

Identifikasi Zona Alterasi Hidrotermal Songgoriti Batu Menggunakan Metode *Time Domain Induced Polarization* (TDIP)

Tricahyo Agung Budi Harjo, Ayi Syaeful Bahri, dan Widya Utama

Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: syaeful_b@geofisika.ac.id

Abstrak—Alterasi hidrotermal terjadi sebagai akibat dari interaksi aliran hidrotermal dan batuan disekitarnya. Aliran hidrotermal ini melewati batuan disekitarnya dan mengakibatkan terjadinya ubahan, baik kandungan kimia batuan ataupun tekstur batuan tersebut. Zona alterasi hidrotermal dapat diketahui melalui metode *induced polarization* dalam domain waktu. Area penelitian adalah manifestasi hidrotermal yang terletak di Songgoriti, Batu. Oleh karena itu pada penelitian studi ini dilakukan akuisisi data menggunakan metode *induced polarization* domain waktu dengan data pendukung *vertical electrical sounding*. Hasil yang didapat berupa adanya indikasi zona alterasi hidrotermal pada lintasan SONGGORITI 1 dan SONGGORITI-2. Zona alterasi hidrotermal diindikasikan bertipe *argilic* dengan mineral penciri berupa *clay mineral* seperti *montmorilonit* dan *halloycyte*. Hal tersebut didukung dari nilai pengukuran PH pada manifestasi hidrotermal yang mendekati netral yaitu antara 6.31 - 6.51. Indikasi adanya zona alterasi hidrotermal ditandai dengan adanya zona konduktif yang berada di kedalaman dangkal mulai dari 9 meter sampai dengan 20 meter dengan nilai *chargeability* >22 msec.

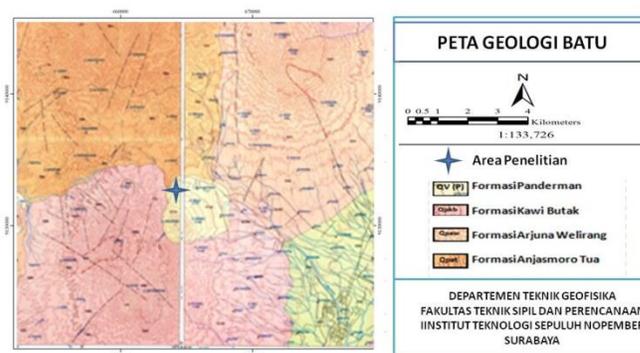
ata Kunci—Alterasi hidrotermal, Clay mineral, Chargeability, Induced Polarization.

I. PENDAHULUAN

SONGGORITI merupakan salah satu daerah prospek panas bumi dengan kapasitas 25 MWe [1]. (Badan Geologi, 2009). Daerah prospek panas bumi ditandai oleh adanya kolam air panas (*hotspring*) dan alterasi hidrotermal [2]. Interaksi fluida hidrotermal dengan batuan yang dilaluinya mengakibatkan perubahan secara mineralogi, kimiawi dan tekstur batuan [3]. Diperlukan identifikasi bawah permukaan yang mampu melokalisir zona alterasi yang diakibatkan oleh aliran hidrotermal. Daerah alterasi hidrotermal memiliki resistivitas yang rendah dan *chargeability* yang tinggi (zona konduktif) [4]. Metode yang dapat digunakan dalam menentukan nilai *resistivity* dan *chargeability* adalah *time domain induced polarization* (TDIP).

Metode *induced polarization* dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger memiliki resolusi data yang baik secara vertikal dan horizontal [5]. Metode ini digunakan untuk mengetahui struktur bawah permukaan melalui distribusi nilai *chargeability*. Oleh karena itu dalam penelitian ini ditentukan persebaran *chargeability* tinggi dan nilai resistivitas rendah yang diindikasikan sebagai zona alterasi (ubahan) hidrotermal

di daerah Songgoriti, Batu dengan metode *time domain induced polarization* (TDIP) konfigurasi Wenner-Schlumberger.



Gambar. 1 Peta Geologi Batu dan Sekitarnya.

Daerah penelitian termasuk dalam pegunungan dan perbukitan vulkanik berumur kuartar dengan batuan yang mendominasi daerah ini adalah tuff pasiran, tuff breksi. Berdasarkan peta geologi lembar Kediri dan lembar Batu, daerah Songgoriti berada di kaki Gunung Butak - Kawi, Gunung Arjuna-Welirang dan Gunung Anjasmoro Tua. [6] Pada akhir plistosen terjadi aktivitas vulkanik Gunung Kawi - Butak (Qvpv) yang berada di selatan Songgoriti dan Gunung Arjuna Welirang (Qvaw) yang berada di sisi timur dan utara Songgoriti. Hasil letusan Gunung Kawi - Butak (Qvpv) berupa lava andesit, tuff, dan breksi vulkanik. Hasil endapan aktifitas Gunung Panderman (Qvp) di bagian selatan berupa breksi gunungapi, tuff breksi, lava dan tuff. Struktur geologi yang mempengaruhi daerah ini berupa sesar-sesar mendatar di bagian selatan dan sebagian berupa sesar turun akibat dari letusan gunung api. Sesar-sesar inilah yang membawa manifestasi dari dalam keluar permukaan [7].

Penggunaan metode *time domain induced polarization* pada penelitian ini berdasarkan konsep mengalirkan arus listrik kedalam bumi dan mengamati beda potensial yang terjadi setelah arus listrik dihentikan. Pada saat arus diinjeksikan, ion-ion dalam pori-pori batuan akan terdistribusi dari posisi stabil menjadi tidak stabil. Ketika arus diputus, beda potensial akan menjadi nol, akan tetapi pada medium-medium tertentu beda potensial tidak langsung menjadi nol dikarenakan medium bersifat seperti kapasitor yang menyimpan energi listrik.

$$Ma = \frac{1}{V} \int_{t_1}^{t_2} V(t) dt \tag{1}$$

Apparent chargeability menunjukkan lama tidaknya efek polarisasi sesaat setelah arus dimatikan. Apabila waktu *delay* lama maka nilai *Ma* besar sehingga dapat diamsusikan adanya mineral konduktif.

Penelitian ini menggunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger karena memiliki keunggulan yaitu data yang dihasilkan memiliki resolusi yang baik. Faktor geometris (*k*) konfigurasi Wenner-Schlumberger diperoleh berdasarkan formulasi sebagai berikut:

$$k = n(n + 1)\pi a \tag{2}$$

Spasi antara dua elektroda potensial sama yaitu *a*. Konfigurasi ini mempunyai faktor lain yaitu *n* yang merupakan rasio jarak antara elektroda C1 dan P1 ke C2 dan P2 dengan jarak pisah *a*.

II. METODOLOGI PENELITIAN

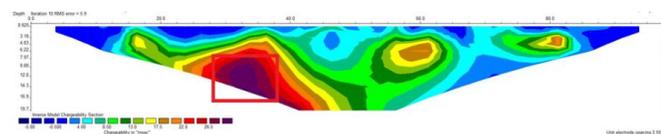
Akuisisi data dilakukan pada titik yang menunjukkan anomali lateral *isopotensial*. Daerah alterasi hidrotermal memiliki nilai beda potensial yang tinggi. Terdapat 2 lintasan pengukuran dengan bentangan AB 100 meter dengan spasi yang digunakan adalah 2,5 meter.

Elektrode ditancapkan pada lintasan sesuai konfigurasi yang digunakan yaitu Wenner-Schlumberger. Pengukuran *induced polarization* dilakukan dengan cara menginjeksikan arus ke dalam tanah melalui dua elektroda arus (C1 dan C2), dan mengukur hasil beda potensial yang ditimbulkannya pada dua elektroda potensial (P1 dan P2) menghitung tegangan sekunder saat arus diputus dan waktu yang diperlukan untuk meluruh. Hasil akuisisi data lapangan berupa nilai *Vp* (tegangan primer), *Vs* (tegangan sekunder), *I* (arus) dan waktu peluruhan (*t*). Perhitungan nilai *apparent chargeability* menggunakan persamaan (1). Data - data tersebut selanjutnya di inversi dengan menggunakan metode *least square* pada Res2dINV yang telah memiliki lisensi. Inversi ini bertujuan untuk mendapatkan model bawah permukaan bumi melalui data pengukuran (observasi). Distribusi nilai chargeabilitas dalam 2-Dimensi diasumsikan sebagai litologi bawah permukaan.

III. HASIL DAN DISKUSI

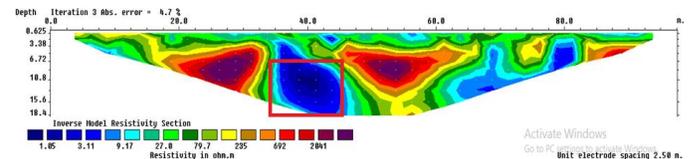
A. Zona Alterasi Hidrotermal SONGGORITI

Hasil penampang *induced polarization* lintasan SONGGORITI-1 menunjukkan rentang nilai chargeabilitas antara -5 msec sampai dengan 26.5 msec. Nilai chargeabilitas negatif (-) dengan warna biru menunjukkan litologi berupa *soft clay* seperti pada penelitian [8]. Adanya *soft clay* memberikan informasi hadirnya *halloysit* [9]. Litologi ini tersebar dipermukaan lintasan SONGGORITI-1. Litologi ini tersebar dipermukaan lintasan SONGGORITI-1.



Gambar 2. Penampang 2D Chargeabilitas Lintasan SONGGORITI-1

Pada penampang chargeabilitas lintasan SONGGORITI-1 zona alterasi hidrotermal memiliki nilai chargeabilitas yang tinggi yaitu > 22 msec (tanda kotak merah) pada gambar 2. Dasar penentuan ini adalah [10]. Zona alterasi hidrotermal pada penampang resistivitas menunjukkan nilai yang rendah, yaitu 3,1 ohm meter sampai dengan 27 ohm meter [11]. Chargeabilitas untuk daerah alterasi hidrotermal memiliki nilai yang tinggi akibat adanya pengaruh mineral konduktif. Sehingga dapat dikatakan adanya keterkaitan antara nilai chargeabilitas dengan nilai resistivitas pada penelitian ini dalam menentukan zona alterasi hidrotermal.

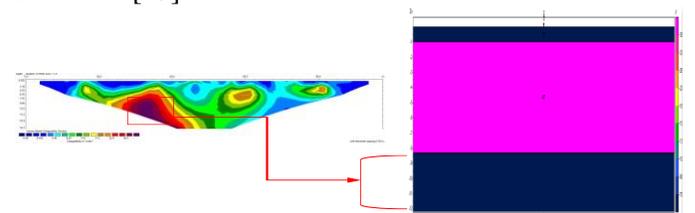


Gambar 3. Penampang 2D Resistivitas Lintasan SONGGORITI-1

Zona alterasi hidrotermal ini memiliki tipe alterasi argilik. Hal tersebut didukung dengan pengambilan sampel fluida hidrotermal disekitar lintasan ini yang memiliki nilai PH asam lemah dengan nilai PH 6,31-6,51 (asam lemah). Nilai anomali chargeabilitas yang tinggi di kedalaman dangkal dengan rentang 20 msec - 30 msec sangat berhubungan dengan *clay mineral* akibat dari alterasi bertipe argilik [12].

B. Vertical Electrical Sounding SONGGORITI

Terdapat hubungan antara hasil pengolahan VES dengan hasil pengolahan *induced polarization* lintasan SONGGORITI-1. Pada penampang 2D chargeabilitas zona alterasi hidrotermal terdapat di kedalaman 10 meter sampai 18 meter yang berada pada tanda kotak merah pada Gambar 2. dengan nilai chargeabilitas > 22 msec. Pada penampang VES di kedalaman 8,5 meter sampai dengan 12 meter terdapat resistivitas rendah yaitu 20 ohm meter, seperti pada Gambar 3. Oleh karena itu daerah ini diinterpretasikan sebagai daerah alterasi hidrotermal. Alterasi hidrotermal memiliki resistivitas rendah < 100 ohm.meter [13].



Gambar 4. Hubungan Penampang Chargeabilitas dan VES Lintasan SONGGORITI-1

Dari lintasan SONGGORITI-1 diperoleh distribusi resistivitas secara vertikal yang diinterpretasikan sebagai litologi bawah permukaan.

Tabel 1.
Identifikasi Jenis Tanah dan Batuan Songgoriti

Lintasan	Kedalaman (meter)	Nilai Resistivitas (ohm-meter)	Jenis Tanah atau Batuan
1	0-0.98	60.14	Clay

0.98-8.30	657.2	Breksi Tufan
8.30-12	20	Clay (Alterasi hidrotermal)
>12	106.18	Breksi Tufan

C. Karakteristik Zona Alterasi Hidrotermal

Pada kedalaman dangkal sekitar 2,5 meter terdapat indikasi alterasi hidrotermal tipe argilik dengan mineral penciri berupa *halloysit*. Nilai resistivitas pada daerah tersebut rendah 0,3 ohm meter sampai dengan 27 ohm meter, oleh karena itu daerah alterasi hidrotermal yang berada pada kedalaman dangkal diinterpretasikan memiliki pola *disseminated* (menyebar). Hal tersebut didukung dengan penampang VES yang menunjukkan nilai resistivitas <100 ohm. Zona alterasi hidrotermal diakibatkan oleh dinding di sekitar batuan berinteraksi dengan fluida hidrotermal, *clay mineral* terdapat pada pori-pori batuan. Besar kecilnya nilai chargeabilitas bergantung pada penyebaran difusi ion-ion menuju mineral-mineral logam dan pergerakan ion-ion elektrolit didalam pori batuan. Oleh karena semakin besar nilai chargeabilitas, maka semakin besar potensi daerah tersebut mengandung mineral konduktif.

IV. KESIMPULAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya, kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Zona alterasi ditandai dengan nilai *chargeability* tinggi yaitu > 22 msec.
- 2) Karakteristik alterasi hidrotermal didaerah penelitian memiliki tipe argilik dengan mineral penciri *halloysit*. Alterasi argilik memiliki PH asam lemah 6,31-6,41.

B. Saran

Saran dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

Penelitian ini dapat dikembangkan untuk melakukan estimasi temperatur reservoir panas bumi dengan menggunakan analisis geotermometer.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Geologi, *Potensi Energi Panas Bumi*. Bandung: PSDG Bandung, 2008.
- [2] R. Dippo, "Ideal Thermal Efficiency for Geothermal Binary Plants," *ScienceDirect*, 2007.
- [3] F. Maskuri, "Eksplorasi Mineral Emas JIK Tekmin," *UPN*, vol. 23, no. 2, 2010.
- [4] D. Tezel, Okan, "The Time Domain IP method in Geothermal Exploration: Balikesir (Gure) in Turkey Proceedings World Geothermal Congress," 2010.
- [5] W. dan Ansori, "Studi Induced Polarization (IP) untuk Eksplorasi Mineral Mangan di Daerah Sрати, Kecamatan Ayah Kabupaten Kebumen, JawaTengah," 2009.
- [6] Santoso, *Peta Geologi Batu-Kediri*. Pusat Sumber Daya Geologi, 1992.
- [7] Nuha, "Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Daerah Sumber Air Panas Songgoriti Kota Batu Berdasarkan Data Geomagnet," *J. Neutrino*, 2012.
- [8] T. Dahlin, "Negative Apparent Chargeability in Time- Domain Induced Polarization," *J. Appl. Geophys.*, 2015.
- [9] S. Boordepong, "Characterization of Halloysite From Thung Yai District Nakhon Si Thammarat Province in Southern Thailand," *J. Soungklanakrin*, vol. 33, no. 5, pp. 599–607, 2011.
- [10] S. Rahmah, "Pencitraan Dua Dimensi Data Resistivity dan Induced Polarization Untuk Mendelineasi Deposit Emas Sistem Epitermal X," *Univ. Indones.*, 2011.
- [11] F. Alfiansyah, "Analisis Persebaran Zona Alterasi Hidrotermal Songgoriti Menggunakan Metode Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner Schlumberger," *ITS*, 2017.
- [12] I. Sulistyarini, "Aplikasi Metode Geolistrik Dalam Survey Potensi Hidrotermal (Studi Kasus: Sekitar Manifestasi Air Panas Songgoriti)," 2011.
- [13] D. Ariesandra, "Karakterisasi Cebakan Mineral Sulfida Berdasarkan Hasil Metode Geolistrik Resistivitas dan Induced Polarization Daerah Jampang Kabupaten Sukabumi," *J. Fibusi*, vol. 3, no. 1, 2015.