

Identifikasi Sebaran Akuifer dengan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger di Desa Gedangan, Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang

Ahmad N. Faris¹⁾, Daeng A. Suaidi^{1)*}, Sutrisno¹⁾, Muhammad F. R. Hasan²⁾, Agung B. Broto²⁾

¹⁾ Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang

²⁾ Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta

Diterima 01 Februari 2019, direvisi 28 Maret 2019

ABSTRAK

Kekeringan menjadi salah satu permasalahan Kecamatan Gedangan ketika musim kemarau tiba. Salah satu solusinya daerah tersebut harus memiliki sumber air tanah, keberadaan air tanah dapat diidentifikasi dengan metode geolistrik resistivitas. Geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk mengetahui perubahan tahanan jenis lapisan batuan di bawah permukaan bumi dengan mengalirkan arus listrik DC (*direct current*). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola sebaran air tanah dengan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Schlumberger* di Desa Gedangan, Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang. Akuisisi dilakukan dengan konfigurasi *Schlumberger* sebanyak 13 titik pengukuran dan bentangannya masing-masing 400 m. Interpretasi dilakukan dengan menyusun dua titik VES yang sejajar sehingga diperoleh penampang 2D. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa daerah penelitian adalah daerah karst yang mana karst pada daerah tersebut memiliki litologi batuan yang terdiri dari batu napal pasiran, batu lempung, dan batu gamping. Nilai resistivitas antara 1,41 – 8,28 Ωm diduga sebagai batu napal pasiran dan sebagai akuifer. Akuifer yang paling banyak menyimpan air tanah diduga berada pada lintasan titik-titik VES 01-02, 03-04 dan 04-05. Lintasan-lintasan tersebut berada di selatan Kantor Kecamatan dan Kantor Kepolisian Kecamatan Gedangan.

Kata kunci: geolistrik; resistivity; *Schlumberger*; karst; batugamping; Gedangan.

ABSTRACT

Drought is one of the problems in Gedangan Village during the dry season. So that district needs more groundwater resources. The geoelectric-resistivity method usually used for groundwater exploration. This method used for identifying changes in the resistivity of rock layers beneath the earth's surface by flowing direct current (DC). This research intends to identify the pattern of groundwater distribution using the geoelectric-resistivity method with *Schlumberger* configuration in Gedangan Village, Gedangan District, Malang Regency. Thirteen VES points were obtained by *Schlumberger* configuration and each long stretch until 400 m. Then each the two parallel VES points arranged to obtain a 2D cross-section. The results indicate this area surrounded by karst and it has lithology consists of sandy marlstone, claystone, and limestone. The resistivity value is between 1.41 - 8.28 Ωm identified as sandy marlstone and it presumed as an aquifer. The aquifers with large amounts of groundwater are in the VES point lines of 01-02, 03-04 and 04-05. These lines are located in the south of the Gedangan district office and the police station.

Keywords: geoelectric; resistivity; *Schlumberger*; karst; limestone; Gedangan.

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan utama bagi keberlangsungan makhluk hidup dengan berbagai manfaat, tak terkecuali Indonesia yang memiliki kepadatan penduduk lebih dari 200 juta jiwa.

*Corresponding author:

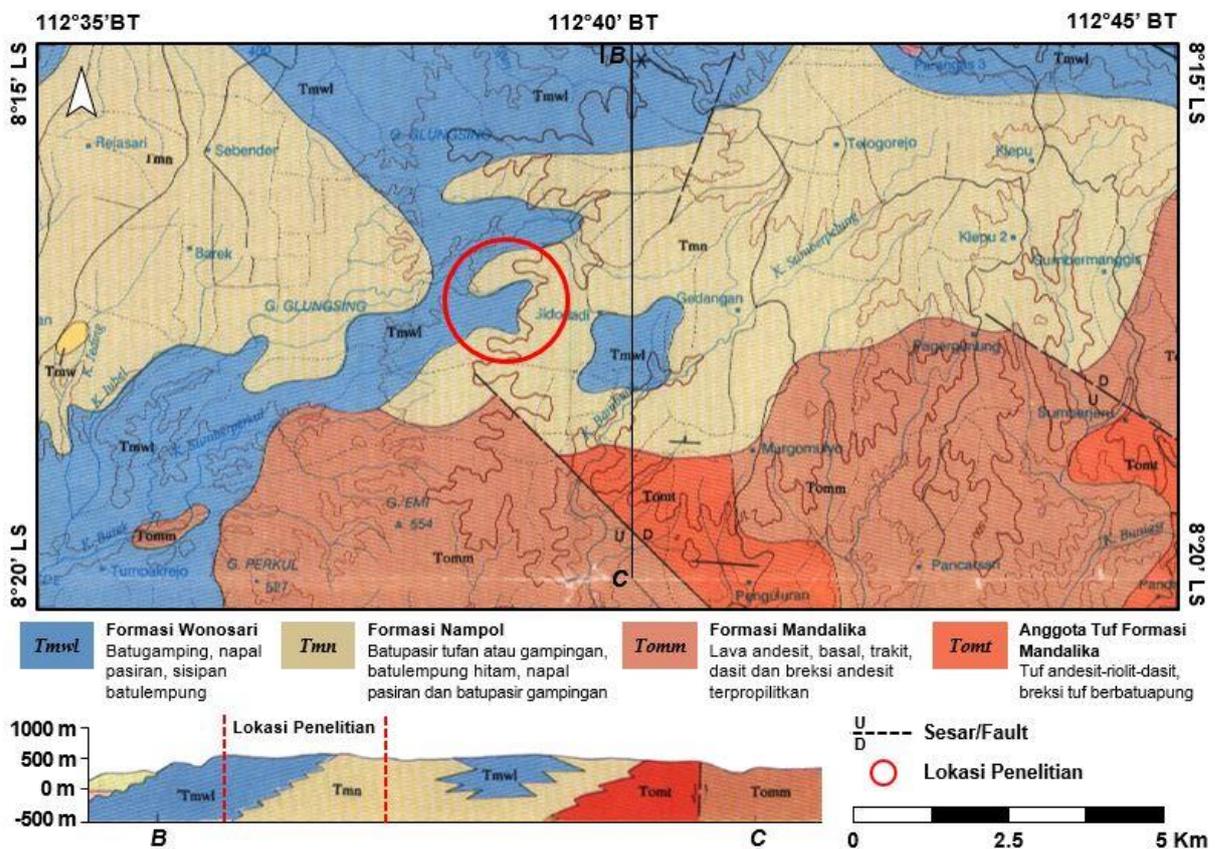
E-mail: daeng.achmad.fmipa@um.ac.id
rouf@sipil.pnj.ac.id

Kondisi Indonesia memiliki ketersediaan air yang cukup melimpah ketika musim penghujan, namun sebaliknya pada musim kemarau panjang beberapa daerah bisa mengalami kekeringan dan sulit untuk mendapatkan air bersih.

Salah satu daerah yang sering mengalami kekeringan pada umumnya adalah daerah yang memiliki struktur bawah permukaan batuan karst. Hal ini disebabkan karena kondisi batuan karst yang mudah larut serta porositas yang cukup tinggi, sehingga dapat menyimpan cadangan air yang cukup banyak [1]. Sistem akuifer sungai bawah tanah pada kawasan karst berasal dari aliran air di permukaan yang hilang karena air masuk ke dalam tanah dengan cara air merembes

melalui celah-celah batuan.

Berdasarkan data inventaris bencana Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Malang Tahun 2015 Kecamatan Gedangan Kabupaten Malang termasuk wilayah yang dilanda kekeringan [2]. Berdasarkan peta geologi lembar turen yang ditunjukkan oleh Gambar 1 bagian permukaan daerah penelitian masuk dalam formasi Wonosari (warna biru) yang terdiri dari batu gamping, napal pasiran dan sisipan batu lempung, sedangkan bagian bawah masuk dalam formasi Nampol (warna coklat) yang terdiri dari batuan pasir tufan atau gampingan, batu lempung hitam, napal pasiran dan batu pasir gampingan [3].



Gambar 1. Geologi regional lokasi penelitian (modifikasi dari peta geologi lembar Turen, Jawa [3]).

Kawasan batuan gamping umumnya akan kesulitan untuk mendapatkan air pada permukaan, namun sebenarnya pada kedalaman tertentu memiliki potensi cadangan air bawah tanah. Berdasarkan penampang geologi lokasi penelitian seperti ditunjukkan oleh Gambar 1 tampak bahwa batuan penyusunnya tersusun oleh batuan gamping kemudian disusul pada lapisan berikutnya adalah batuan pasir gampingan, dimana batuan pasir dapat menyimpan dan

meloloskan air.

Terdapat beberapa metode penyelidikan permukaan tanah yang umum digunakan dalam eksplorasi antara lain metode geologi, gravitasi, geo-magnetik, seismik, dan geolistrik. Metode geolistrik merupakan metode ramah lingkungan yang paling umum digunakan dan hasil yang diperoleh cukup baik untuk mengetahui lapisan bawah permukaan dengan kedalaman dangkal [4-6].

Metode geolistrik bekerja didasarkan kepada penentuan nilai resistivitas atau tahanan jenis batuan bawah permukaan. Nilai tahanan jenis tersebut digunakan untuk menentukan kondisi batuan atau mineral [7]. Penyelidikan bawah permukaan dengan metode geolistrik resistivitas dilakukan dengan cara mengukur beda potensial suatu area dengan mengalirkan arus listrik kedalam tanah melalui elektroda arus [8]. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh gambaran lapisan batuan dengan kemungkinan terdapatnya gambaran variasi resistivitas lapisan terhadap kedalaman di bawah permukaan [9].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pola sebaran air tanah dengan pengukuran geolistrik resistivitas konfigurasi *Schlumberger*. Konfigurasi *Schlumberger* atau *Vertical Electrical Sounding* (VES) merupakan salah satu model pengukuran geolistrik resistivitas untuk menentukan variasi resistivitas batuan terhadap kedalaman secara vertical (1 dimensi) [10]. Konfigurasi *Schlumberger* ini digunakan karena paling tepat untuk pengukuran VES dan pengambilan datanya paling efisien dan paling optimal untuk akumulasi kesalahan [11].

METODE PENELITIAN

Pengukuran metode geolistrik resistivitas dilakukan dengan mengukur beda potensial bawah permukaan tanah setelah menginjeksikan arus listrik DC (*Direct Current*) ke dalam tanah. Pengukuran geolistrik resistivitas secara umum menggunakan 4 elektroda yaitu 2 elektroda sebagai penginjeksi arus dan 2 elektroda lainnya bekerja sebagai pengukur beda potensial. Pengukuran resistivitas di metode ini terdapat berbagai jenis konfigurasi perpindahan elektroda berdasarkan peletakan posisi elektroda. Beberapa konfigurasi yang sering digunakan antara lain konfigurasi *Schlumberger*, *Wenner*, dan *dipole-dipole* [12,13].

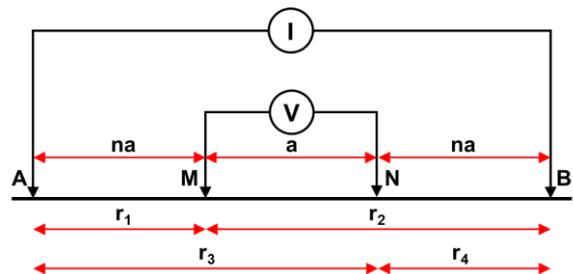
Konfigurasi Schlumberger. Prinsip kerja konfigurasi *Schlumberger* pada akuisisi geolistrik resistivitas diilustrasikan oleh Gambar 2. Berdasarkan gambar tersebut jarak elektroda MN dibuat kecil, sehingga secara teoritis tidak ada perubahan pada jarak elektroda MN. Sementara elektroda arus AB dipindahkan hingga panjang bentangan yang ditentukan. Jarak antara elektroda A dan M atau B dan N merupakan kelipatan dari

panjang bentangan MN. Penempatan bentangan elektroda potensial MN dan elektroda arus AB harus memenuhi syarat bahwa jarak MN/2 adalah 1/5 jarak AB/2 [14]. Faktor geometri (K) untuk konfigurasi *Schlumberger* dapat ditentukan dengan persamaan (1) sebagai berikut [15]

$$\begin{aligned}
 K &= 2\pi \left(\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right)^{-1} \\
 &= 2\pi \left(\left(\frac{1}{na} - \frac{1}{(a+na)} \right) - \left(\frac{1}{(a+na)} - \frac{1}{na} \right) \right)^{-1} \\
 &= 2\pi \left(\frac{(a+na) - na - na + (a+na)}{na(a+na)} \right)^{-1} \\
 &= 2\pi \left(\frac{2a}{na(a+na)} \right)^{-1} \\
 &= \pi \left(\frac{1}{a(n+n^2)} \right)^{-1} \\
 K &= \pi a(n+n^2) \tag{1}
 \end{aligned}$$

Hasil dari pengukuran bukan merupakan nilai resistivitas sebenarnya, melainkan campuran berbagai nilai resistivitas beberapa jenis batuan, baik karena variasi lateral maupun vertikal, hasil ini disebut sebagai resistivitas semu (ρ_a). Nilai faktor geometri konfigurasi (K) dari persamaan (1) kemudian disubstitusikan kedalam persamaan (2) dengan diketahui besar beda potensial (ΔV) dan kuat arus (I) injeksi maka diperoleh nilai resistivitas semu (ρ_a) [16].

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \tag{2}$$

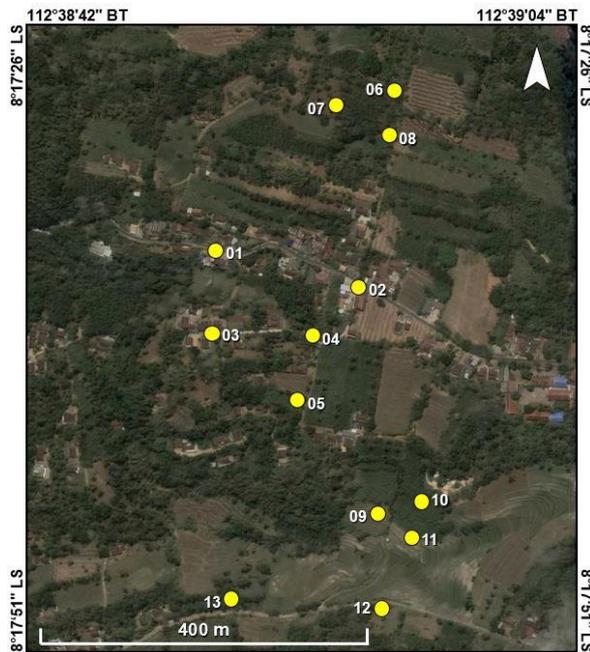


Gambar 2. Susunan elektroda konfigurasi *Schlumberger*

Akuisisi Data. Akuisisi data penelitian dilaksanakan pada tanggal 11 – 12 Agustus 2018 di Desa Gedangan, Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang. Titik-titik pengukuran VES *Schlumberger* berjumlah 13 titik dengan panjang bentangan maksimal 400 m untuk setiap titik pengukuran dan jarak antar elektroda sepanjang 10 m.

Desain titik-titik pengambilan data primer di lokasi disesuaikan dengan peta pada Gambar 3.

Sebelum melakukan akuisisi data, dibutuhkan beberapa data sebagai informasi penunjang dalam penelitian antara lain peta administratif dan peta geologi setempat. Data primer yang diperoleh dari akuisisi data antara lain jarak elektroda arus terhadap titik pusat ($AB/2$), jarak elektroda potensial terhadap titik pusat ($MN/2$), arus injeksi I , nilai beda potensial terukur (V), dan faktor geometri (K).



Gambar 3. Titik-titik pengukuran geolistrik resistivity VES Schlumberger

Pengolahan dan Interpretasi. Data yang dibutuhkan dalam proses pengolahan data adalah data resistivitas semu (ρ_a). Kemudian dilakukan proses inversi kuadrat terkecil yaitu salah satu metode pendekatan yang digunakan untuk regresi atau pembentukan persamaan dari titik-titik [15]. Proses inversi ini bertujuan untuk mengubah semua nilai pada data resistivitas semu tersebut menjadi nilai resistivitas yang mendekati keadaan sebenarnya.

Hasil inversi yang diperoleh berupa model 1 dimensi yang terdiri dari nilai resistivitas terhadap kedalaman. Model 1D dari masing-masing titik VES kemudian saling dikorelasikan dengan proses interpolasi. Proses interpolasi yang dibuat dalam sebuah model *pseudo-cross-section* 2 dimensi. Proses interpolasi yang dilakukan dalam penelitian ini setidaknya minimal 2 titik VES yang sejajar agar lebih banyak variasi penampang 2D yang dihasilkan. Hasil interpolasi berupa kontur 2D nilai

resistivitas dan variasi kedalaman untuk setiap gabungan dua titik sounding diinterpretasi dengan didukung oleh data geologi daerah penelitian [17,18].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil interpolasi dari 2 titik sounding (VES) berupa kontur penampang 2D resistivitas. Total penampang yang dapat diinterpolasikan dari 13 titik sounding yaitu 8 penampang 2D. Kedelapan penampang tersebut kemudian diinterpretasi secara kualitatif dengan bantuan data pendukung peta geologi. Gambar 4 adalah hasil interpretasi kualitatif penampang 2D. Berdasarkan Gambar 4, seluruh penampang 2D yang diperoleh memiliki maksimal kedalaman inversi hingga 82 meter dari permukaan tanah.

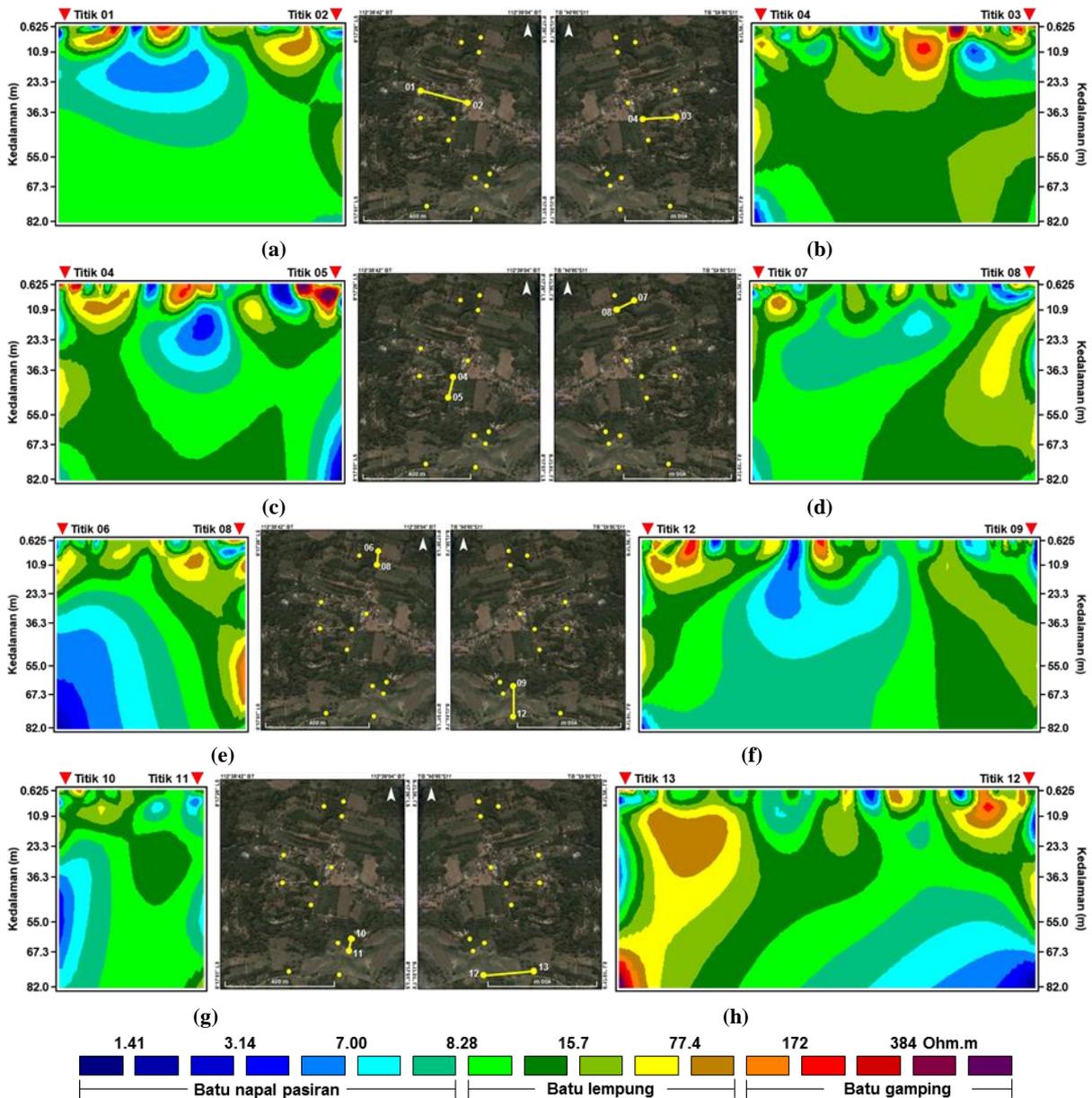
Rentang nilai resistivitas dari penampang kontur resistivitas 2D diinterpretasi menjadi 3 lapisan batuan yang disesuaikan dengan data geologi [3,10]. Kelompok pertama dengan nilai resistivitas 1.41 – 8.28 $\Omega.m$ diinterpretasikan sebagai lapisan napal pasir. Kelompok kedua dengan rentang nilai resistivitas 8.28 – 124 $\Omega.m$ diinterpretasikan sebagai lapisan batu lempung. Kelompok ketiga dengan rentang nilai resistivitas 124 – 384 $\Omega.m$ diinterpretasikan sebagai lapisan batu gamping.

Lapisan akuifer dicirikan sebagai lapisan batuan yang mampu menyimpan dan mengalirkan air tanah [19]. Berdasarkan hal tersebut dari Gambar 4 lapisan yang diduga sebagai lapisan akuifer adalah lapisan batu napal pasir. Komposisi batu pasir pada lapisan pasir tufan memiliki porositas cukup besar yaitu antara 10-20%. Berbeda dengan gamping yang memiliki nilai porositas lebih kecil yaitu antara 1-10% [20,21].

Keberadaan akuifer paling banyak diduga pada lintasan titik-titik sounding 01-02, 04-03, dan 04-05. Hal ini diindikasikan adanya lapisan batu napal pasir yang terendapkan di atas lapisan kedap air yaitu lapisan batu lempung [22]. Ketebalan lapisan akuifernya bervariasi dari 10 m hingga 30 m. Sementara, posisi lapisan akuifernya berada di kedalaman 5 – 35 meter dari permukaan tanah. Jika diperhatikan, ketiganya tergolong sebagai akuifer semi tertekan. Akuifer semi tertekan memiliki ciri adanya pembatas pada lapisan atas berupa lapisan akuitar. Lapisan akuitar merupakan lapisan batuan yang dapat menyimpan air namun hanya mampu meloloskan

air dengan jumlah yang terbatas. Aliran air ketika melewati lapisan akuitar memiliki laju yang lambat daripada saat melaju di lapisan akuifer. Lapisan batu gamping yang ditunjukkan pada Gambar 4a, 4b, dan 4c diindikasikan sebagai

lapisan akuitar [3]. Lapisan batu gamping pada area ini masih memiliki tingkat porositas yang mampu meloloskan air namun jumlahnya terbatas dan dibuktikan adanya sumber mataair di lokasi tersebut.



Gambar 4. Hasil interpretasi dari interpolasi resistivitas dengan dengan data geologi untuk penampang 2D dari lintasan titik-titik sounding (a) 01-02, (b) 03-04, (c) 04-05, (d) 08-07, (e) 06-08, (f) 09-12, (g) 10-11, dan (h) 12-13.

Jika semua penampang di *overlay*-kan sesuai posisi titik ukurnya maka tampak perseberannya seperti pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5 berdasarakan Gambar 5 lapisan akuifer dari lintasan titik-titik sounding 01-02, 03-04, dan 04-05 yang diduga memiliki jenis akuifer dengan pola yang sama yaitu akuifer semi tertekan. Posisi titik-titik sounding yang

saling berdekatan juga menunjukkan bahwa area di sekitar titik sounding 01, 02, 03, 04 dan 05 diindikasikan sebagai zona yang memiliki jumlah air bawah tanah yang banyak ketimbang area titik-titik sounding yang lain di daerah penelitian.

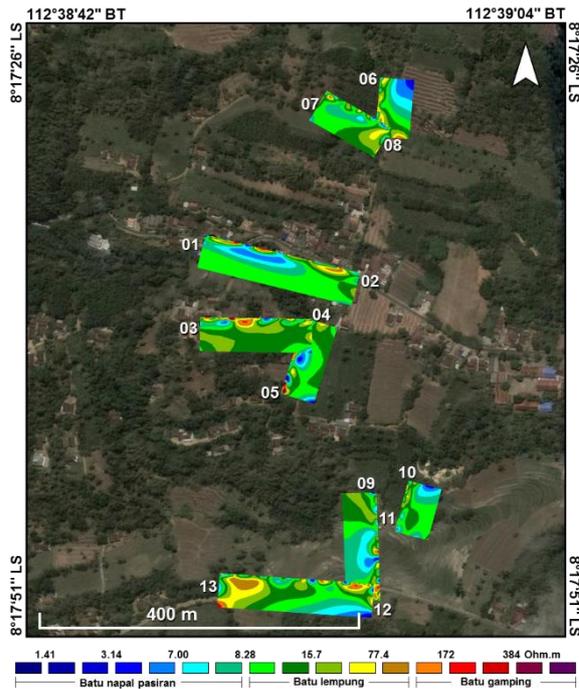
Berdasarkan geomorfologi yang teramati di lapangan, lokasi titik-titik sounding 01, 02, 03, 04

dan 05 berada di sebuah lembah yang jika di musim penghujan area tersebut menjadi sungai. Selain itu, dengan adanya sumber mataair hingga kedalaman 4 meter di dekat lokasi tersebut maka dapat direkomendasikan bahwa lokasi ini dapat dijadikan acuan dalam pembuatan sumur. Adapun posisi area tersebut berada di sebelah selatan kantor kecamatan dan kantor kepolisian Kecamatan Gedangan.

desa dan warga Desa Gedangan yang telah memberikan izin dan semua pihak yang terlibat dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hasan, M.F.R., Susilo, A., dan Sunaryo (2018) Identification of underground river flow pattern using self potential (SP) and resistivity methods for drought mitigation at Druju, Sumbermanjing Wetan, Indonesia. *Disaster Advances*. 11 (5), 25–31.
- [2] BPBD Kabupaten Malang (2018) Inventaris Bencana Tahun 2015. [http://bpb.d.malangkab.go.id/source/2/INVT%20BENCANA/Inventaris%20Bencana%202015%20\(no\).xls](http://bpb.d.malangkab.go.id/source/2/INVT%20BENCANA/Inventaris%20Bencana%202015%20(no).xls) (diakses 21-12-2018).
- [3] Sujanto, Hadisantono, R., Kusnama, Chaniago, R., dan Baharuddin, R. (1992) Peta Geologi Lembar Turen, Jawa Timur.
- [4] Manrulu, R.H., Nurfalaq, A., dan Hamid, I.D. (2018) Pendugaan Sebaran Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner dan Schlumberger di Kampus 2 Universitas Cokroaminoto Palopo. *Jurnal Fisika FLUX*. 15 (1), 6.
- [5] Hakim, H. dan Manrulu, R.H. (2016) Aplikasi Konfigurasi Wenner dalam Menganalisis Jenis Material Bawah Permukaan. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*. 5 (1), 95.
- [6] Onojasun, O.E. (2015) Delineating Groundwater Contaminant Plums Using Self-Potential Surveying Method In Perth. *International Journal of Scientific & Technology Research*. 4 (11), 55–59.
- [7] Darsono, Legowo, B., dan Koesuma, S. (2016) Identification of aquifer potential by using resistivity method: A case study in Kedawung and Sambirejo district, Sragen, Central Java, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*. 776 (2016), 012121.
- [8] Afshar, A., Abedi, M., Norouzi, G.-H., dan Riahi, M.-A. (2015) Geophysical investigation of underground water content zones using electrical resistivity tomography and ground penetrating radar: A case study in Hesarak-Karaj, Iran. *Engineering Geology*. 196 183–193.
- [9] Febriana, R.K.N., Minarto, E., dan Tryono, F.Y. (2017) Identifikasi Sebaran Aliran Air Bawah Tanah (Groundwater) dengan Metode Vertical Electrical Sounding (VES)



Gambar 5. Overlay penampang lintasan kontur 2D resistivitas terhadap peta titik-titik akuisisi sounding

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan nilai resistivitas batuan antara 1.41 – 384 Ω m, dengan interpretasi nilai resistivitas 1.41 – 8.28 Ω .m diinterpretasikan sebagai lapisan napal pasiran, nilai resistivitas 8.28 – 124 Ω .m diinterpretasikan sebagai lapisan batu lempung dan nilai resistivitas 124 – 384 Ω .m diinterpretasikan sebagai lapisan batu gamping. Akuifer yang ditemukan pada batuan pasir paling banyak menyimpan air tanah diduga berada pada lintasan titik sounding (VES) 01-02, 03-04, dan 04-05 yang kemudian menjadi rekomendasi untuk lokasi pembuatan sumur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada kepala

- Konfigurasi Schlumberger di Wilayah Cepu, Blora Jawa Tengah. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 6 (2), 29–33.
- [10] Telford, W.M., Geldart, L.P., dan Sheriff, R.E. (1990) *Applied Geophysics*. Second Edition Cambridge University Press, Cambridge.
- [11] Sunaryo, Marsudi, S., dan Anggoro, S. (2018) Identification of Sea Water Intrusion at the Coast of Amal, Binalatung, Tarakan by Means of Geoelectrical Resistivity Data. *Disaster Advances*. 11 (6), 23–29.
- [12] Lutfinur, I., Khumaedi, dan Susanto, H. (2015) Identifikasi Sesar Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus Sungai Opak Yogyakarta). *Unnes Physics Journal*. 4 (1), 63–74.
- [13] Todd, D.K. (1980) *Groundwater Hydrology*, Second Edition. Second Edition John Wiley & Sons, Inc, New Jersey, USA.
- [14] Waskito, F., Yulianto, T., dan Suprpto, D.J. (2016) Analisis Rembesan pada Bendungan Cengklik Menggunakan Metode Resistivitas Konfigurasi Schlumberger dan Uji Permeabilitas untuk Menghitung Debit Rembesan. *Youngster Physics Journal*. 5 (4), 425–432.
- [15] Yuliana, E., Tryono, F.Y., dan Minarto, E. (2017) Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Untuk Identifikasi Zona Bidang Gelincir Tanah Longsor Studi Kasus Desa Nglajo Kec. Cepu Kab. Blora. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 6 (2), 37–42.
- [16] Suyanto, I. (2013) Perbandingan Survei dan Analisis Data Geolistrik Sounding Daerah Pantai dan Pegunungan Studi Kasus Penyelidikan Air Tanah di Kabupaten Kendal, Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Applied Physics*. 3 (2), 117–129.
- [17] Grandis, H., Junara, A., dan Irawan, D. (2012) Pemodelan Resistivitas 2-D dengan Menggunakan Data Sounding Konfigurasi Schlumberger. in: Proc. PIT HAGI 2012 37th HAGI Annu. Conv. Exhib. - Palembang, 10–12 Sept. 2012, HAGI, Palembang.
- [18] Susilo, A., Sunaryo, Sutanhaji, A.T., Fitriah, F., dan Hasan, M.F.R. (2017) Identification of underground river flow in Karst Area using geoelectric and self-potential methods in Druju Region, Southern Malang, Indonesia. *International Journal of Applied Engineering Research*. 12 (21), 10731–10738.
- [19] Hanifa, D., Sota, I., dan Siregar, S.S. (2016) Penentuan Lapisan Akuifer Air Tanah Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Di Desa Sungai Jati Kecamatan Mataraman Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan. *Jurnal Fisika FLUX*. 13 (1), 30–39.
- [20] Broto, S. dan Afifah, R.S. (2008) Pengolahan Data Geolistrik Dengan Metode Schlumberger. *Teknik*. 29 (2), 120–128.
- [21] Verhoef, P.N.W. (1992) *Geologi untuk Teknik Sipil*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [22] Fitriah, F., Sunaryo, dan Susilo, A. (2015) Identification of Cracked Zone in Sutami dam Using Geoelectrical Method. *Indonesian Journal of Applied Physics*. 5 (2), 65–72.