

# Identifikasi Sistem Sungai Bawah Tanah Daerah Karst Menggunakan Metode Very Low Frequency, Pacitan

Ikmal Amrin, M Singgih Purwanto, Widya Utama, dan Ayi Syaeful B

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

e-mail: zink\_ok@ce.its.ac.id

**Abstrak**—Daerah Pacitan merupakan wilayah perbukitan dengan topografi tinggi dan curam, hanya beberapa tempat yang berupa dataran, Pacitan didominasi oleh batuan karst, daerah karst memiliki sistem drainase yang unik dimana sistem drainase air berada dibawah permukaan, pada musim penghujan air akan masuk ke jaringan ponor-ponor dibawah permukaan menuju system sungai bawah tanah. Kompleksitas daerah karst memerlukan metode geofisika khusus untuk mengidentifikasi kemenerusan sistem sungai bawah tanah, salah satunya metode VLF. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kemenerusan sistem bawah tanah daerah Karst, Pacitan. Hasil penelitian ini diperoleh nilai Rapat Arus Ekuivalen, dimana nilai Rapat Arus Ekuivalen sebanding dengan konduktifitas dan berbanding terbalik dengan resistifitas, nilai anomali tinggi dianggap sebagai rongga berisikan air.

**Kata Kunci**—VLF, Rapat Arus Ekuivalen, Sistem Sungai Bawah Tanah.

## I. PENDAHULUAN

**D**ESA Sekar Kecamatan Punung merupakan daerah yang didominasi karst, daerah karst pada umumnya memiliki permasalahan kekeringan pada musim kemarau. Karst merupakan suatu kawasan yang memiliki karakteristik relief dan drainase yang khas, terutama disebabkan oleh derajat pelarutan batu-batuan yang intensif. Sistem drainase/tata air kawasan karst sangat unik karena didominasi oleh drainase bawah permukaan, dimana air permukaan sebagian besar masuk ke jaringan sungai bawah tanah melalui ponor ataupun inlet. Berdasarkan kondisi tersebut pada musim penghujan, air hujan yang jatuh ke daerah karst tidak dapat tertahan di permukaan tanah tetapi akan langsung masuk ke jaringan sungai bawah tanah melalui ponor tersebut (Karunia dkk, 2012). Kompleksitas permasalahan di daerah karst memerlukan metode geofisika yang khusus. Salah satu metode geofisika yang didapat dimanfaatkan untuk keperluan eksplorasi daerah karst adalah metoda VLF, metode VLF memanfaatkan gelombang radio berkisar 10-30KHz

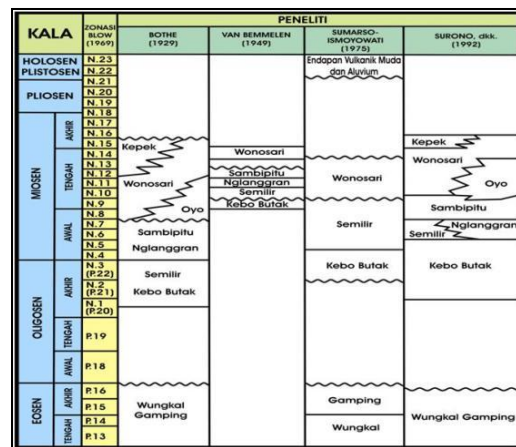
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Daerah Penelitian

Karst Daerah Pacitan merupakan bagian dari sistem pegunungan karst selatan jawa, yang membentang dari Jogjakarta sampai dengan Pacitan di Jawa Timur. Zona

Pegunungan Selatan di Jawa Timur ini merupakan blok yang terangkat dan miring ke arah selatan. Zona ini dibatasi oleh escarpment yang cukup kompleks di sebelah utaranya. Wilayah antara Parangtritis dan Pacitan merupakan wilayah karst yang disebut Gunung Sewu atau pegunungan seribu dengan luas sekitar 1400 km<sup>2</sup>. Sedangkan wilayah antara Pacitan dan Popoh tersusun oleh batuan gamping dan batuan hasil aktifitas vulkanik asam-basa seperti granit, andesit dan dasit. [1]

Pacitan merupakan salah satu kabupaten yang terletak di pantai selatan jawa timur dengan koordinat 110° 55' 11,25" BT dan 7°55'8,17" LS. Kabupaten ini memiliki luas sebesar 138987,16 Ha yang terdiri sebagian besar berupa perbukitan karst menyebar di seluruh wilayah kabupaten Pacitan dan jurang terjal yang termasuk dalam deretan Gunung Sewu, sedangkan selebihnya merupakan dataran rendah.



Gambar 1. Tatanan Stratigrafi Pegunungan Selatan [2]

Formasi ini oleh Surono dkk., (1992) dijadikan satu dengan Formasi Punung yang terletak di Pegunungan Selatan bagian timur karena di lapangan keduanya sulit untuk dipisahkan, sehingga namanya Formasi Wonosari Punung. Formasi ini tersingkap baik di daerah Wonosari dan sekitarnya, membentuk bentang alam Subzona Wonosari dan topografi karts Subzona Gunung Sewu. Ketebalan formasi ini diduga lebih dari 800 meter. Kedudukan stratigrafinya di bagian bawah menyebar dengan Formasi Oyo, sedangkan di bagian atas menyebar dengan Formasi Kepek. Formasi ini didominasi oleh batuan karbonat yang terdiri dari batugamping berlapis dan batugamping terumbu. Sedangkan sebagaian sisipan adalah napal. Sisipan tuf hanya terdapat di bagian timur.

Berdasarkan kandungan fosil pada Formasi Wonosari, fosil foraminifera besar dan kecil yang melimpah, diantaranya *Lepidocyclina sp.* dan *Miogyopsina sp.*, diperkirakan umur formasi ini adalah Miosen Tengah hingga Pliosen. Lingkungan pengendapannya adalah laut dangkal (zona neritik) yang mendangkal ke arah selatan.

### B. Geomorfologi

Karst berasal dari bahasa Slovenia Kras yang berarti lahan gersang berbatu. Ford dan Williams (1989) mendefinisikan karst sebagai medan dengan kondisi hidrologi yang khas akibat dari batuan yang mudah larut dan mempunyai porositas sekunder yang berkembang baik. Karst dapat diketahui oleh ciri-ciri sebagai berikut :

1. Terdapat cekungan tertutup atau lembah kering dalam berbagai ukuran dan bentuk
2. Terdapat goa dari sistem drainase bawah tanah
3. Drainase atau sungai permukaan langka

Proses pembentukan karst atau karstifikasi didominasi oleh proses pelarutan. Proses pelarutan diawali oleh larutnya  $\text{CO}_2$  di dalam air membentuk  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Larutan  $\text{H}_2\text{CO}_3$  tidak stabil terurai menjadi  $\text{H}^+$  dan  $\text{HCO}_3^{2-}$ . Ion  $\text{H}^+$  kemudian menguraikan  $\text{CaCO}_3$  menjadi  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{HCO}_3^{2-}$ .

Proses karstifikasi dipengaruhi oleh dua kelompok faktor yaitu faktor pengontrol dan faktor pendorong. Faktor pengontrol berfungsi menentukan keberlangsungan proses karstifikasi, sedangkan faktor pendorong berfungsi menentukan kecepatan dan kesempurnaan proses karstifikasi.

Faktor pengontrol:

- Batuan mudah larut, kompak, tebal, dan mempunyai banyak rekahan
- Curah hujan yang cukup (>250 mm/tahun)
- Batuan terekspos di ketinggian yang memungkinkan perkembangan sirkulasi air secara vertikal

Faktor pendorong :

- Temperatur
- Penutupan lahan

### C. Metode VLF

Metode elektromagnetik biasanya digunakan untuk eksplorasi benda-benda konduktif. Perubahan komponen medan akibat variasi konduktivitas dimanfaatkan untuk menentukan struktur bawah permukaan. Medan elektromagnetik yang digunakan dapat diperoleh dengan sengaja membangkitkan medan elektromagnetik di sekitar daerah observasi. Pengukuran semacam ini disebut teknik pengukuran aktif. Metode ini kurang praktis dan daerah observasi dibatasi oleh besarnya sumber yang dibuat. Teknik pengukuran lain adalah teknik pengukuran pasif. Teknik ini memanfaatkan medan elektromagnetik yang berasal dari sumber yang tidak sengaja dibangkitkan. Gelombang elektromagnetik seperti ini berasal dari alam dan dari pemancar frekuensi rendah (15-30 kHz)-teknik ini lebih praktis dan mempunyai jangkauan daerah pengamatan yang luas (Santos, 2006).

### D. Rapat Arus Ekuivalen

Rapat arus ekuivalen terdiri dari arus yang menginduksi konduktor dan arus yang terkonsentrasi dalam konduktor dari daerah sekelilingnya yang kurang konduktif. Asumsi untuk menentukan rapat arus yang menghasilkan medan magnetik yang identik dengan medan magnetik yang diukur. Secara teori, kedalaman semua rapat arus ekuivalen memberikan gambaran indikasi tiap-tiap kedalaman variasi konsentrasi arus.

$$\frac{\Delta Z}{2\pi} I_a \left( \frac{\Delta x}{2} \right) = -0.205H_{-2} + 0.323H_{-1} - 1.446H_0 + 1.446H_{+1} - 0.323H_{+2} + 0.205H_{+3}$$

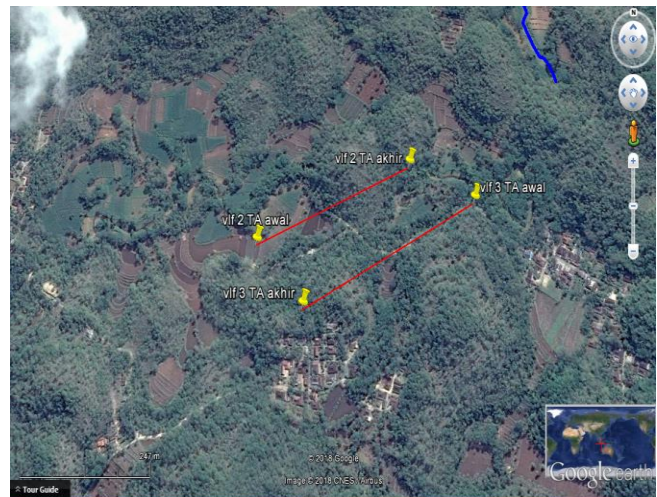
(2.6)

Persamaan filter linear (Karus dan Hjelt) di atas adalah persamaan untuk menentukan rapat arus ekuivalen dan merupakan filter terpendek yang memberikan kesalahan kurang dari 8% untuk medan dari lintasan arus tunggal.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di area Kuniran, Pacitan dengan koordinat 498304 m E, 9100386 m S. Terdapat dua lintasan yang diukur dengan panjang 350 meter dan 400 spasi antar elektroda 10 meter.



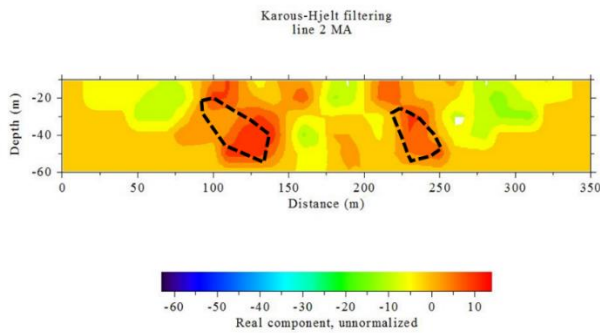
Gambar 2. Lokasi penelitian

### B. Alur pengerjaan

Penelitian ini dimulai dengan mengukur data tilt dan elips dengan arah antenna selatan di lokasi penelitian. Data yang dihasilkan lalu diolah menggunakan software Kh.jelt filter dan Surfer untuk menghasilkan penampang Rapat Arus Ekuivalen. Penampang tersebut kemudian diinterpretasi dengan mengidentifikasi nilai Rapat Arus Ekuivalen tinggi dianggap rongga berisi air/ sistem sungai bawah tanah.

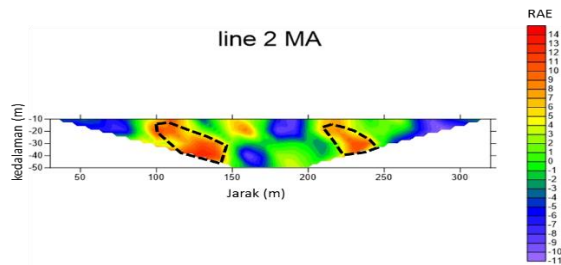
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Lintasan 1



Gambar 3 Hasil Filter K.arous HJelt lintasan VLF 1

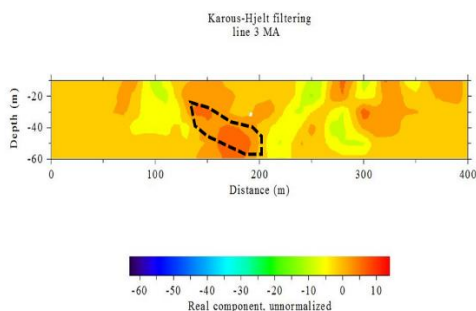
Gambar 3 menjelaskan hasil pengolahan *filter karous hjelt* menggunakan *software Khjelt*, terlihat bahwa anomali yang bersifat konduktivitas tinggi berada pada jarak 100-150 meter dengan perkiraan kedalaman 30-60 meter dan anomali konduktivitas pada jarak 220-240 meter dengan perkiraan kedalaman 30-50 meter. Konduktivitas tinggi diidentifikasi sebagai anomali rongga berisi air/ sistem sungai bawah tanah, Skala *Real component* merupakan skala Rapat Arus Ekuivalen(RAE).



Gambar 4 Penampang RAE surfer lintasan VLF 1

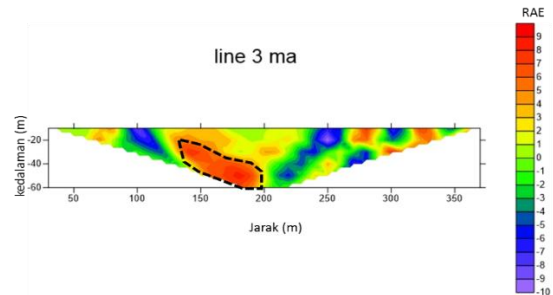
Gambar 4 merupakan penampang RAE dari lintasan VLF 1 berupa anomali konduktivitas tinggi RAE berkisar 7,46-13,58 pada jarak 110-140 meter dengan perkiraan kedalaman 20-40 meter, dan anomali RAE berkisar 6,31-11,22 pada jarak 210-240 meter dengan perkiraan kedalaman 20-30 meter ( warna kuning dan merah).

B. Lintasan 2



Gambar 5 Hasil Filter K.arous HJelt lintasan VLF 2

Gambar 5 menjelaskan hasil pengolahan *filter karous hjelt* menggunakan *software Khjelt*, terlihat bahwa anomali yang bersifat konduktivitas tinggi berada pada 110-190 meter dengan perkiraan kedalaman 30-60 meter dan anomali konduktivitas pada jarak 300-330 meter dengan perkiraan kedalaman 30-50 meter. Konduktivitas tinggi diidentifikasi sebagai anomali rongga berisi air penuh/ sistem sungai bawah tanah dan diduga berupa batuan dalam struktur sungai bawah tanah yang mengalirkan air. Skala *Real component* merupakan skala Rapat Arus Ekuivalen(RAE).



Gambar 6 Penampang RAE surfer lintasan VLF 2

Gambar 6 merupakan penampang RAE dari lintasan VLF 2 berupa anomali konduktivitas tinggi RAE berkisar 5-8,6 pada jarak 150-180 meter dengan perkiraan kedalaman 20-40 meter, dan anomali RAE berkisar 5,8-8,8 pada jarak 280-300 meter dengan perkiraan kedalaman 20-40 meter ( warna kuning dan merah).

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan hasil interpretasi Rapat Arus Ekuivalen setiap Lintasan daerah penelitian, diindikasikan sebagai sistem bawah yang bernilai tanah bernilai Rapat Arus Ekuivalen Tinggi berkisar 4,07-13,96 yang tersebar pada kedalaman 10-50 meter dengan arah timur ke barat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bahri, A.S., B. Jaya, & W. Sugeng. 2009. Pemetaan Sungai Bawah Permukaan di Wilayah Karst Seropan Gunungkidul Menggunakan Metoda Geofisika VLF-EM-vGRAD. Disertasi. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Bemmelen, van, R.W., 1949, The Geology of Indonesia, Martinus Nyhoff, The Haque, Nederland.
- [3] Ford, D. and Williams, P. 1992. Karst Geomorphology and Hydrology, Chapman and Hall, London
- Samodra, dkk. 1992. Geologi regional jawa timur. Link : <http://suarageologi.blogspot.co.id/2010/11/geologi-regiaonal-jawa-timur.html>
- Santos, Fernando A.M. at al. 2006. Mapping groundwater contamination around a landfill facility using a VLF-EM method-A case study. Centro de Geofisika da Universiade lisboa. Lisbon.