sekitar zona patahan namun tidak menerus (*discontinuous*).

## METODE

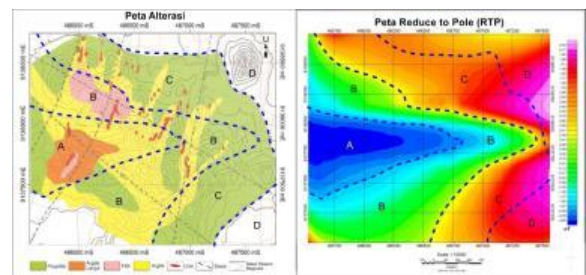
Penelitian ini dilakukan di kecamatan Selogiri lebih tepatnya di desa Jendi, desa Kepatihan dan desa Keloran. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode geomagnetik berupa data sekunder dan metode *induce polarization* berupa studi referensi. Metode geomagnetik memanfaatkan sifat kemagnetan batuan untuk mengetahui kondisi geologi berdasarkan nilai kemagnetan. Pengambilan data geomagnetik bersumber dari website resmi BMKG yaitu pada laman Kalkulator Magnetik Bumi – BMKG. Data utaman yang didapatkan adalah nilai intensitas medan magnetik bumi. Data tersebut dikurangi dengan medan magnet bumi sebesar 44.000 nT lalu dilakukan filter *reduce to pole* (RTP) untuk memonopolkan kutub sehingga memudahkan interpretasi kuantitatif. Selanjutnya Peta RTP difilter kembali menggunakan *High Pass* agar anomali lokal daerah penelitian terbaca. Terakhir menggunakan filter *horizontal gradient* (HG) untuk mengetahui struktur geologi di daerah penelitian sebagai pengontrol mineralisasi. Sedangkan metode *induce polarization* (IP) memanfaatkan sifat penjalaran arus listrik yang diinjeksikan kedalam tanah untuk memetakan kondisi bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitas dan chargeabilitas. Data IP diolah menggunakan *software Res2DInv* untuk menghasilkan penampang resistivitas dan chargeabilitas bawah permukaan sehingga dapat menginterpretasikan mineral ubahan dari kedua parameter tersebut. Hasil dari kedua

metode dilakukan integrasi untuk menggambarkan potensi mineralisasi di lokasi penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Analisis Sebaran Zona Alterasi Berdasarkan Filter Reduce to Pole

Pada dasarnya untuk melakukan interpretasi peta anomali magnetik, terlebih dahulu dilakukan *filter reduce to pole*. Filter ini mengasumsikan data nilai medan magnet bumi memiliki arah dan nilai yang konstan sehingga anomali medan magnet terletak tepat pada tubuh anomali (Arkani, 1988).



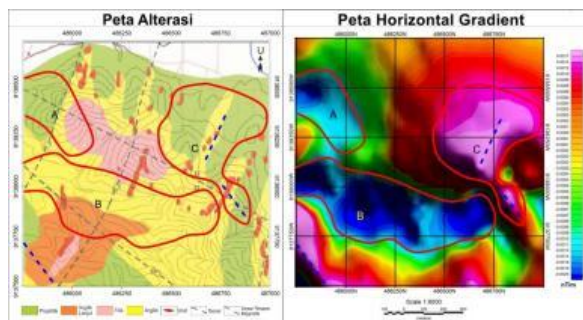
**Gambar 2.** Korelasi peta alterasi dengan peta anomali *Reduce to Pole – High Pass*

Peta pada **gambar 2** merupakan peta RTP yang sudah dilakukan filter *High Pass* agar anomali lokal dapat terlihat. Respon anomali pada peta RTP dikelompokkan menjadi 4 kavling berdasarkan besarnya nilai anomali. Alterasi yang terbentuk dari barat hingga ke timur adalah alterasi argilik lanjut, argilik, filik, dan propilitik. Jika diperhatikan pada anomali kemagnetan bahwa semakin menuju barat peta nilai kemagnetan berangsur melemah. Hal tersebut menunjukkan semakin ke barat semakin mendekatin dengan sistem utama alterasi. Menurut (Dentith & Mudge, 2014) susunan alterasi tersebut dapat digolongkan berdasarkan intensitas alterasi. Golongan alterasi kuat (*highly altered*) merupakan alterasi argilik lanjut (-4.9 hingga -1.9 nT) dan argilik (-1.8 hingga 1.8 nT) yang tersusun oleh mineral lempung (ilite, smektit, dan kaolin). Alterasi tersebut tersingkap dalam bentuk batuan yang sudah teralterasi kuat di kavling A. Golongan alterasi menengah (*altered*) merupakan alterasi filik (-0.8 hingga 0.4 nT) yang tersusun oleh

mineral lempung (smektit dan opak). Golongan alterasi lemah (*intermediet altered*) merupakan alterasi potasik (-4.7 hingga 1.5 nT) yang dicirikan dengan kehadiran biotit dan mineral lempung sebagai aksesori, sehingga pada kavling C batuan masih bersifat masif. Pada kavling D mengacu pada peta geologi dan alterasi lokasi penelitian merupakan batuan diorite yang tidak teralterasi sehingga anomali magnetik yang terbaca akan sangat besar (2.1 hingga 2.53 nT).

## 2. Analisis Struktur Berdasarkan Filter Horizontal Gradient

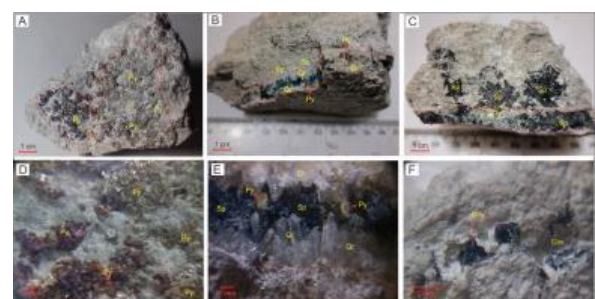
Analisis *horizontal gradient* (HG) diaplikasikan untuk mengetahui tubuh anomali dari batas-batas respon kemagnetan. Konsep filter ini diinterpretasikan oleh batas suatu anomali yang menunjukkan perubahan horizontal secara tiba-tiba pada magnetisasi (Grauch & Cordell, 1987).



**Gambar 3.** Korelasi data geologi dengan peta anomali *horizontal gradient*

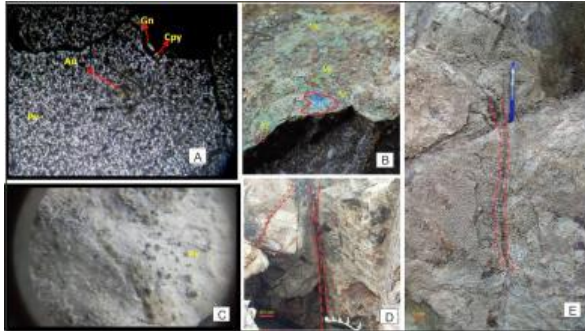
Hasil dari perbandingan anomali HG dengan peta alterasi (**gambar 3**) dibagi menjadi 3 kavling yaitu A, B, dan C. Pada kavling A dan B menunjukkan anomali HG yang sangat rendah sebesar -0.002 hingga -0.003 nT/m. Pola anomali kemagnetan respon rendah secara melebar dan dibatasi oleh struktur geologi di bagian baratdaya-timurlaut menandakan bahwa tingkat alterasi lebih intens. Respon anomali kemagnetan rendah pengaruh dari alterasi argilik lanjut, dan filik yang mana merupakan golongan ubahan tipe kuat (*highly altered*) (Dentith & Mudge, 2014). Sedangkan argilik lanjut dapat dijumpai pada singkapan batuan teralterasi kuat di kavling B. Anomali HG

tinggi sebesar 0.001 – 0.0017 nT/m merupakan anomali struktur geologi. Anomali tersebut tinggi karena adanya objek anomali permukaan yang mengalami perubahan nilai kemagnetan secara drastis. Terdapat 3 anomali HG dengan respon tinggi yang berada di kavling C dan baratdaya peta anomali HG diindikasikan sebagai patahan (garis biru putus-putus). Jika anomali HG pada kavling C dikomparasikan dengan peta alterasi maka dapat dikatakan bahwa keberadaan patahan tersebut berupa patahan lokal yang berkembang dari patahan utama sebagai *channel way*. Larutan hidrotermal dari proses alterasi akan mengisi rekahan pada patahan lokal dan mengikuti pola patahan. Sehingga dapat dilihat urat yang berkembang mengikuti pola struktur dengan arah dominan utara-selatan. Selain itu distribusi alterasi argilik relatif mengikuti pola struktur dan diikuti dengan adanya *vein*. Hal ini menunjukkan bahwa mineralisasi yang berkembang di dominasi terjadi pada alterasi argilik dengan arah pelamparan *vein* relatif utara-selatan. Mineral pengisi urat yaitu pirit, kalkopirit, galena, dan emas. Pada kavling A menunjukkan struktur rekahan termineralisasi dengan tingkat intermediet. Ditandai dengan kehadiran mineral yang jarang. Sedangkan pada kavling B dibagian selatan struktur mengalami termineralisasi tinggi, dengan kaya dengan kehadiran mineral dan berbentuk lebih besar.



**Gambar 4.** Sampel batuan pada kavling A (A) Sampel pirit (py), (B) *Vein* kuarsa (Qr) terisi pirit dan sfalerit (Sp), (C) sampel sfalerit dan pirit, (D) ukuran *loupe* sampel A, (E) ukuran *loupe* sampel B, (F) sampel covellite (Cov)

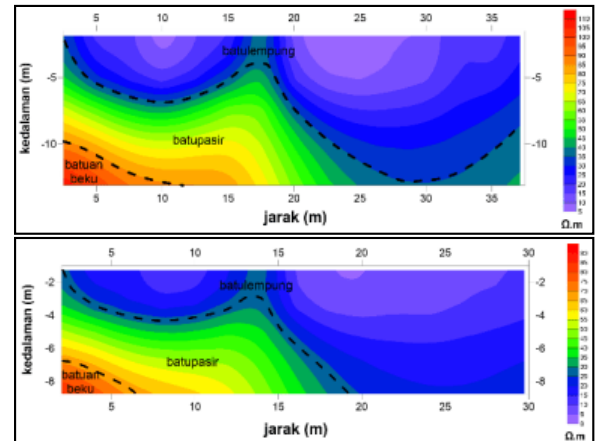




**Gambar 5.** Sampel batuan pada kavling B (A) merupakan sampling batuan menunjukkan emas (Au) dan mineral asosiasi emas seperti galena (Gn) (Idrus, 2015), (B) hasil supergen menjadi mineral azurite, malachite, dan sfalerit, (C) pirit (Py), galena (Gn), dan Safelit (Cpy) sampel pirit, (D). rekahan termineralisasi sedang terisi kuarsa dengan ketebalan > 5cm. (E) *Vein* terisi kuarsa..

### 3. Metode Geolistrik *Induce Polarization*

Hasil metode geolistrik memberikan dua jenis informasi, yaitu jenis batuan bawah permukaan (berdasarkan data resistivitas batuan) dan keterdapatannya mineral sulfida bawah permukaan (berdasarkan data chargeabilitas batuan). Mineral sulfida merupakan salah satu mineral penciri adanya keterdapatannya mineral Au (emas). Keberadaan mineral sulfida tersebut dapat diperoleh informasi terletak pada jenis batuan tertentu jika dikorelasikan dengan data resistivitas batuan. Dilihat dari pola lineasi data resistivitas hasil penelitian Hendrawati tahun 2015 (**gambar 4**), diperoleh informasi bahwa semakin dalam maka terdapat batuan yang memiliki nilai resistivitas semakin tinggi. Dalam hal ini diartikan bahwa batuan yang terletak semakin dalam maka batuan tersebut semakin kompak. Batuan yang memiliki nilai resistivitas <30  $\Omega\text{m}$  (berwarna biru) diinterpretasikan sebagai adanya batulempung, 30-80  $\Omega\text{m}$  (berwarna hijau-oranye) diinterpretasikan sebagai batupasir, dan nilai resistivitas >80  $\Omega\text{m}$  (berwarna merah) diinterpretasikan adanya lava batuan beku.



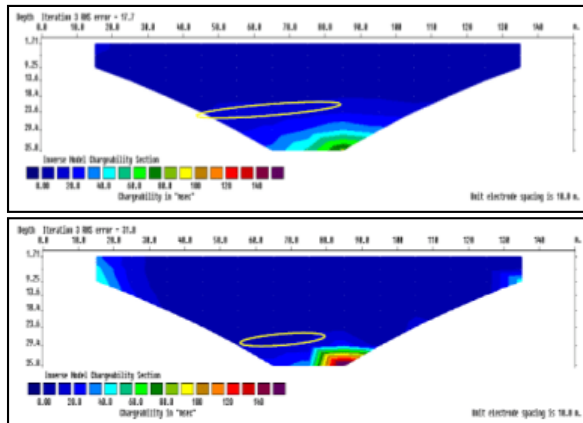
**Gambar 6.** Penampang resistivitas (Modifikasi dari Hendrawati, 2015)

Salah satu mineral sulfida yang sebagai penciri mineralisasi emas yaitu mineral kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ). Berdasarkan penelitian Fajariyah tahun 2014, hasil pengukuran *induced polarization* di Desa Jendi, Selogiri terdapat mineral kalkopirit dengan nilai chargeabilitas 4-9 msec yang terletak pada kedalaman 20-30m (**gambar 5**). Rentang nilai chargeabilitas yang diinterpretasikan sebagai mineral kalkopirit sesuai tabel chargeabilitas batuan oleh Telford, dkk tahun 1976 (**tabel 1**), yaitu

**Tabel 1.** Nilai chargeabilitas (ms) Mineral

Mineral	Chargeability (ms)
Pyrite	13.4
Chalcocite	13.2
Copper	12.3
Graphite	11.2
<b>Chalcopyrite</b>	<b>9.4</b>
Bornite	6.3
Galena	3.7
Magnetite	2.2
Malachite	0.2
Hematite	0.0

*Sumber (Telford, 1990: 584)*

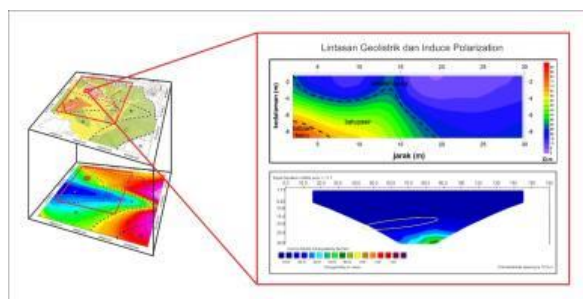


**Gambar 7.** Penampang chargeabilitas  
 Sumber (Fajariyah, 2014: 25)

Jika dikorelasikan dengan data resistivitas, maka pada kedalaman 20-30 m, keterdapatan mineral kalkopirit terletak pada batuan beku, dimana berdasarkan Peta Geologi Lembar Surakarta-Giritontro tahun 1992, daerah penelitian termasuk dalam Formasi Mandalika yang terdiri dari batuan lava dasit dan batuandesit. Secara vulkanologis, Formasi Mandalika menunjukkan ciri-ciri fase pembangunan suatu tubuh gunung api komposit, adanya perulangan pengendapan produk erupsi lelehan dan erupsi letusan (Hartono dan Bronto, 2009).

#### 4. Integrasi Data Geologi dan Geofisika

Untuk mengetahui potensi keberadaan emas dengan jelas maka dilakukan integrasi data berdasarkan data geologi yaitu peta alterasi dan data geofisika (**gambar 6**). Sehingga didapatkan deliniasi zona potensi keterdapatan emas di lokasi penelitian.



**Gambar 8.** Integrasi data geologi dan geofisika

Semakin menuju zona termineralisasi tinggi (nilai kemagnetan rendah) mineral asosiasi emas jarang dijumpai berbeda

dengan zona termineralisasi intermediet (nilai kemagnetan sedang) yang mana mineral mengisi dan mengikuti pola struktur rekahan dengan luas  $\pm 0,84 \text{ km}^2$ , sementara berdasarkan respon geolistrik *Induced Polarization* terdapat mineral kalkopirit dengan ketebalan 10 m dan nilai chargeabilitas 4-9 msec yang terletak dalam intrusi batuan beku dengan resistivitas  $>200 \Omega\text{m}$  yang diidentifikasi sebagai asosiasi dari mineral emas.

#### KESIMPULAN

Potensi keterdapatan emas terdapat pada zona termineralisasi intermediet (kemagnetan sedang) dicirikan adanya mineral logam sulfida emas mengisi dan mengikuti pola struktur rekahan dari patahan. Terdapat 3 patahan hasil pembacaan filter horizontal gradient yang terisi oleh mineral asosiasi emas seperti pirit, kalkopirit, dan galena. Berdasarkan respon geolistrik *Induced Polarization* terdapat mineral kalkopirit yang terletak pada intrusi batuan beku di kedalaman 20-30 m.

Diperlukannya penambahan lintasan *Induced Polarization* untuk dilakukan pemodelan 3D sehingga dapat mengestimasi potensi sumber daya emas secara satuan volume.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada saudara Alfiana Hendrawati dan Fajariyah yang telah menyediakan data secara terbuka untuk penelitian metode geolistrik dan *induce polarization* di daerah Randu Kuning, Kecamatan Selogiri, Kabupaten Wonogiri.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aribowo, S., Andrie, A., dan Iwan, S. (2013). *Analisis Kekar dan Vein Permukaan dalam Sesar Pembentukan Mineralisasi Hidrotermal Daerah Wonogiri, Jawa Tengah. Prosiding, Bandung: Pemaparan Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi LIPI,*

- hal. 155-165.
- Arkani, H.J. (1988). Remanent Magnetization of the Oceanic Upper Mantle. *Geophys. Res. Lett.*, 15, hal. 48-51.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2020). *Kalkulator Magnet Bumi, website*, <https://www.bmkg.go.id/geofisika-potensial/kalkulator-magnet-bumi.bmkg>, diakses pada 9 Agustus 2020.
- Dentith, M. dan Mudge, S. (2014). *Geophysics for the Mineral Exploration Geoscientist*. Cambridge University Press.
- Fajariyah, E.N. dan Supriyadi. (2014). Aplikasi Metode Time Domain Induced Polarization (TDIP) untuk Pendugaan Zona Mineralisasi Emas di Desa Jendi Kecamatan Selogiri Kabupaten Wonogiri. *Unnes Physics Journal*, 3(1), 22-26.
- Grauch, V.S.J. dan Cordell, L. (1987). Limitations of Determining Density or Magnetic Boundaries from Horizontal Gradient of Gravity or Psedogravity Data. *Geophysics*, 52(1), 118-121.
- Hamilton, W. (1979). Tectonic of the Indonesian Regions. *US Geological Survey, Proffesional paper No.1078*, Washington, 18-42.
- Hartono, H.G. dan Bronto, S. (2009). Analisis Stratigrafi Awal Kegiatan Gunung Api Gajahdangak di Daerah Bulu, Sukoharjo; Implikasinya terhadap Stratigrafi Batuan Gunung Api di Pegunungan Selatan, Jawa Tengah. *Jurnal Geologi Indonesia*, 4(3), 157-165.
- Hendrawati, A., Supriyadi, dan Khumaedi. (2015). Identifikasi Limbah Merkuri dengan Metode Geolistrik: Studi Kasus Desa Jendi Kecamatan Selogiri, Wonogiri. *Jurnal MIPA*, 38(1), 19-24.
- Idrus, A., Dian, Y.F., dan Fahmi, H. (2015). *Karakteristik Alterasi dan Mineralisasi Emas pada Sistem Epitermal Prospek Randu Kuning, Kecamatan Selogiri, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah. Prosiding, Yogyakarta: Seminar Nasional Kebumian ke-8*, hal. 426-433.
- National Centers for Enviromental Information (NOAA). (2020). *Magnetic Field Calculator, website*, <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml#igrfwmm>, diakses pada 10 Agustus 2020.
- Soe, M.T. (2005). *Geology and Gold-Copper Mineralization at Selogiri Area, Wonogiri Regency, Central Java, Indonesia. Tesis*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Surono, Toha, B., dan Sudarno, I. (1992). *Peta Geologi Lembar Surakarta – Giritontro, Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Telford, W.M., Goldart, L.P., dan Sheriff, R.E. (1990). *Applied Geophysics*, 2<sup>nd</sup> Edition. New York: Cambridge University Press.
- White, N.C. dan Hedenquist, J.W. (1990). Epithermal Enviroments and Style of Mineralization: Variations and Their Causes, and Guidelines for Exploration. *Journal of Geochemical Exploration*. 36(3), 445-474.