

PEMODELAN SALURAN SUNGAI BAWAH TANAH GOA SALEH PADA MORFOLOGI KARST DAERAH PATTUNUANGASUE KABUPATEN MAROS MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK

IVAN TASLIM

Program studi Geografi, Universitas Muhammadiyah Gorontalo

Email : ivantaslim@gmail.com

Abstract

This study aimed to identify potential subsurface water resources (underground river in Saleh Cave) on the Maros karst morphology. Identification of an underground river channel at Saleh Cave using resistivity measurements geoelectric method Wenner-Schlumberger configuration compiled with Saleh Cave dimensional mapping data, as well as muscular and topographical measurements. Geoelectric measurement consists of 9 tracks, acquired 2D and 3D resistivity cross-section shows the flow of the cave identified through the high resistivity range $\rho > 2000 \Omega m$. Goa Saleh has a long corridor about 200m, where an underground river channel identified at a depth of 84-110 meters above sea level trending N320°E or leads from the Southeast to the Northwest. This is consist with the results of measurements of the fracture pattern (strike / dip) in the study site showing the same pattern of dominant fractures trending with underground streams in Saleh Cave. Compilation method used in this research can identify potential water resources that located beneath the surface karst morphology.

Keywords: Karst, morphology, Underground river, Geoelectricity,.

Abstrak

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi potensi sumber daya air bawah permukaan (sungai bawah tanah di Goa Saleh) pada morfologi karst Maros. Identifikasi saluran sungai bawah tanah Goa Saleh menggunakan pengukuran resistivitas metode geolistrik konfigurasi Wenner-Schlumberger dikompilasikan dengan data pemetaan dimensi Goa Saleh, serta pengukuran kekar dan pemetaan topografi. Pengukuran geolistrik terdiri dari 9 lintasan, diperoleh penampang resistivitas 2D dan 3D menunjukkan alur Goa teridentifikasi melalui harga resistivitas yang tinggi berkisar $\rho > 2000 \Omega m$. Goa Saleh memiliki panjang lorong sekitar 200m, dimana saluran sungai bawah tanah teridentifikasi di kedalaman 84-110 mdpl berarah N320°E atau mengarah dari Tenggara ke Barat laut. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran pola rekahan (*strike/dip*) di lokasi penelitian yang menunjukkan pola rekahan dominan berarah sama dengan aliran sungai bawah tanah di Goa Saleh. Kompilasi metode yang digunakan dalam penelitian ini dapat mengidentifikasi potensi sumber daya air yang terletak di bawah permukaan pada morfologi karst.

Kata Kunci : Morfologi karst Maros, Sungai bawah tanah, Geolistrik , Goa Saleh.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi kekayaan alam yang melimpah dan bentang alam yang beraneka ragam serta bernilai strategis dan penting. Salah satu bentang alam tersebut adalah karst. Kawasan karst adalah bentang alam yang terbentuk oleh proses pelarutan batuan. Syarat yang harus terpenuhi untuk terbentuknya karst menurut Ritter (1978) adalah terdiri dari kalsit atau dolomit yang murni, masif, keras dan kristalin dengan ketebalan lebih dari seratus meter, berlapis baik dan banyak rekahan serta tererosi oleh relief di atas permukaan lereng yang tinggi, sehingga dapat memudahkan sistem sirkulasi aliran air. Kawasan Karst Maros memiliki tipe karst menara (*tower karst*) di Provinsi Sulawesi Selatan yang dicirikan oleh bukit-bukit berlereng terjal membentuk bangun menara. Kawasan karst pada dasarnya terbagi atas 2 yakni *eksokarst* dan *endokarst*. *Eksokarst* merupakan morfologi yang tampak di permukaan karst misalnya polje, uvala, dan dolina, sedangkan *endokarst* merupakan morfologi bawah permukaan karst misalnya saluran/lorong goa, stalaktit, stalakmit, heliktit, sungai bawah tanah dan sebagainya. Karst merupakan suatu kompleks fenomena geologi dengan sistem hidrologi yang sangat spesifik, tersusun atas batuan yang bersifat mudah larut seperti batugamping,

dolomit, gipsum, dan batuan lain yang mudah larut (Milanovic, 1981). Karst merupakan manifestasi dari pelarutan jenis batuan terutama batugamping oleh aktifitas air hujan. Secara fisik, kawasan karst merupakan daerah yang kering dan tandus, sehingga penduduk yang tinggal di daerah tersebut mengalami kekurangan air, terutama di musim kemarau. Permasalahan kekeringan di kawasan karst sebenarnya dapat diatasi, mengingat potensi sumberdaya air yang dimilikinya sangat melimpah. Permasalahannya adalah perilaku air di kawasan karst membentuk sistem hidrologi yang khas dan rumit dan berkembang melalui sistem rekahan dan saluran bawah permukaan sehingga sulit untuk mengetahui posisi serta potensinya. Dari sudut pandang hidrogeologi, zona lemah pada batuan (kekar, rekahan, sesar) merupakan struktur geologi yang sangat berperan dalam mengontrol sistem hidrogeologi karst atau aliran sungai bawah permukaan. Fluida, dalam hal ini air, memiliki kecenderungan mengalir melalui zona lemah pada batuan yang secara morfologi ditunjukkan oleh adanya kelurusan-kelurusan morfologi (Setiawan, dkk., 2008). Berdasarkan atas hal tersebut, maka diperlukan suatu penelitian dalam identifikasi saluran sungai bawah tanah pada

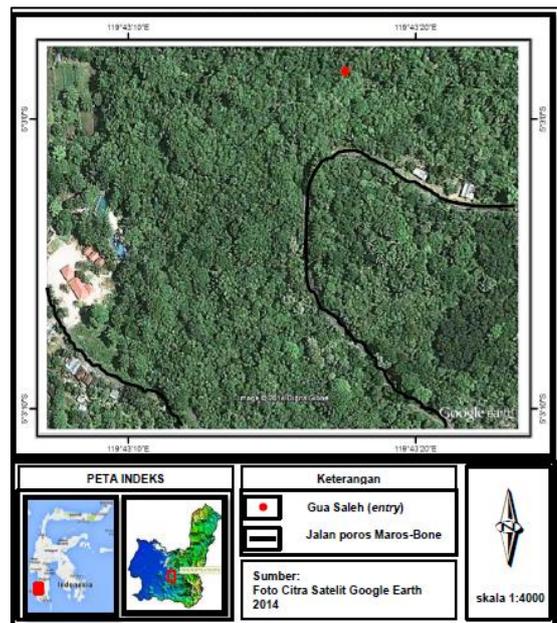
morfologi karst berbasis pemodelan, untuk melihat pola aliran yang berpotensi sebagai sumberdaya air bawah permukaan. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan hasil gambaran berupa model potensi sumberdaya air bawah permukaan morfologi karst Maros khususnya di wilayah Goa Saleh, sehingga dapat dijadikan bahan rujukan dalam perlindungan, pemeliharaan dan pemanfaatan sumberdaya air tersebut dalam memenuhi kebutuhan air masyarakat sekitarnya.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi saluran sungai bawah tanah sebagai potensi sumberdaya air pada Goa Saleh di kawasan morfologi karst Maros berdasarkan pemodelan pengukuran metode geofisika (geolistrik) yang didukung dengan metode geologi (struktur geologi) serta metode pemetaan topografi dan goa.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak di Kabupaten Maros, Kecamatan Simbang, Desa Pattunuangasue dengan posisi geografis **5°2'59.40" S-119°43'17.16" E**. Peta tunjuk lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Penelitian dengan objek studi Goa Saleh dilakukan untuk identifikasi saluran sungai bawah tanah yang mengalir di bawah permukaan morfologi karst berdasarkan pemodelan, dengan salah satu metode

geofisika yaitu geolistrik. Pengukuran geolistrik dilakukan dengan menggunakan alat geolistrik tipe *S-Field multichannel* yang terhubung dengan seperangkat komputer/laptop. Alat *S-Field multichannel* akan dihubungkan dengan 16 buah elektroda pada lintasan kabel pengukuran yang berfungsi sebagai penginjeksi arus ke bawah tanah.



Gambar 1 Peta tunjuk lokasi penelitian
(Sumber: Foto Citra Satelite GoogleEarth, 2014)

Data yang didapatkan berupa harga tahanan jenis (*resistivity*) setiap lapisan tanah dan batuan bawah permukaan yang direkam pada aplikasi *GeoRes* pada

sebuah perangkat komputer/laptop. Pengambilan data dengan metode geolistrik menggunakan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* untuk 9 lintasan pengukuran (Gambar 7(a)). Data yang diperoleh akan diolah dengan menggunakan *software Res2DInv* yang hasilnya berupa penampang resistivitas 2 Dimensi (2D) bawah permukaan lalu dikompilasikan dengan hasil koreksi titik GPS menggunakan *software Voxler* untuk mendapatkan penampang resistivitas 3 Dimensi (3D). Sebagai pendukung data pengukuran geolistrik, dilakukan juga pemetaan topografi untuk menggambarkan pengaruh elevasi/ketinggian bentang lahan karst di lokasi penelitian terhadap proses geologi melalui pengkajian garis kontur. Pengukuran dilakukan sebanyak 224 titik dengan batas 200 m ke arah utara-selatan, 200 m ke arah barat-timur.dengan menggunakan GPS Garmin tipe 62s. Data yang diperoleh berupa koordinat (x,y,z) dalam UTM setiap titik, yang selanjutnya diolah dengan menggunakan *software Surfer v10*.Pemetaan lorong/saluran bawah tanah (Goa Saleh) dilakukan secara manual yaitu dengan metode langkah-kompas.Data yang didapatkan di setiap stasiun pengamatan berupa jarak antar stasiun, jarak lantai-atap goa (tinggi), dan jarak kiri-kanan goa (lebar). Data tersebut akan diolah dengan menggunakan

software Survex dan *Speleoliti* yang selanjutnya akan di kompilasikan dengan data pengukuran geolistrik. Pengukuran struktur geologi (*strike/dip*) dalam hal ini arah dominan pola rekahan dengan menggunakan sebuah kompas geologi dan pita ukur, yang datanya diolah dengan *software DIPS*. Dari model *Diagram Rose* yang dihasilkan, akan digunakan untuk melihat pengaruh pola rekahan dominan terhadap perkembangan arah lorong/saluran bawah permukaan (Goa Saleh).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Interpretasi Tahanan

Jenis/Resistivity

Seperti telah diketahui sebelumnya bahwa pada lokasi penelitian kawasan Karst Maros didominasi oleh batugamping yang memiliki nilai resistivitas 50 hingga 400 Ω m. Udara memiliki nilai resistivitas yang sangat tinggi berkisar $\rho > 2000$ Ω m. Karena Goa berisikan udara, jadi untuk identifikasi alur Goa maka perlu diperhatikan bagian dari penampang tahanan jenis yang bernilai $\rho > 2000$ Ω m. Untuk membantu dalam menginterpretasikan alur Goa, terlebih dahulu hasil inversi dari pengukuran geolistrik tahanan jenis disamakan dengan interval nilai resistivitas tiap lintasan. Sehingga dapat dikategorikan bagian dari penampang resistivitas yang memiliki nilai yang sangat besar $\rho > 2000$ Ω m diprediksi

sebagai saluran/lorong Goa Saleh di bawah permukaan.

Lintasan 1-Lintasan 5

Nilai resistivitas yang dihasilkan dari inversi tahanan jenis 2D berkisar 20 hingga 6000 Ωm dengan kedalaman 32 meter. Pada Gambar 5, berdasarkan penggolongan dari zona yang telah dilakukan diperoleh interpretasi bahwa zona resistivitas tinggi merupakan udara yang ditafsirkan sebagai alur dari Goa Saleh yang mewakili nilai resistivitasnya adalah warna ungu-ungu tua namun terpisah pada kedalaman 2.5 hingga 13 meter dan kedalaman 32 meter. Pada daerah di sekitarnya, dengan nilai resistivitas 50 hingga 400 Ωm diinterpretasikan sebagai batu gamping yang mewakili nilai resistivitasnya adalah warna kuning-merah. Zona resistivitas rendah sebesar 20 sampai 40 Ωm yang mewakili nilai resistivitasnya adalah warna biru muda-biru tua.

Lintasan 6-Lintasan 9

Nilai resistivitas yang dihasilkan dari inversi tahanan jenis 2D berkisar 20 sampai dengan 6000 Ωm dengan kedalaman 32 meter. Pada Gambar 6, berdasarkan penggolongan dari zona yang telah dilakukan diperoleh interpretasi bahwa zona resistivitas tinggi merupakan udara yang ditafsirkan sebagai alur dari Goa Saleh yang mewakili nilai resistivitasnya adalah warna ungu-ungu tua.

Terdapat dua zona yang memiliki resistivitas tinggi dan saling terpisah sesuai dengan jarak dan kedalaman. Pada daerah di sekitarnya, dengan nilai resistivitas 50 sampai dengan 400 Ωm diinterpretasikan sebagai batu gamping yang mewakili nilai resistivitasnya adalah warna kuning-merah dan mendominasi dari penampang resistivitas. Zona resistivitas rendah sebesar 20 hingga 40 Ωm yang mewakili nilai resistivitasnya adalah warna biru muda-biru tua.

Penggabungan penampang resistivitas 2D dan perpotongan antara tiap lintasan pada pengukuran metode geolistrik Wenner-Schlumberger di kawasan Goa Saleh dapat dilihat pada Gambar 7(b). Berdasarkan penggolongan dari zona yang telah dilakukan diperoleh interpretasi bahwa zona resistivitas tinggi merupakan udara yang ditafsirkan sebagai lorong dari Goa Saleh yang ditandai oleh nilai resistivitas dengan warna ungu-ungu tua. Penampang resistivitas 3D menggunakan voxler Gambar 7(c), warna ungu merupakan gambaran dari resistivitas yang memiliki nilai tinggi sehingga diinterpretasi sebagai lorong Goa Saleh dengan nilai kisaran 1500-2000 Ωm .

Analisis Topografi

Pengukuran topografi bertujuan untuk menggambarkan elevasi morfologi kasrt yang dipengaruhi

proses geologi melalui pengkajian garis kontur. Data pengukuran sebanyak 224 titik dengan batas pengukuran 200 m ke arah utara-selatan dan 300 m ke arah barat-timur dengan koordinat (X,Y,Z) dalam UTM dari tiap titik pengukuran, seperti pada Gambar 8:

Berdasarkan Gambar 8, model kontur yang rapat dan ketinggian dari titik pengambilan data menunjukkan bahwa lokasi karst Goa Saleh terdiri dari perbukitan bentanglahan karst yang tinggi, terjal, dan terpisah antarbukit serta beberapa lekuk lembah. Mulut/*entry* Goa Saleh berada pada koordinat (9441212, 801764) dengan ketinggian 139 m. Adapun beberapa titik yang memiliki kedalaman 136-144 m yang ditunjukkan dengan warna biru yaitu berada pada sisi sebelah barat Goa Saleh. Ketinggian maksimum sebesar 196 m terletak di sebelah timur laut dari Goa Saleh. Adanya variasi elevasi pada bentanglahan karst di lokasi penelitian merupakan salah satu faktor pengontrol, selain pengaruh curah hujan tinggi, intensifnya proses karstifikasi berlangsung terus menerus sehingga mempengaruhi pembentukan saluran atau lorong goa dan aliran sungai bawah tanah.

Analisis Struktur Geologi (Pola Rekahan)

Pengukuran pola rekahan/kekar

dilakukan secara acak meliputi *strike* dan *dip*, panjang, bukaan dan isian kekar. Hasil rekonstruksi sistem rekahan berupa model Diagram Rose (*Rosette plot*) pada Gambar 9, didapatkan dari pengolahan data hasil pengukuran kekar di lokasi penelitian yang diolah dengan menggunakan *software Dips* sehingga didapatkan arah berkisar ke Baratdaya (N245°E) dan Barat laut (N320°E). Dari model Diagram Rosette, dapat disimpulkan bahwa sistem/pola rekahan berarah Baratdaya yaitu N 65° E-N 245° E relatif searah dengan sistem perGoaan yang merupakan lorong kering, dan berarah tenggara ke arah barat laut N 320° E relatif searah dengan sistem perGoaan yang merupakan lorong sungai bawah tanah Goa Saleh.

Pola rekahan permukaan dan bawah permukaan di kawasan karst merupakan zona permeabilitas yang baik untuk tersalurkannya air limpasan permukaan menjadi aliran bawah permukaan. Pola rekahan merupakan salah satu faktor pengontrol keberadaan aliran di bawah permukaan selain sifat larut batuan, ketebalan dan tingkat kekompakan batumannya. Pola rekahan/kekar yang didapatkan di lokasi penelitian berfungsi sebagai daerah imbuan air tanah, sehingga diperkirakan mengendalikan debit air sungai bawah tanah yang mengalir pada saluran/lorong Goa Saleh.

Peta Lorong Goa Saleh

Berdasarkan pengukuran lorong goa, secara garis besar ada tiga besaran fisis yang diperlukan untuk pemetaan goa yakni panjang antar stasiun, sudut kemiringan antar stasiun, dan arah antar stasiun. Dari hasil pengukuran lorong goa, diperoleh bentukan lorong goa Saleh hasil pengolahan data dengan menggunakan *software survex*. Pada Gambar 10 dapat dilihat stasiun tempat merekam data yang diperlukan yang ditandai dengan penomoran tiap stasiun. Panjang lorong goa yakni 200 m dengan nilai kedalaman bervariasi antara 84-130 mdpl. Kedalaman minimum sebesar 84 mdpl yang ditunjukkan dengan warna biru dan kedalaman maksimum sebesar 130 mdpl yang ditunjukkan warna merah yang merupakan mulut goa.

Stasiun 0 merupakan mulut Goa, kemudian stasiun 1-5 merupakan bongkah yang terjadi karena akibat proses geologi. Dari stasiun 5 menuju 6 terdapat percabangan sehingga akan dibedakan menjadi dua nama stasiun yaitu stasiun 6 dan stasiun 6b pada sisi yang satunya. Stasiun 6-7 terdapat lubang sempit dan selanjutnya stasiun 7-10 merupakan tempat yang berlumpur tetapi kering. Stasiun 10-11 merupakan percabangan dua sungai. Sungai pertama yakni pada stasiun 11-12 sedangkan sungai kedua pada stasiun 10-16a, diujung stasiun 16a-17a adalah lokasi yang diduga

terhubung dengan air terjun. Stasiun 12-15 merupakan lokasi yang terletak di samping sungai pertama. Stasiun 5-20b merupakan lorong yang berada dalam kondisi kering dan stasiun 21b merupakan ujung dari lorong kering tersebut. Peta Goa Saleh secara 3 Dimensi (3D) diperlihatkan pada gambar di bawah ini:

Identifikasi saluran bawah permukaan Goa Saleh bentuk 3 dimensi kawasan karst Maros dilakukan dengan mengkompilasi hasil pengukuran lorong Goa, morfologi permukaan atas Goa dan penampang resistivitas batuan. Dari ketiga acuan data tersebut maka akan terlihat bagaimana kecocokan dari pengukuran lorong Goa, morfologi dan resistivitas dengan metode geolistrik konfigurasi Wenner-Schlumberger.

Kompilasi Morfologi, Lorong Goa dan Resistivitas 3D

Pada Gambar 12 merupakan simulasi 3D hasil kompilasi dari lorong goa, morfologi dan resistivitas yang diolah dengan perangkat *Voxler*. Tujuan dari kompilasi tersebut yaitu untuk mengidentifikasi sistem/saluran pada kawasan karst Goa Saleh dengan menemukan kecocokan dari tiga pengukuran tersebut. Pada Gambar 13 membandingkan antara lorong Goa dan nilai resistivitas untuk mengidentifikasi

sistem Goa dengan menggunakan nilai resistivitas yang tinggi.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini berdasarkan analisis dan interpretasi data adalah:

1. Data pengukuran geolistrik dan data pemetaan Goa Saleh menunjukkan bahwa alur Goa dapat teridentifikasi melalui nilai resistivitas yang sangat tinggi berkisar $\rho > 2000 \Omega m$. Diketahui bahwa panjang lorong Goa Saleh yakni sekitar 200 mdengan kedalaman bervariasi antara 84-130 mdpl. Saluran sungai bawah tanah teridentifikasi pada kedalaman 84-110 mdpl dan mengalir dari arah Tenggara menuju arah Barat laut.

2. Analisis pola rekahan dan peta morfologi di lokasi penelitian didapatkan arah dominan dari system atau pola rekahan berarah tenggara ke arah barat laut $N 320^\circ E$ relatif searah dengan sistem pergoaan yang merupakan saluran sungai bawah tanah Goa Saleh. Kondisi morfologi permukaan yang terdiri atas lereng tinggi, terjal, serta lekuk lembah yang sangat berperan dalam proses peresapan (*infiltrasi*) air limpasan permukaan (*run off*) sehingga diperkirakan ikut mempengaruhi pelarutan yang intensif dan adanya pembentukansistem pergoaan dalam hal ini saluran sungai bawah tanah di Goa Saleh.

DAFTAR PUSTAKA

- Bonacci, O. 2009. Sinking, Losing and Underground Karst Streamflows. Sustainability of The Karst Environment. Dinaric Karst And Other Karst Region. IHP-VII Series on Groundwater No.2,9-16.
- Dinas Pertambangan dan Energi. 2004. Peta Hidrogeologi Kabupaten Maros Dan Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan.
- Haryono, E dan Adji., 2004. Geomorfologi dan Hidrologi Karst. Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada.
- Hiscock, K. M. 2005. Physical Hydrogeology. Hydrogeology Principles and Practice. Blackwell Publishing, hal 28-29.
- Husein, dkk., 2007. Morfotektonik Pembentukan Karst Maros Sulsel. Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada.
- Milanovic, P.J., 1981. Karst Hydrogeology. Water Resource Publications.
- Noor, D., 2011. Geologi untuk Perencanaan. Yogyakarta, Graha Ilmu.
- Raguz, V. 2008. Karst And Waters In It. A Literature Study on Karst in General and on Problems and Possibilities of Water Management in Karst in Particular. Science Centre. Physical Geography

- and Ecosystems Analysis,
Lund University.Sölvegatan
12 S-223 62 Lund, Sweden.
- Ritter, D.F., 1978, Process
Geomorphology,Wm.C.Brown,
Dubuque. Iowa.
- Setiawan, T., Brahmantyo, B.,
Irawan, D. E. 2008.Analisis
Kelurusan Morfologi Untuk
Interpretasi Hidrogeologi Kars
Cijulang, Kabupaten Ciamis,
Provinsi Jawa Barat.
Prosiding PIT IAGI ke 37,
Hotel Horison. Bandung.
- Sukamto, R. A. B., Supriatna, S.
A.. M. 1982. Peta Geologi
Lembar Ujung Pandang,
Benteng dan Sinjai. Direktorat
Geologi, Departemen
Pertambangan Republik
Indonesia bekerjasama
dengan USGS.
- Sunarto., 1997. Paleogeomorfologi
dalam Analisis Perubahan
Lingkungan Kompleks Goa
Karst Maros Sulawesi
Selatan. Majalah Geografi
Indonesia 19(11): 31-51.