

IDENTIFIKASI SISTEM SUNGAI BAWAH TANAH DI GOA PINDUL, GUNUNG KIDUL, YOGYAKARTA MENGGUNAKAN KOMBINASI DATA GEOLISTRIK RESISTIVITAS, ELEKTRO MAGNETIK VLF DAN PEMETAAN SISTEM SUNGAI BAWAH TANAH

IDENTIFICATION OF UNDERGROUND RIVER SYSTEM IN GOA PINDUL, GUNUNGKIDUL, YOGYAKARTA USING DATA COMBINATION OF GEOLISTRIC RESISTIVITY, ELECTROMAGNETIC VLF AND MAPPING RIVER SYSTEM

Baharuddin Fahmi¹, Faiz Akbar Prihutama², Nur Arasyi³, Fauzia Rizky Wijaya⁴, Ariesha Rizika Isdianty⁵, Nur Fadhillah Ramadhani⁶

^{1,2,5,6}Program Studi Teknik Gologi UPN Veteran Yogyakarta

^{3,4}Program Studi Teknik Geofisika UPN Veteran Yogyakarta

*E-mail: fahmibahaar@gmail.com

Diterima 08-09-2017	Diperbaiki 08-10-2017	Disetujui 15-10-2017
---------------------	-----------------------	----------------------

ABSTRAK

Daerah Gunung Kidul merupakan suatu daerah karst yang kebanyakan terdiri dari batuan karbonat. merupakan daerah yang memiliki tingkat pelapukan yang sangat tinggi, bisa secara kimiawi maupun fisika. Hal inilah yang menyebabkan terdapat banyak rongga batuan dan goa pada daerah karst. Salah satu hasil dari pelarutan pada daerah Gunung Kidul yang terkenal adalah Goa Pindul. Penyelidikan air tanah disekitar Goa Pindul sangat perlu dilakukan karena peruntukannya untuk keperluan sehari-hari. Penyelidikan yang dilakukan adalah melalui metode elektromagnetik Very Low Frequency (VLF) dan geolistrik resistivitas (konfigurasi pole dipole) dan pemetaan sungai bawah tanah. Dari hasil integrasi metode tersebut akan dihasilkan informasi lapisan air tanah, ketebalan, kedalaman dan geometri goa secara 3D. Berdasarkan hasil pemetaan didapat perkembangan aliran sungai bawah tanah disekitar Goa Pindul. Penampang resistivitas memiliki kelebihan dapat menggambarkan secara detail letak kantong air diatas langit-langit goa akibat proses infiltrasi air dari permukaan tanah. Penampang elektromagnetik memiliki penetrasi yang dalam sehingga dapat mengetahui kedudukan dari sesar yang bekerja pada sekitar daerah goa pindul. Kantong air yang terletak diatas atap goa ditunjukkan dengan rentang nilai resistivitas sebesar 1-30 Ωm pada kedalaman 5-11 m dibawah permukaan tanah. Kantong air ini dapat terbentuk karena adanya sisipan lempung pada perlapisan batuan gamping yang menghalangi air untuk turun kebawah. Sisipan lempung ditunjukkan dengan rentang nilai resistivitas 8-60 Ωm yang keberadaannya tersebar dari kedalaman 1,7-17 m. Keberadaan aliran sungai bawah tanah pada metode ini ditunjukkan dengan rentang nilai rapat arus elektrik (RAE) 65-100%.

Kata Kunci : goa pindul, karst, pemetaan, resistivitas, sungai bawah tanah, VLF

ABSTRACT

The area of Gunung Kidul is a karst area consisting mostly of carbonate rocks. It is an area that has a very high level of weathering, either chemically or physically. That's why there are many rock cavities and caves in karst areas. One result of the dissolution of the famous Gunung Kidul area is Pindul Cave. The investigation of groundwater around Pindul Cave is very necessary because the allotment for daily use. The investigations conducted are through the Very Low Frequency (VLF) electromagnetic method and the geoelectrical resistivity (dipole pole configuration) and underground river mapping. From the results of the integration of these methods will be generated groundwater layer information, thickness, depth and cave geometry in 3D. Based on the mapping results obtained the development of underground river flow around Pindul Cave. Cross-section resistivity has the advantage can describe in detail the location of water bags above the cave ceiling due to the process of infiltration of water from the ground surface. Electromagnetic cross section has deep penetration so it can know the position of the fault that works in the vicinity of Cave Pindul. The water bag located above the roof of the cave is shown with a resistivity range of 1-30 Ωm at a depth of 5-11 m below the soil surface. This water pod can be formed because of clay inserts on limestone layers that block the water from falling

down. The clay inserts are indicated by a resistivity range of 8-60 $\mu\Omega$ whose presence is spread from a depth of 1.7-17 m. The existence of underground river flow in this method is indicated by the electric current density (RAE) range of 65-100%.

Keywords: mapping, karst, pindul cave, resistivity, underground river system, VLF

PENDAHULUAN

Kawasan karst dicirikan oleh batuan penyusunnya berupa batuan karbonat atau batuan sedimen dengan komposisi kimia utama berupa senyawa CO_3 lebih dari 50%, I. Munib [1]. Kawasan karst sangatlah rentan akan terjadinya pelapukan. Pelapukan tersebut dapat menyebabkan terjadinya keruntuhan, terutama pada daerah goa.

Perkembangan pariwisata di Goa Pindul mengalami peningkatan jumlah pengunjung setiap tahunnya dapat dirasakan masyarakat, baik sebagai pengelola, operator ataupun penyedia jasa dan pelaku aktivitas perdagangan C. Fandeli [2]. Pertambahan jumlah wisatawan secara tidak langsung tentunya akan menyebabkan bertambahnya kebutuhan akan air, khususnya terkait dengan konsumsi dan aktivitas pendukung pariwisata. Untuk mencukupi kebutuhan air bersih maka diperlukan sumber air agar terpenuhi secara kualitas. Daerah tangkapan air Goa Pindul memiliki luas 15,44 km^2 (Gambar 1) menurut Agni [4]. Daerah tangkapan air Goa pindul secara garis besar terdiri atas dua sistem hidrogeologi, yakni sistem di bagian hulu yang didominasi aliran diffuse (aliran airtanah melalui rongga antar butir batuan) dan sistem di bagian hilir yang didominasi oleh aliran kondukt (aliran airtanah yang didominasi oleh aliran melalui lorong-lorong pelarutan W.B. White [5] (Gambar 2). Luas sistem diffuse diperkirakan sebesar 13,69 km^2 , sedangkan luas sistem kondukt diperkirakan seluas 1,75 km^2 menurut Agni [4].

METODOLOGI

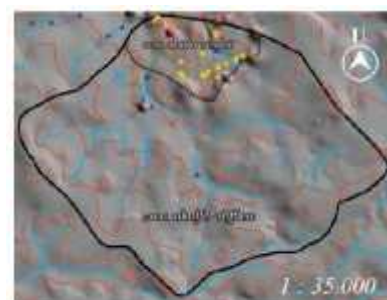
Metode yang digunakan yaitu pemetaan geologi dan pemetaan geofisika untuk mendeteksi geometri goa adalah metode VLF dan resistivitas. berkaitan dengan tanggapan gelombang elektromagnetik frekuensi rendah (VLF) dari sungai bawah tanah: dengan uji coba metode VLF di sekitar Goa Bribin.

Mata air kawasan Goa Pindul sebagian besar digunakan sektor domestik, pertanian, dan perikanan. Airtanah seringkali menjadi sumber utama untuk memenuhi kebutuhan air bersih karena biasanya memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan air

permukaan. Namun demikian, pemanfaatan yang tidak mempertimbangkan ketersediaannya di alam akan menyebabkan terjadinya kerusakan lingkungan seperti semakin dalamnya muka airtanah dan penurunan muka tanah. Oleh karena itu, maka kajian terkait dengan ketersediaan air tanah menjadi sangat penting. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan dan penyebaran sistem sungai bawah tanah Goa Pindul, sehingga dapat diketahui bentukan geometri goa secara 3 dimensi.



Gambar 1. Lokasi daerah tangkapan air kawasan Goa Pindul [4]



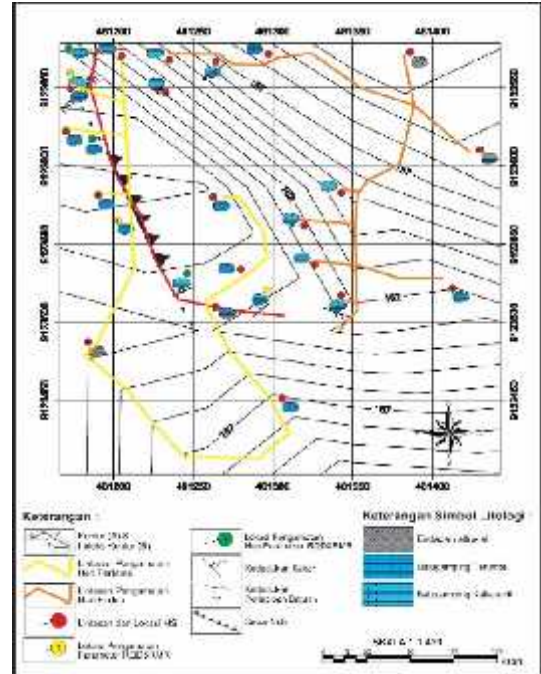
Gambar 2. Pembagian Sistem Hidrogeologi daerah Tangkapan Air Goa Pindul [4]

Berikut adalah alat-alat utama yang digunakan untuk akuisisi data penelitian geometri tertera dalam tabel berikut :

Tabel 1. Tabel daftar peralatan akuisisi data

Metode	Peralatan	Kode
Geologi	Komparator batuan	14
	Kompas geologi	2
	GPS (Global Positioning System)	6
	Meteran	1
	Palu geologi	13
	Kamera	15
	KonsolT-VLF	4
	Koil VLF	5
Elektromagnetik	Kabel konektor	3
	GPS (Global Positioning System)	6
	Meteran	1
	Kompas geologi	2
	Resistimeter NANIURA model NRD 775	7
	Akumulator	8
Resistivitas	4 buah elektroda	9
	4 gulung kabel penghubung	10
	4 kabel konektor	11
	GPS (Global Positioning System)	6
	Kompas geologi	2
	Palu	12
	Meteran	1

Lintasan goa merupakan suatu lintasan yang dilalui disaat pemetaan di dalam goa. Lintasan dilakukan selama 1 hari, pemetaan dilakukan untuk pengambilan data berupa data litologi, struktur geologi, kedudukan lapisan batuan, pengambilan sampel batuan.



Gambar 4. Peta Lintasan Akuisisi Geologi dan Lintasan Akuisisi Goa Pindul

Berdasarkan Tabel 1, menyebutkan bahwa beberapa peralatan penunjang yang dibutuhkan harus memadai dan sesuai untuk masing - masing metode yang digunakan di lapangan. Gambar 3 di bawah ini merupakan alat - alat yang akuisisi data yang digunakan di lapangan.



Gambar 3. Peralatan pengambilan data

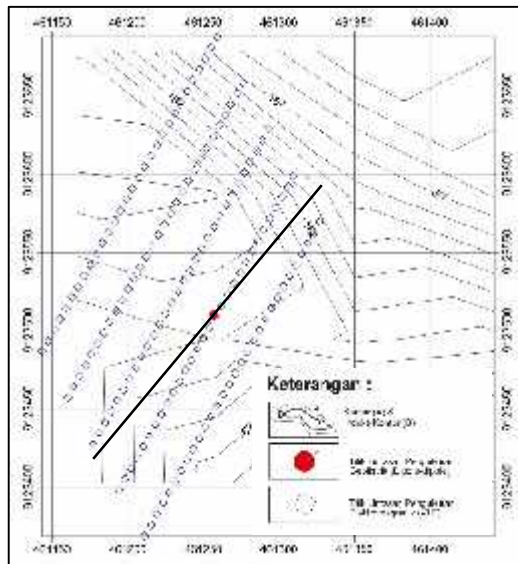
HASIL DAN PEMBAHASAN

Peta Lintasan Akuisisi Geologi dan Pemetaan Goa

Lintasan dilakukan selama 2 hari, hari pertama dengan warna kuning pemetaan dilakukan di sayap barat dan hari kedua dengan warna orange pemetaan dilakukan di sayap timur. Pemetaan dilakukan untuk pengambilan data berupa data litologi, struktur geologi, kedudukan lapisan batuan, pengambilan sampel batuan.

Peta Lintasan Survei Geofisika

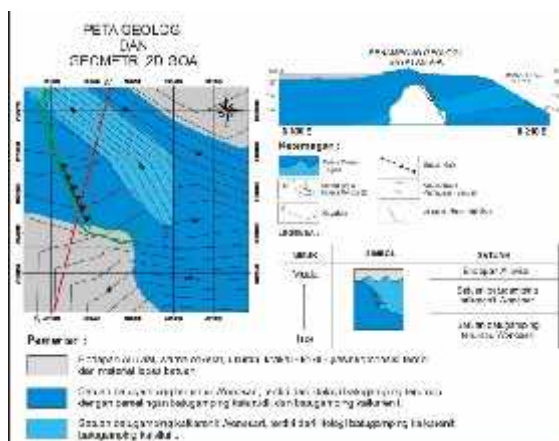
Akuisisi metode elektromagnetik dan resistivitas dilakukan dengan panjang lintasan 240 m, Jarak lintasan 30 m, Azimuth lintasan N 030° E. Target metode resistivitas adalah kantong air diatas atap goa (ketelitian ± 3 m). Metode elektromagnetik pada pengukuran kali ini ditargetkan untuk mendeteksi rongga yang kasat mata dan tidak kasat mata serta sesar yang ada pada sekitar goa dengan target penetrasi kedalaman ± 80 m.



Gambar 5. Desain survei geofisika Goa Pindul

Peta Geologi dan Geometri Goa

Peta ini menunjukkan bahwa daerah telitian berada pada Formasi Wonosari. Ditemui 2 satuan batuan, yaitu satuan batuan batugamping terumbu Formasi Wonosari dengan luasan berkisar 15 % pada peta dan satuan batuan batugamping kalkarenit Formasi Wonosari dengan luasan 60% pada peta dan soil berkisar 25%. Pada daerah penelitian juga ditemukan struktur geologi berupa sesar naik berarah NW-SE dan ditemukan juga di dalam goa. Arah sesar tersebut relatif sama dengan arah kelurusan goa Hal tersebut merupakan zona lemah yang dapat menjadi jalan air masuk melalui celah – celah dan melarutkan batuan selama kurun waktu yang lama sehingga membentuk goa.

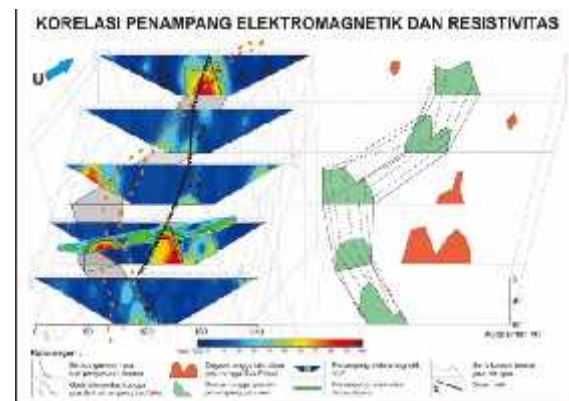


Gambar 6. Peta Geologi dan Geometri Goa Pindul

Penampang Data Geofisika

Metode resistivitas menurut Broto [11] dan elektromagnetik menurut Sampurno [10] akan menggambarkan sifat kelistrikan bawah permukaan tanah dalam bentuk penampang. Target dari penelitian yang berupa goa sungai

bawah tanah akan tergambarkan dengan baik karena air pada sungai bawah tanah serta rongga goa disekitarnya memiliki kontras sifat kelistrikan yang tinggi dengan batuan sekitarnya. Penetrasi maksimum dari penampang resistivitas adalah 17 m sedangkan penampang elektromagnetik sebesar 80 meter. Penampang resistivitas memiliki kelebihan dapat menggambarkan secara detail letak kantong air diatas langit-langit goa akibat proses infiltrasi air dari permukaan tanah. Penampang elektromagnetik memiliki penetrasi yang dalam sehingga dapat mengetahui kedudukan dari sesar yang bekerja pada sekitar daerah goa pindul.



Gambar 7. Penampang Data Geofisika

Kantong air yang terletak diatas atap goa ditunjukan dengan rentang nilai resistivitas sebesar 1-30 Ωm pada kedalaman 5-11 m dibawah permukaan tanah. Kantong air ini dapat terbentuk karena adanya sisipan lempung pada perlapisan batuan gamping yang menghalangi air untuk turun kebawah. Sisipan lempung ditunjukan dengan rentang nilai resistivitas 8-60 Ωm yang keberadaannya tersebar dari kedalaman 1,7-17 m. Keberadaan aliran sungai bawah tanah pada metode ini ditunjukan dengan rentang nilai rapat arus elektrik (RAE) 65-100% (kuning-merah) dengan kedalamandari permukaan tanah mulai dari 10 m sampai tak terukur oleh alat. Pada sekitaran lorong Goa Pindul terdapat rongga lain yang tak kasat mata. Diduga rongga ini juga merupakan percabangan lain dari sungai bawah tanah Goa Pindul. Rongga pada Goa Pindul dan sekitarnya merupakan hasil breksiasi sesar naik yang lebih mudah terlarut oleh air dari pada batuan sekitarnya. Sesar naik yang bersifat kompresif mengakibatkan sealing sehingga air tertahan pada lorong Goa Pindul.

KESIMPULAN

Pada daerah penelitian dapat disimpulkan bahwa ditemukan struktur geologi berupa sesar naik berarah NW-SE dan ditemukan juga di dalam goa. Dimana merupakan zona lemah yang dapat menjadi jalan air masuk melalui celah – celah dan melarutkan batuan selama kurun waktu yang lama sehingga membentuk goa. Kombinasi data geofisika dengan data geologi menunjukkan bahwa keberadaan aliran sungai bawah tanah pada metode ini ditunjukan dengan rentang nilai rapat arus elektrik (RAE) 65-100% (kuning-merah) dengan kedalaman dari permukaan tanah mulai dari 10 m sampai tak terukur oleh alat. Pada sekitaran lorong Goa Pindul terdapat rongga lain yang tak kasat mata. Diduga rongga ini juga merupakan percabangan lain dari sungai bawah tanah Goa Pindul. Rongga pada Goa Pindul dan sekitarnya merupakan hasil breksiasi sesar naik yang lebih mudah terlarut oleh air dari pada batuan sekitarnya. Sesar naik yang bersifat kompresif mengakibatkan sealing sehingga air tertahan pada lorong Goa Pindul.

SARAN

Diperlukan studi lanjutan untuk mengetahui kontrol struktur geologi yang lebih mendalam terhadap stabilitas pada dinding goa yaitu dengan metode *Stress Reduction factor (SRF)*. Sehingga dapat diketahui perkembangan struktur yang ada pada Goa Pindul dimana merupakan sesar aktif atau tidak, serta kemudian dilakukan perlakuan mitigasi yang sesuai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Budhi, Abdurahman, Oman Iman, Munib, Riawan dan Edi. "Evaluasi Kajian Resiko Dan Adaptasi Perubahan Iklim Dalam Perencanaan Pembangunan Daerah Studi Kasus Ketersediaan Air di Kabupaten Malang, Jawa Timur", *Conferece PAAI*, (2016): II,15-21.
- [2] Fandeli, C. "Perencanaan Kepariwisata Alam.Yogyakarta", *Prosiding Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada*, Yogyakarta (2002): VI, 27-32.
- [3] Santiago, Chile. "Global Code of Ethics for Tourism", *UNWTO 13th General Assembly*, (1999): V, 25-30.
- [4] Agniy, R.F. "Kajian Hidrogeologi Karst Sistem Gua Pindul, Kecamatan Karangmojo, Kabupaten Gunungkidul", *Skripsi Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada*, Yogyakarta (2016): XI, 20-26.
- [5] White, W.B. "Geomorphology and Hydrology of Karst Terrain", *Oxford University Press*, New York (1998): p.102-112.
- [6] Cahyadi, A. 2014. "Keunikan Hidrologi Kawasan Karst", *Jurnal Ekologi Lingkungan Kawasan Karst Indonesia*, Yogyakarta (2014): II, 54-64.
- [7] Sismanto, Eddy, H., Sudarmadji, M., Nukman, dan Suryanto, W., "Tanggapan gelombang elektromagnetik frekuensi rendah (vlf) dari sungai bawah tanah: sebuah uji coba metoda VLF di sekitar Goa Bribin, Gunungkidul, Yogyakarta", *Jurnal Fisika Indonesia*, (2003): VII, 31-42.
- [8] Adji, T.N., "Agresivitas Airtanah Karst Sungai Bawah Tanah Bribin, Gunung Sewu", *Indonesian Cave and Karst Journal HIKESPI*, 2005: I, 35-46.
- [9] Haryono, E. Day, M., "Landform differentiation within the Gunung Kidul Kegel Karst, Java, Indonesia", *Journal of Cave and Karst Studies*, (2004) v.66 no. 2, p. 62-69 .
- [10] Sampurno, Joko., "Aplikasi Metode Elektromagnetik Untuk Identifikasi Akuifer Di Taman Universitas Tanjungpura", *SEMIRATA*, (2015): VI, 21-32.
- [11] Broto, Surdaryo, and R. S. Afifah., "Pengolahan data geolistrik dengan metode schlumberger", *Jurnal Teknik*, (2008): II, 120-128.