

TEKNIK PENDUGAAN SEBARAN POTENSI AIR TANAH DENGAN METODE GEOLISTRIK DI KAWASAN PERKOTAAN

Nanang Saiful Rizal,^{1*}, Totok Dwi Kuryanto^{2*}.

^{1,2} Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Jl. Karimata No.49 Jember – Jawa Timur

[*rizal.nanang@yahoo.co.id](mailto:rizal.nanang@yahoo.co.id), [*totok_dk@yahoo.com](mailto:totok_dk@yahoo.com)

Abstrak

Peningkatan jumlah penduduk, sarana dan prasarana perumahan di Kecamatan Sumpalsari Kabupaten Jember pada tahun 2013 cukup signifikan. Hal ini menyebabkan eksploitasi airtanah meningkat tajam dari 210 liter/detik menjadi 865 liter/detik. Tujuan jangka panjang dalam penelitian ini adalah mengetahui potensi detail airtanah di kawasan perkotaan sehingga diperoleh besaran ambang maksimum eksploitasi airtanah. Adapun target khusus penelitian ini adalah diperolehnya sebaran potensi airtanah 3 dimensi di kawasan perkotaan. Metode pendugaan potensi airtanah dilakukan menggunakan metode geolistrik selanjutnya dilakukan analisa untuk interpretasi kondisi hidrogeologi dengan berbasis komputasi program Ip2Win. Tahapan kegiatannya adalah pengumpulan peta kajian hidrogeologi perkotaan, pendataan curah hujan harian minimal 3 stasiun hujan, penyelidikan lapangan dengan alat geolistrik konfigurasi Schlumberger pada 4 wilayah membujur timur-barat dan utara-selatan, analisa data dan interpretasi di laboratorium dengan komputasi software Ip2Win, pembuatan zonasi sebaran airtanah kawasan perkotaan, perhitungan jumlah besaran eksploitasi airtanah, perhitungan ketersediaan airtanah, perhitungan neraca air, penentuan model konservasi airtanah. Dari hasil penelitian telah diperoleh peta potensi airtanah 2 dimensi dan 3 dimensi di Kawasan Perkotaan Kecamatan Sumpalsari Kabupaten Jember. Dari hasil penelitian ini selanjutnya dapat dilakukan kajian potensi aliran airtanah dan acuan dalam pengelolaan dan eksploitasi airtanah di kawasan perkotaan.

Kata kunci : airtanah, konservasi, model, perkotaan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Eksploitasi airtanah di Kawasan Kecamatan Sumpalsari Kabupaten Jember meningkat cukup tajam dari 420 liter/detik pada tahun 2003 menjadi 1.785 liter/detik pada tahun 2013 (Sumber : Dinas ESDM Kabupaten Jember tahun 2013). Eksploitasi dilakukan melalui pemboran airtanah di beberapa titik baik oleh perorangan, instansi swasta maupun pemerintah. Akibatnya kecenderungan saat ini **terjadi penurunan debit air dan penurunan muka airtanah pada beberapa titik pengeboran** salah satunya di sumur milik PDAM Kabupaten Jember dari debit pengambilan 30 liter/detik menjadi 25 liter/detik sementara muka air mengalami penurunan 1,00 meter pada tahun 2012 (Sumber : PDAM Kabupaten Jember tahun 2012). Demikian pula pertumbuhan penduduk juga meningkat cukup drastis di Kawasan Kecamatan Sumpalsari Kabupaten Jember. Hal ini dapat dilihat dari semakin banyaknya pembangunan perumahan-perumahan baru dan fasilitas-fasilitas pendidikan serta areal industri. Pada tahun 2000 kepadatan penduduk di Kecamatan Sumpalsari adalah 2.990,15 Jiwa/Km² sedangkan pada tahun 2011 adalah 3.400,30 Jiwa/Km² (Sumber BPS Kabupaten Jember tahun 2013), sedangkan di Kecamatan Kaliwates pada tahun 2000 kepadatan penduduknya adalah 2.015 Jiwa/Km² sedangkan pada tahun 2011 adalah 2.950,32 Jiwa/Km² (Sumber BPS Kabupaten Jember tahun 2013).

Adapun jumlah kawasan perumahan meningkat dari 14 kawasan perumahan pada tahun 2001 menjadi 71 kawasan perumahan pada tahun 2012 (Sumber Dinas Cipta Karya Kabupaten Jember) sementara jumlah sarana pendidikan meningkat dari 34 Lembaga pendidikan pada tahun 2003 menjadi 198 lembaga pendidikan pada tahun 2013. Berdasarkan uraian diatas, akibatnya **eksploitasi airtanah pasti bertambah** padahal pembangunan pemukiman dan lainnya berakibat **menurunnya resapan airtanah** sehingga perlu dilakukan model konservasi airtanah agar pengambilan airtanah yang telah dilakukan tidak berdampak pada defisit ketersediaan airtanah

yang jangka panjangnya berakibat terjadinya bencana kekeringan atau kelangkaan airtanah, penurunan kualitas airtanah, serta jangka panjang dapat terjadi *setlemen* atau penurunan lapisan tanah.

Identifikasi Masalah

Dalam melakukan **eksploitasi airtanah** di Kawasan Sumbersari Kabupaten Jember seharusnya terlebih dahulu diidentifikasi **Potensi Aliran Airtanah** sehingga antara eksploitasi atau pengambilan sama dengan *recharge* atau pengisian. Keseimbangan tersebut (neraca air) dapat menyebabkan kelestarian cadangan air bawah tanah dapat dipertahankan dan dampak bencana kekeringan dapat diatasi (M.Bisri, 2003). Upaya pendugaan potensi airtanah harus didukung oleh diantaranya adalah ketersediaan data potensi akuifer sebagai media penyimpan air di bawah permukaan bumi. Namun hingga sementara ini, potensi ketersediaan airtanah yang tersimpan pada akuifer di bawah permukaan bumi di Kabupaten Jember belum diketahui dengan baik, karena penyebaran dan posisi serta dimensi akuifer serta hubungan (koneksitas) antar akuifer belum diketahui dengan baik. Metode geolistrik ini telah terbukti kehandalannya dalam penentuan lapisan pembawa air tanah (akuifer) di bawah permukaan bumi.

Survei geolistrik dapat digunakan untuk menentukan secara tidak langsung keberadaan dan posisi serta dimensi material geologi di bawah permukaan, misalnya: kedalaman material permukaan, kedalaman muka air tanah, lokasi patahan, ketebalan dan evaluasi endapan kerikil atau lapisan lempung (Jhon M. Reynolds, 2003). Metode geolistrik diyakini merupakan metode alternatif dalam usaha penyelidikan hidrogeologi bawah permukaan. Prinsip metode geolistrik yaitu masing-masing material geologi mempunyai tahanan jenis kelistrikan yang berbeda-beda. Tahanan jenis material geologi dipengaruhi oleh kemampuan batuan menyimpan air, kandungan air tanah, porositas dan kualitas air serta jenis material itu sendiri. Selanjutnya dari hasil pendugaan potensi airtanah dapat dihitung neraca air, sehingga dapat ditentukan batas maksimum debit pengambilan airtanah **sehingga dapat disusun Model konservasi airtanah agar kelestarian airtanah dapat dipertahankan dan terhindar dari bencana kelangkaan air**. Asumsi tim peneliti, pada tahun 2012 ketersediaan air tanah mengalami penurunan yang sangat drastis. Hal ini dapat dilihat dari penurunan muka air tanah pada sebagian besar sumur rata-rata sekitar 20 cm/tahun. Disamping itu kualitas air tanah juga mengalami penurunan, hal ini dapat dilihat dari hasil uji laboratorium kualitas air tanah.

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah :

- a. Lokasi penelitian dilakukan di kawasan perkotaan yang ada di Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.
- b. Pendugaan zone air tanah dilakukan menggunakan alat geolistrik, yang selanjutnya di analisa menggunakan komputasi software Ip2Win.

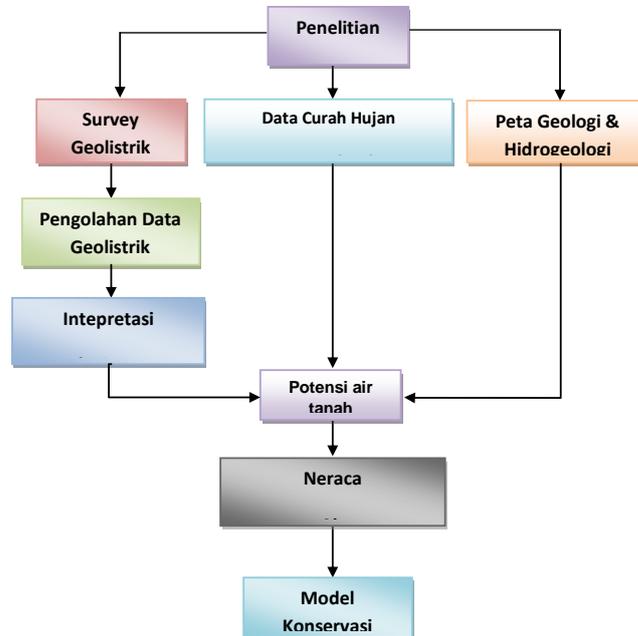
Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui sebaran atau zona kondisi airtanah kawasan padat penduduk di Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.
- b. Mengetahui potensi ketersediaan airtanah kawasan padat penduduk di Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.
- c. Melakukan identifikasi dan kajian tentang total penggunaan atau eksplotasi airtanah kawasan padat penduduk di Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.
- d. Mengetahui model konservasi airtanah sehingga kelestarian airtanah terjaga dan mengantisipasi kekurangan atau kekeringan air.
- e. Sebagai acuan dasar dalam kegiatan pemanfaatan ruang atau penyusunan tata ruang di Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.
- f. Sebagai arahan dalam melakukan kegiatan konservasi lahan dan hutan serta pelestarian airtanah di Daerah Aliran Sungai (DAS) yang ada di Kabupaten Jember.

METODOLOGI

Untuk mendapatkan gambaran zona air tanah dan ketersediaan cadangan air tanah serta sebagai acuan penyusunan model konservasi airtanah dilakukan tahapan penelitian meliputi Pengumpulan peta geologi dan hidrogeologi, pengumpulan data-data hujan, survey geolistrik, pengolahan data geolistrik, interpretasi jenis batuan, kajian potensi airtanah, neraca airtanah, model konservasi airtanah.



Gambar 1. Flowchart tahapan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan Data

Pengambilan data penelitian dapat dilakukan kawasan bebas dan jauh dari pemukiman padat penduduknya, namun kawasannya masih dalam bagian perkotaan dan secara administrasi terletak di kecamatan sumbersari kabupaten jember. Untuk pendugaan air tanah digunakan alat Geolistrik dengan pengolahan data menggunakan software Ip2Win. Di dalam pendugaan menggunakan alat geolistrik ditetapkan pendugaan pada 4 titik saja dengan interval jarak pengambilan data pada jarak 25 m, 50m, 100m, 200m, dan 500m.

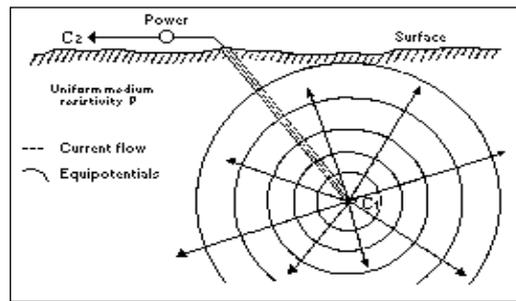
Metode geolistrik merupakan metode yang digunakan untuk mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dengan cara mendeteksinya di permukaan bumi (Anonim, 2004). Pendeteksian ini meliputi pengukuran potensial, arus, dan medan elektromagnetik yang terjadi baik dengan penginjeksian arus maupun secara alamiah. Salah satu metode geolistrik yang sering digunakan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan bumi adalah metode tahanan jenis (resistivitas). Metode geolistrik tahanan jenis ini sendiri dibagi menjadi dua, yaitu :

- Metode Resistivitas *Mapping*.
- Metode Resistivitas *Sounding* (*Vertical Electrical Sounding*).

Kedua metode ini dapat dilakukan dengan salah satu dari beberapa konfigurasi (susunan elektroda) yang ada, konfigurasi tersebut antara lain: Konfigurasi Wenner, Konfigurasi Schlumberger, Konfigurasi Pole-Pole dan Konfigurasi Pole-dipole.

Sebuah elektroda arus yang diletakkan di dalam bumi, C dapat dipandang sebagai sebuah titik arus yang mengalirkan arus listrik ke segala arah (**Gambar 2**). Bidang ekuipotensial disetiap titik dalam bumi membentuk permukaan bola dengan jari-jari r. Besarnya arus dari elektroda C yang mengalir keluar secara radial ke segala arah adalah:

$$I = 4\pi r^2 J = -4\pi r^2 \sigma \frac{dV}{dr} = -4\pi \sigma A \quad (1)$$



Gambar 2. Sumber arus titik dibawah permukaan medium homogen (Telford et al., 2004).

Dari persamaan (1) didapatkan :

$$A = -\frac{I\rho}{4\pi} \tag{2}$$

Sehingga dari persamaan (2) didapatkan :

$$V = \left(\frac{I\rho}{4\pi}\right)\frac{1}{r} \text{ atau } \rho = \frac{4\pi rV}{I} \tag{3}$$

Bidang ekuipotensial dimanapun selalu ortogonal terhadap garis-garis aliran arus, yang membentuk permukaan bola dengan jari-jari oleh $r = \text{konstan}$.

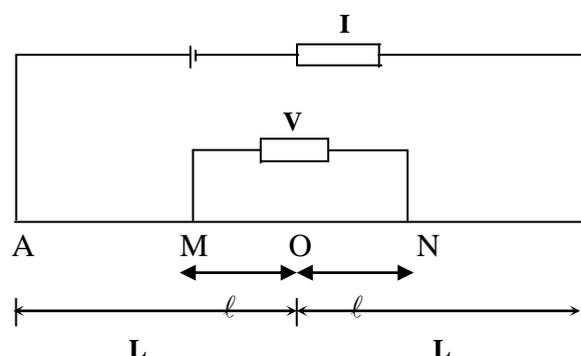
Ada beberapa macam konfigurasi elektroda yang umum digunakan dalam metode geolistrik tahanan jenis diantaranya adalah konfigurasi Wenner, konfigurasi Schlumberger, konfigurasi Pole-pole, konfigurasi Pole-dipole, dan konfigurasi Dipole-dipole. Konfigurasi Schlumberger bertujuan untuk mencatat intensitas medan listrik dengan menggunakan pasangan elektroda pengukur yang berjarak rapat. Pada konfigurasi Schlumberger berlaku $OM = ON = \ell$ dan $OA = OB = L$, sehingga tahanan jenis semunya adalah :

$$\rho_s = K_s \frac{\Delta V}{I} \tag{4}$$

dengan

$$K_s = \frac{\pi(L^2 - \ell^2)}{2\ell} \tag{5}$$

Pada konfigurasi Schlumberger jarak elektroda potensial relatif jarang diubah-ubah meskipun jarak elektroda arus selalu diubah-ubah. Hanya harus diingat bahwa jarak antar elektroda arus harus jauh lebih besar dibanding jarak antar elektroda potensial selama melakukan perubahan spasi elektroda. Dalam hal ini, selama pembesaran jarak elektroda arus, jarak elektroda potensial tidak perlu diubah. Hanya jika jarak elektroda arus relatif sudah cukup besar maka jarak elektroda potensial perlu diubah.



Gambar 3. Konfigurasi Schlumberger.

Lokasi Penelitian dan Uji Geolistrik

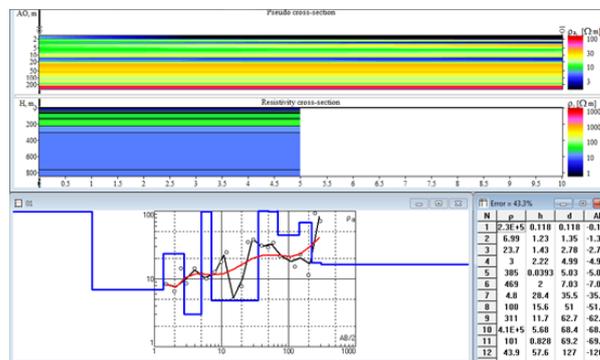
Lokasi penelitian dilakukan di 4 titik yaitu di Akbid Bina Husada Jember (titik-1), Gor Politeknik Negeri Jember (titik-2), RRI Jember (titik-3) serta markas Polisi Militer Jember (titik-4).

Tabel 1. Hasil pengujian geolistrik titik-1

a/2 L/2	0,5	5,0	10	25	V	I	RHO (v/i)*k
1.5	6,28				0,866	78,000	0,070
2.0	11,8				0,436	79,000	0,065
2.5	18,8				195,600	70,000	52,533
3.0	27,5				3,800	75,000	1,393
4.0	49,5				63,000	73,000	42,719
5.0	77,8				19,300	61,000	24,615
6.0	122,3				5,200	64,000	9,937
8.0	200,3				4,500	62,000	14,538
10.0	313,4				4,100	73,000	17,602
12.0	451,6				4,100	76,000	24,363
15.0	706,1	62,8			4,200	89,000	2,964
20.0	1255	177,8			2,000	61,000	5,830
25.0	1962	188,5			10,300	56,000	34,671
30.0	2826	274,9	125,7		22,400	75,000	37,542
40.0	5025	494,8	236,6		40,600	315,000	30,495
50.0	7853	777,5	377		31,450	410,000	28,919
60.0	11309	1123	549,8		23,500	378,000	34,181
75.0	17671	1759	867,9	314,1	26,550	381,000	21,888
100	31415	3133	1555	589	9,150	262,000	20,570
125		4900	2438	942,5	2,700	168,000	15,147
150		7060	3518	1374	2,300	141,333	22,360
200		12558	6267	2474	1,650	366,000	11,153
250		19627	9800	3887	11,950	506,000	91,798
300		28266	14121	5615	6,367	504,000	70,930

Hasil Pengolahan Data

Pengolahan Data Dengan Menggunakan Program Software Ip2Win yang berlokasi di titik-1 disajikan pada gambar 4.



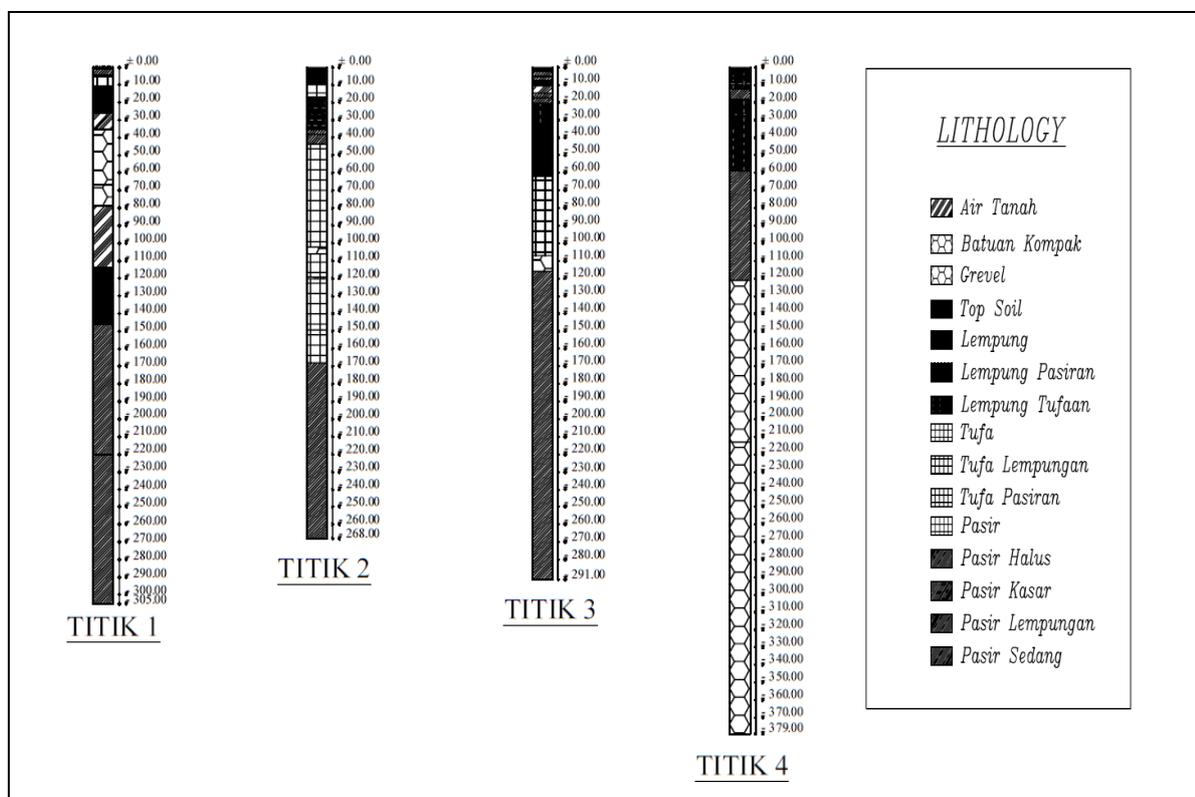
Gambar 4. Tampilan hasil dalam program Ip2Win

Interpretasi Hasil Pendugaan

Setiap batuan memiliki karakteristik nilai resistivitas tersendiri, jadi batuan yang satu dengan yang lain akan memiliki nilai resistivitas yang berbeda. Dengan berbedanya nilai resistivitas dari setiap batuan ini dapat dijadikan acuan untuk menentukan jenis batuan tertentu dengan nilai resistivitas yang tertentu pula. Pengolahan data dengan menggunakan Software IP2WIN menghasilkan nilai resistivitas batuan (lapisan tanah) pada kedalaman tertentu, dengan adanya nilai resistivitas dapat ditentukan batuan apa yang ada pada satu titik pengukuran. Dengan terdefinisinya batuan dititik tersebut akan dapat ditentukan letak aquifer air bawah tanah di satu titik. Aquifer air bawah tanah akan terjadi jika ada lapisan tanah yang amemiliki permeabilitas tinggi diatas atau diantara lapisan kedap air. Lapisan tanah yang kedap air contohnya adalah batuan lempung dan lapisan yang dapat dialiri air (memiliki permeabilitas tinggi) adalah batuan pasir. Hasil interpretasi batuan pada titik-1 sebagai berikut :

- Lapisan 1 : $\rho = 2.8E+5$; Top Soil
- Lapisan 2 : $\rho = 5.21$; Lempung Lanauan Basah Lembek

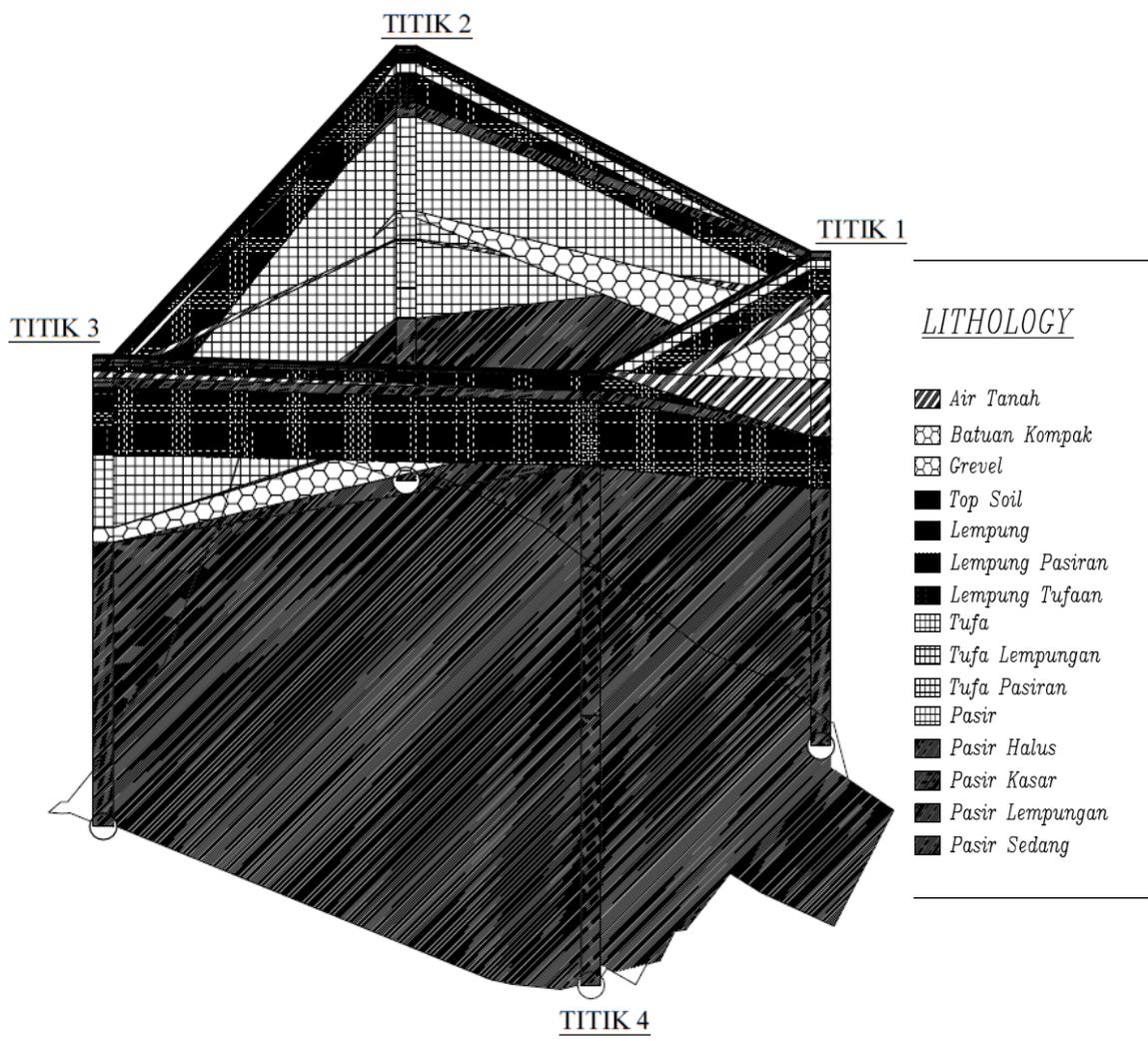
- Lapisan 3 : $\rho = 13.8$; Tanah Lanauan, Pasiran
- Lapisan 4 : $\rho = 1.42$; Tanah Lempung, Basah Lembek
- Lapisan 5 : $\rho = 520$; Batuan Dasar Tanah Kering
- Lapisan 6 : $\rho = 171$; Batuan Dasar berkekar terisi anah Lembab
- Lapisan 7 : $\rho = 2.48$; Tanah Lempung, Basah Lembek
- Lapisan 8 : $\rho = 100$; Air Tanah
- Lapisan 9 : $\rho = 14580$; Batuan Dasar
- Lapisan 10 : $\rho = 4512$; Batuan Dasar
- Lapisan11 : $\rho = 101$; Air Tanah
- Lapisan12 : $\rho = 43.9$; Tanah Lempung
- Lapisan13 : $\rho = 43.9$; Tanah Lempung
- Lapisan14 : $\rho = 54.4$; Tanah Lempung
- Lapisan15 : $\rho = 17.3$; Tanah Pasiran
- Lapisan16 : $\rho = 16,2$; Tanah Pasiran



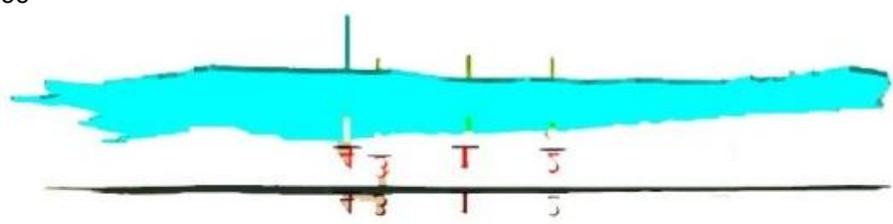
Gambar 5. Tampilan hasil interpretasi batuan pada 4 titik (Skala 1 : 100)

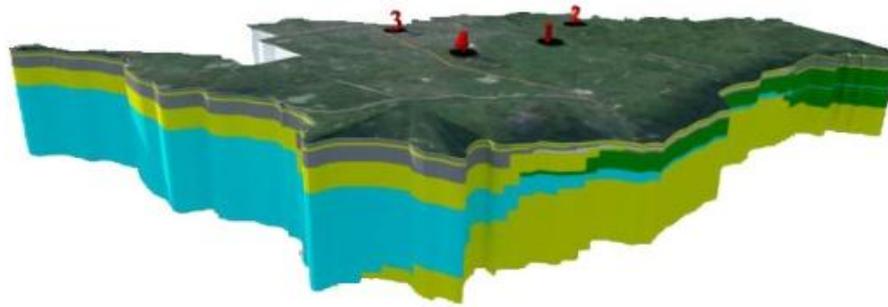
Adapun hasil yang sudah dicapai dari penelitian teknik pendugaan airtanah dengan geolistrik dan upaya konservasi airtanah di kawasan perkotaan adalah :

- a. Interpretasi batuan pada 4 titik survey geolistrik sudah dilakukan
- b. Hasil interpretasi setiap titik kemudian dihubungkan sehingga diperoleh profil potongan 2 dimensi interpretasi batuan
- c. Hasil interpretasi pada bidang 2 dimensi kemudian digabungkan sehingga diperoleh profil potongan 3 dimensi interpretasi batuan kawasan Kecamatan Sumpalsari Kabupaten Jember.



Skala 1 : 100





Gambar 6. Tampilan hasil interpretasi 3D Kecamatan Sumber Sari

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari kegiatan penelitian ini diuraikan sebagai berikut :

- a. Peta sebaran potensi airtanah secara 2 dimensi dan 3 dimensi telah dibuat berdasarkan hasil uji geolistrik pada 4 titik pengamatan dengan struktur geologi secara umum terdiri dari lempung, tufa, batuan keras.
- b. Terdapat potensi airtanah dengan 3 lapisan akuifer tertekan sampai dengan kedalaman 250 meter dengan potensi debit airtanah sebesar $1.766 \text{ m}^3/\text{det}$.
- c. Untuk keperluan eksploitasi airtanah harus mempertimbangkan ketersediaan airtanah dikawasan perkotaan agar kelestariannya dapat terus terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, *Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal)*, Bogor , 2004
- Anonim, *Studi Penelitian dan Penyiapan Tata Ruang Wilayah GKS Plus*, Laporan Pendahuluan, 2007
- Bisri M., 2003, *Aliran Airtanah*, UPT Unibraw : Malang
- Jhon M. Reynolds, 2003, *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, Jhon Wiley & Sons.
- Kodoatie R.J, 2003, *Pengantar Hidrogeologi*, Penerbit Andi : Yogyakarta.
- Koefoed, O, 2005, *Geosounding Principles, Resistivity Sounding Measurement*, Elsevier, Amsterdam.
- Sharma, P.V, 2003, *Environmental and Engineering Geophysics*, Cambridge University Press. Cambridge.
- Sihwanto, 2006, *Evaluasi Potensi Air Tanah Daerah Maumere, Sikka, Flores, Nusa Tenggara Timur*, Departemen Pertambangan dan Energi, Bandung.
- Telford W.M, 2005, *Applied Geophysics Second Edition*, Cambridge University Press.
- Anonim, 2007, *Desain Embun dan Kolam Penampung Air*. DPU.