

# Identifikasi Pola Aliran Sungai Bawah Tanah Daerah Karst di Desa Gebangharjo Kecamatan Pracimantoro Menggunakan Metode *Tomography Resistivity* Konfigurasi Wenner-Schlumberger

Yudi Purwanto\*, Darsono dan Sorja Koesuma

Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

\*Email: yudipurwanto@student.uns.ac.id

## ABSTRACT

This research is conducted using 4 lines data with 750 meters in length. Tomography resistivity with Wenner-Schlumberger configuration is used as this research methodology to take the data with  $a = 50$  meters and  $n=1, 2, 3, 4, 5, 6$ . Resistivitymeter OYO 2119C McOHM-EL model is used as the instrument. Furthermore, the data is processed with two softwares; Res 2 Dinv ver. 3.56.22 to get 2D resistivity section and Rock Work 16 to make 3D model of the site. The underground river's chamber is made by hollow carbonate rocks with the resistivity of  $>412 \Omega\text{m}$  and  $117,6 \Omega\text{m} - 412 \Omega\text{m}$  for limestone's resistivity as its capsrock. Researching to the depth of 173 meters, underground rivers are shown in the line 2 in the depth of 65 to 134 meters, 65 to 173 meters in the line 3, and in the cross section of line 3 and line 4. While in the line 1, another chamber is found within the depth of 12.5 to 40 meters. It is expected that the underground river is flowing to the south because of the chamber in line 3 and line 4 are lower than line 2.

Keywords: Underground River, Capsrock, Chamber, Resistivity

## ABSTRAK

Penelitian ini diambil 4 lintasan data dengan panjang 750 meter. Pengambilan data menggunakan metode tomography resistivity konfigurasi Wenner-Schlumberger dengan jarak  $a = 50$  meter dan faktor pengali  $n=1, 2, 3, 4, 5, 6$ . Instrument yang digunakan adalah resistivitymeter OYO model 2119C McOHM-EL. Data diolah menggunakan software Res2Dinv ver. 3.56.22 untuk mendapatkan penampang resistivitas 2D dan software RockWork16 untuk membuat pemodelan 3D. Lorong sungai bawah tanah tersusun dari batuan karbonat berbentuk rongga dengan resistivitas  $> 412 \Omega\text{m}$  dan lapisan penudung (capsrock) berupa batu gamping konglomerat dengan resistivitas  $117,6 \Omega\text{m} - 412 \Omega\text{m}$ . Hasil penelitian mencapai kedalaman 173 meter menunjukkan bahwa terdapat lorong sungai bawah tanah di lintasan 2 kedalaman 65 meter – 134 meter, lintasan 3 kedalaman 65 meter – 173 meter, dan lintasan 4 pada perpotongan lintasan 3. Sedangkan lintasan 1 ditemukan sebuah lorong yang berbeda pada kedalaman 12,5 meter – 40 meter. Sungai bawah tanah diduga mengalir menuju selatan karena lorong pada lintasan 3 dan lintasan 4 diperoleh lebih rendah dari lintasan 2.

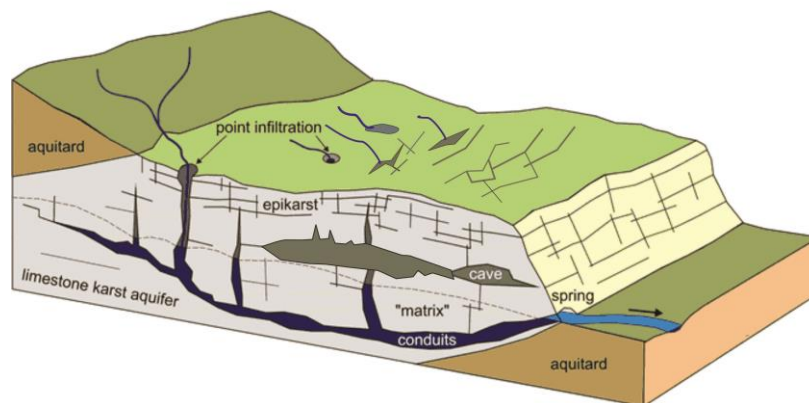
Kata kunci: Sungai Bawah Tanah, Lapisan Penudung, Lorong, Resistivitas

## PENDAHULUAN

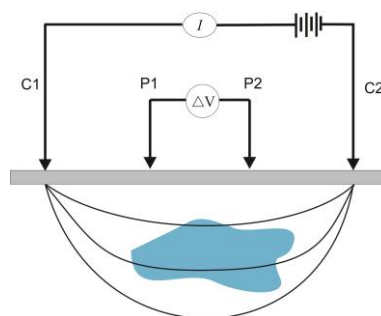
Desa Gebangharjo, Pracimantoro, Wonogiri merupakan bagian kawasan karst Gunung Sewu yang sering menderita kekurangan air bersih pada musim kemarau. Masyarakat memanfaatkan tampungan air hujan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya sehingga mereka tidak memperoleh air jika tidak terjadi hujan dalam jangka waktu yang lama. Masyarakat yang umumnya bekerja sebagai petani hanya bisa melakukan panen 1 kali dalam satu tahun di saat musim hujan.

Kawasan karst dicirikan dengan adanya depresi tertutup (*closed depression*), drainase permukaan, dan gua. Sebenarnya kawasan karst merupakan kawasan berbatuan karbonat yang memiliki kandungan air yang melimpah<sup>[1]</sup>. Ketika musim penghujan, air hujan yang jatuh ke daerah karst tidak dapat tertahan di permukaan, sehingga air mengalir hanya sesaat pada drainase permukaan dan langsung terputus memasuki lubang-lubang yang ada (luweng, retakan-retakan, gua-gua) seperti pada Gambar 1<sup>[2]</sup>. Air yang masuk kedalam lubang ini kemudian mengisi rongga-rongga dalam karst. Air sebagian besar bermuara di aliran sungai bawah tanah.

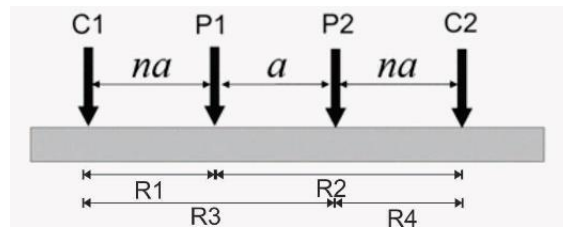
Metode geolistrik merupakan salah satu metode eksplorasi geofisika yang dapat mendeteksi keberadaan air bawah permukaan<sup>[3]</sup>. Salah satu metode eksplorasi geolistrik yang paling banyak digunakan adalah metode *resistivity*<sup>[3]</sup>. Keberhasilan metode *resistivity* bergantung pada kontras resistivitas yang terukur antar sifat fisik dari target dan medium sekitarnya<sup>[4]</sup>. Lorong sungai bawah tanah merupakan rongga udara yang cukup besar sehingga memiliki nilai resistivitas yang sangat besar dibandingkan dengan material sekitarnya<sup>[4]</sup>. Penelitian tentang karst menggunakan metode *resistivity* telah dilakukan oleh Gautam *et. al* (1999) untuk memetakan struktur bawah permukaan karst di Nepal Tengah<sup>[5]</sup>, Zhu *et. al* (2011) untuk menemukan saluran hidrologi karst di Kentucky AS<sup>[6]</sup>, Fadhly *et. al* (2015) untuk menemukan *future rockhead* di Tapah Malaysia<sup>[7]</sup>, dan Andriani (2010) untuk penelusuran sungai bawah tanah daerah Pacitan<sup>[8]</sup>.



**Gambar 1.** (Colour online) Struktur hidrologifis karst<sup>[9]</sup>



**Gambar 2.** (Colour online) Prinsip akuisisi geolistrik dengan susunan 4 elektroda<sup>[10]</sup>



**Gambar 3.** (Colour online) Konfigurasi Wenner-Schlumberger<sup>[11]</sup>

Prinsip kerja dari metode *resistivity* yaitu dengan mengalirkan arus ke dalam tanah melalui dua elektroda arus (C1 dan C2), kemudian beda potensial diukur dengan dua elektroda potensial (P1 dan P2) seperti pada Gambar 2<sup>[10]</sup>. Nilai resistivitas tanah dipengaruhi oleh berbagai parameter geologi seperti mineral, kandungan fluida, porositas dan derajat kejenuhan air di bumi. Resistivitas biasanya dikenal dengan istilah “tahanan jenis” yang disimbolkan  $\rho$ <sup>[10]</sup>.

Nilai resistivitas yang terukur seolah-olah merupakan nilai resistivitas pada 1 lapisan saja. Sedangkan pada kenyataannya bumi tersusun dari beberapa lapisan. Sehingga nilai yang terukur dalam survei resistivitas dikenal dengan istilah resistivitas semu yang dapat ditulis dengan persamaan

$$\rho_a = K \frac{V}{I} \quad (1)$$

Dimana

$\rho_a$  = Resistivitas semu ( $\Omega\text{m}$ )

$K$  = Faktor Geometri

$V$  = Tegangan terukur (mV)

$I$  = Arus (mA)

Konfigurasi Wenner-Schlumberger merupakan salah satu konfigurasi survei *tomography resistivity* dalam bentuk 2 dimensi<sup>[11]</sup>. Susunan elektroda konfigurasi Wenner-Schlumberger seperti pada Gambar 3. Dari Gambar 3 faktor geometri ( $K$ ) pada konfigurasi Wenner-Schlumberger dapat dituliskan

$$K = \frac{2\pi}{\left\{ \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) - \left( \frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_4} \right) \right\}} \quad (2)$$

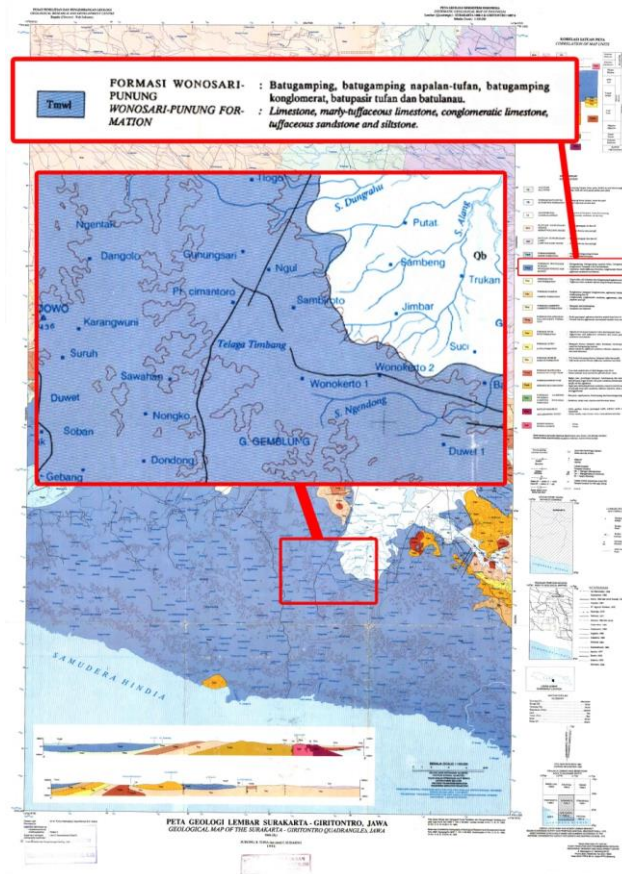
$$K = \frac{2\pi}{\left\{ \left( \frac{1}{na} - \frac{1}{a+na} \right) - \left( \frac{1}{a+na} - \frac{1}{na} \right) \right\}} \quad (3)$$

$$K = \pi n(n+1)a \quad (4)$$

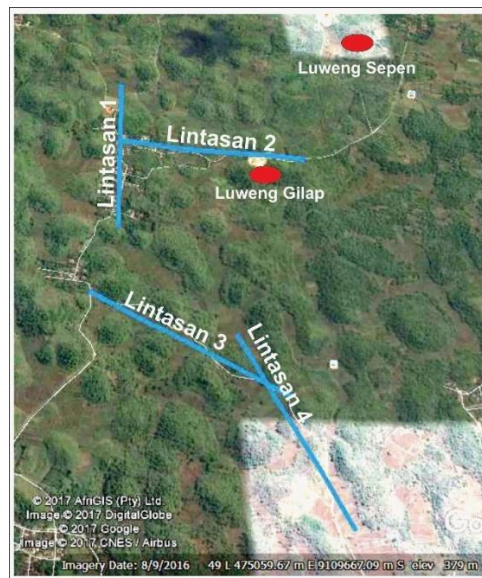
## METODE

Data diukur menggunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger dengan jarak  $a = 50$  m pada nilai  $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6$  sebanyak 4 lintasan dengan panjang lintasan masing-masing 750 m, untuk arah lintasan sesuai Gambar 5. Alat yang digunakan adalah *resistivity meter* OYO model 2119C McOHM-EL, *accumulator* 12 V, 4 buah *roll* kabel 400 m, 4 buah elektroda,

4 buah palu, meteran, *Global Positioning System (GPS) GARMIN e-trex touch 35*, dan *Handy Talky (HT)*.



**Gambar 4.** (Colour online) Peta Geologi Kecamatan Pracimantoro[12]



**Gambar 5.** (Colour online) Susunan lintasan pengambilan data

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data resistivitas semu diolah menggunakan *software* Res2Dinv ver. 3.56.22. Penampang resistivitas diinterpretasikan berdasarkan tingkatan nilai resistivitas material pada Tabel 1<sup>[1]</sup> dengan keadaan geologi Desa Gebangharjo yang tersusun oleh batu gamping, batu gamping nepalan-tufan, batu gamping konglomerat, batu pasir tufan dan batu lanau<sup>[12]</sup> seperti Gambar 4. Rentang nilai resistivitas yang diperoleh dapat diinterpretasikan pada Tabel 2.

**Tabel 1.** Resistivitas material<sup>[4]</sup>

Material	Resistivitas( $\Omega\text{m}$ )
Udara ( <i>air</i> )	~
Batu kapur ( <i>limestone</i> )	50-10 <sup>7</sup>
Batu pasir ( <i>sandstone</i> )	1-10 <sup>8</sup>
Pasir ( <i>sand</i> )	1-10 <sup>3</sup>
Lempung ( <i>clay</i> )	1-10 <sup>2</sup>
Air ( <i>water</i> )	0,3-1

**Tabel 2.** Intepretasi material daerah penelitian

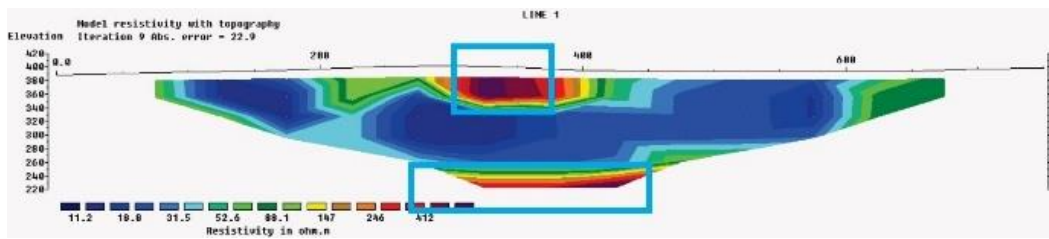
Material	Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )
batu pasir tufan dan lanau	11,2 – 18,8
Batu pasir tufan	18,8 – 52,6
Batu gamping nepalan-tufan	52,6 – 117,6
Batu gamping konglomerat	117,6 – 412
Batu gamping/karbonat	$\geq 412$

### Lintasan 1 (Gambar 6.a)

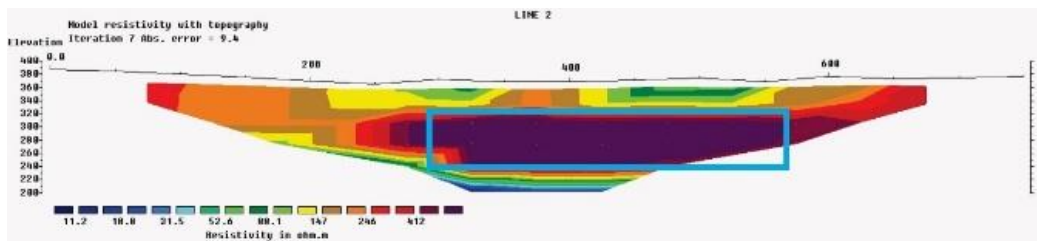
Material beresistivitas 11,2  $\Omega\text{m}$  – 18,8  $\Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai batu pasir tufan yang bercampur dengan lanau tersebar pada titik 100 m – 175 m dan titik 475 m – 600 m sampai pada kedalaman 130 m. Lintasan 1 didominasi oleh lapisan batu pasir tufan dengan resistivitas 18,8  $\Omega\text{m}$  – 52,6  $\Omega\text{m}$ . Batuan karbonat berbentuk rongga dijumpai pada anomali berwarna ungu di titik 325 m – 350 m pada kedalaman 12,5 m – 18,8 m beresistivitas  $\geq 412 \Omega\text{m}$ . Batuan karbonat membentuk sebuah lorong yang diduga sebagai lorong goa yang tidak berisi air karena berada di posisi dekat dengan permukaan tanah.

### Lintasan 2 (Gambar 6.b)

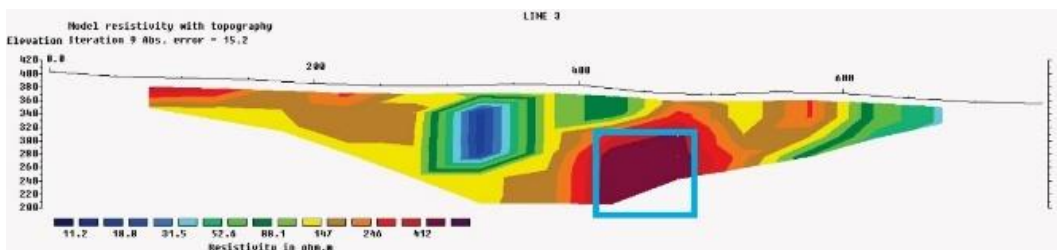
Batuan karbonat berbentuk lorong yang sangat besar berada di titik 275 m – 550 m kedalaman 65 m – 134 m dengan resistivitas  $> 412 \Omega\text{m}$ . Lapisan penyusun didominasi oleh batu gamping konglomerat yang memiliki nilai resistivitas 117,6  $\Omega\text{m}$  – 412  $\Omega\text{m}$ . Lapisan ini terlihat hingga permukaan pada titik 75 m – 225 m, 350 m – 400 m, dan 550 m – 650 m. Sedangkan pada titik 225 m - 350 m dan 400 m – 550 m lapisan ini ditutupi oleh batu nepalan-tufan setebal 38,8 m dengan resistivitas 52,6  $\Omega\text{m}$  – 117,6  $\Omega\text{m}$ .



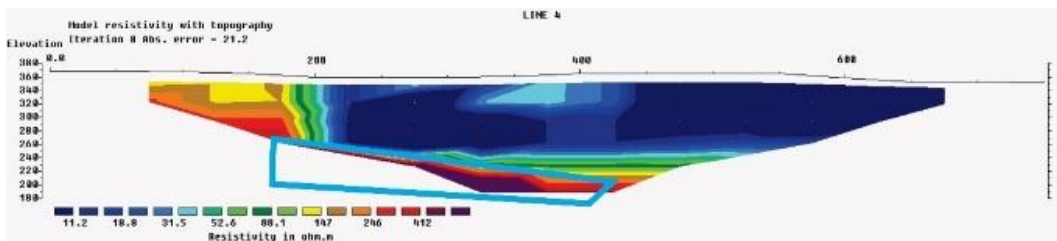
(a)



(b)



(c)



(d)

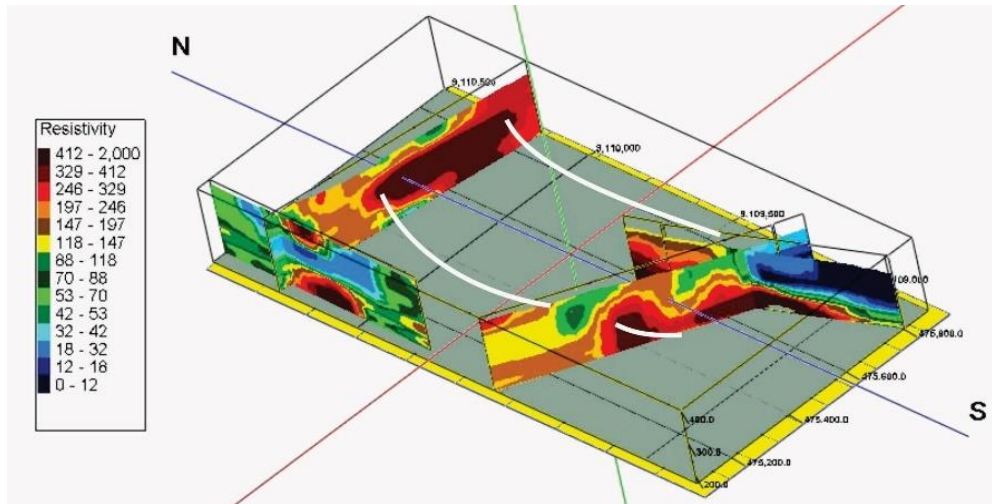
**Gambar 6.** (Colour online) Model penampang resistivitas 2D (a) lintasan 1, (b) lintasan 2, (c) lintasan 3, dan (d) lintasan 4

**Lintasan 3 (Gambar 6.c)**

Batuan karbonat berbentuk rongga dijumpai pada resistivitas > 412  $\Omega$ m di titik 425 m – 475 m kedalam 65 m ke bawah. Lapisan penyusun didominasi oleh batu gamping konglomerat yang bersifat kedap air dan berfungsi sebagai batuan penuding atau capsrock pada aliran sungai bawah tanah dengan resistivitas 117,6  $\Omega$ m – 412  $\Omega$ m. Batu pasir tufan bercampur batu lanau ditemukan di titik 300 m – 350 m pada kedalaman 38,8 m – 99,4 m diduga sebagai material sisipan.

#### Lintasan 4 (Gambar 6.d)

Lintasan 4 banyak ditemui batu pasir tufan bercampur dengan batu lanau yang tersebar pada titik 200 m – 675 m dengan resistivitas 11,2  $\Omega$ m – 18,8  $\Omega$ m mencapai kedalaman 115 m. Pada titik 325 m – 425 m lapisan batu pasir tufan yang bercampur dengan batu lanau ini ditutupi oleh lapisan batu pasir tufan dengan resistivitas 31,5  $\Omega$ m – 52,6  $\Omega$ m setebal 40 meter. Pada lintasan ini ditemukan batuan karbonat berbentuk rongga di sebelah timur lorong lintasan 3 dengan resistivitas  $\geq 412$   $\Omega$ m.



**Gambar 7.** (Colour online) Pemodelan 3D dengan RockWork16, garis putih = dugaan aliran sungai bawah tanah

Resistivitas inversi hasil pengolahan Res2Dinv ver. 3.56.22 dan koordinat UTM pada *datumpoint* digunakan sebagai *input* pada *software* RockWork16. Hasilnya seperti Gambar 7 yang menunjukkan bahwa batuan karbonat berbentuk rongga pada lintasan 2 berada pada titik 275 m – 550 m kedalaman 65 m – 134 m. Lorong ini diduga terhubung dengan batuan karbonat lintasan 3 di titik 425 m – 475 m pada kedalaman 65 m ke bawah. Sungai bawah tanah ini diduga mengalir menuju selatan karena lantai dasar lorong lintasan 3 lebih rendah dari lintasan 2. Lintasan 4 menunjukkan bahwa lorong lintasan 2 ini melebar ke timur.

#### KESIMPULAN

Struktur lorong sungai bawah tanah terbentuk oleh batuan karbonat dengan resistivitas  $\geq 412$   $\Omega$ m dan batu gamping konglomerat sebagai lapisan penudung (*capsrock*) dengan resistivitas 117,6  $\Omega$ m - 412  $\Omega$ m. Batu gamping konglomerat terdapat disepanjang lorong bersifat kedap air dan menjadi kantong-kantong air (*waterpocket*) merupakan struktur sungai bawah tanah. Lorong sungai bawah tanah dijumpai di lintasan 2 pada kedalaman 65 m terhubung dengan perpotongan antara lintasan 3-4 kedalaman yang sama Sungai bawah tanah ini diduga mengalir menuju selatan karena lantai dasar lorong lintasan 3 lebih rendah dari lintasan 2 hingga bermuara di laut selatan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- 1 Sunkar, A. 2008. Pentingnya Kategori Khusus Kawasan Lindung Bagi Konservasi Ekosistem. *Indonesian Scientific Karst Forum*. Yogyakarta: UGM.
- 2 Suryatmojo, H. 2006. Strategi Pengelolaan Ekosistem Karst di Kabupaten Gunung Kidul. *Seminar Nasional Strategi Rehabilitasi Kawasan Konservasi Di Daerah Padat Penduduk*. Fakultas Kehutanan UGM.
- 3 Bhattacharya, P. K., & Patra. 1968. *Methods in Geochemistry and Geophysics*. London: Elsevier Publishing Company.
- 4 Robinson, E.S., & Coruh, C. 1988. *Basic Exploration Geophysics*. New York: Wiley.
- 5 Guatam, P., Pant, S. R., & Ando, H. 2000. Mapping Of Subsurface Karst Structure with Gamma Ray And Electrical Resistivity Profiles: A Case Study From Pokhara Valley, Central Nepal. *Journal of Applied Geophysics*, 45 (2), 97-110.
- 6 Zhu, J., Currens, J. C., & Dinger. 2011. Challenges of using electrical resistivity method to locate karst conduits—A field case in the Inner Bluegrass Region, Kentucky. *Journal of Applied Geophysics*, 75 (3), 523–530.
- 7 Fadli, Z., Raad, R., Nordiana, M.M., Azwin, N., & Bery, A. A. 2015. Mapping Subsurface Karst Formation Using 2-D Electrical Resistivity Imaging (2-DERI). *EJGE*, 20 (1), 349-358
- 8 Andriyani, S., Ramelan, A.H., & Sutarno. 2010. Metode Geolistrik Imaging Konfigurasi Dipole-Dipole Digunakan Untuk Penelusuran Sistem Sungai Bawah Tanah Pada Kawasan Karst Di Pacitan, Jawa Timur. *Jurnal EKOSAINS*, 2 (1), 46-54
- 9 Goldscheider, Nico, & Drew, David. 2007. *Tutorial: Methods in Karst Hydrogeology*. London: Taylor & Francis Group.
- 10 Moller, I., Sørensen, K.I., & Auken, E. 2006. *Groundwater Resources in Buried Valleys*. Hannover: Burval.
- 11 Loke, M.H. 2004. *Application of Surface Geophysics To Ground-Water Investigations*. England: Birmingham University.
- 12 Surono, B.T., & Sudarno, I. 1992. *Peta Geologi Lembar Surakarta-Giritontro, Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.