

IDENTIFIKASI POTENSI AKUIFER BERDASARKAN METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS PADA DAERAH KRISIS AIR BERSIH DI KOTA SEMARANG

Octaviani Sarmauli¹⁾, Agus Setyawan¹⁾, Dwiyanto JS²⁾

¹⁾ Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

²⁾ Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

Email: octavianisarmauli@st.fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

Semarang city has a unique geological rock formations constituent layers in each region. The uniqueness of the identification of the presence of groundwater show that is different. Groundwater reserves in fulfilling the water equipments decreasing due to population growth, industrial growth and infrastructure development. This study aims to identify potential of aquifer to know the type of lithology layers, thickness and depth. The method used in this research is a geoelectric resistivity Schlumberger configurations with measurement points are Cangkiran, Cepoko, Ngadirgo, Gunungpati, Pakintelan, Pesantren, Tandang and Rowosari. The results suggest the potential for aquifer interpretations are based on the value of resistivity $19,6 \Omega\text{m} - 92,5 \Omega\text{m}$ with lithology as a sandstone. The aquifer grouped into the deep aquifer and the shallow aquifer. Deep aquifer has range of depth between 50-100 meters on point CA-3, CA-4, CE-1, CE-2, NG-2 and TA-1. Shallow aquifer has range of depth between 10-4 meters on point of GP, NG-1, PA, PE and RO.

Keywords: aquifer, geoelectric, Schlumberger

ABSTRAK

Kota Semarang secara geologi memiliki keunikan formasi batuan penyusun lapisan pada setiap daerah. Keunikan tersebut menunjukkan identifikasi keberadaan air tanah yang berbeda-beda. Cadangan air tanah dalam memenuhi kebutuhan air bersih semakin menurun akibat pertambahan jumlah penduduk, pertumbuhan industri dan peningkatan pembangunan infrastruktur. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi akuifer dengan mengetahui jenis litologi lapisan, ketebalan dan kedalamannya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Schlumberger* dengan titik pengukuran berada di Cangkiran, Cepoko, Ngadirgo, Gunungpati, Pakintelan, Pesantren, Tandang dan Rowosari. Hasil interpretasi menunjukkan adanya potensi akuifer didasarkan pada nilai tahanan jenis $19,6 \Omega\text{m} - 92,5 \Omega\text{m}$ dengan litologi berupa batupasir. Keberadaan akuifer tersebut dikelompokkan menjadi akuifer dalam dan akuifer dangkal. Akuifer dalam yang mempunyai kedalaman antara 50-100 meter berada pada titik CA-3, CA-4, CE-1, CE-2, NG-2 dan TA-1. Akuifer dangkal yang mempunyai kedalaman antara 10-40 meter berada pada titik GP, NG-1, PA, PE dan RO.

Kata kunci: akuifer, batupasir, geolistrik, Schlumberger

PENDAHULUAN

Sumber daya air merupakan bagian dari sumber daya alam yang memiliki peranan penting bagi keberlangsungan hidup manusia. Airtanah di suatu wilayah memiliki batas aman pengambilan yang memungkinkannya tetap lestari sehingga pemanfaatannya tetap harus dilakukan di bawah jumlah tertentu [1]. Kota Semarang masih memanfaatkan air bawah tanah dalam berbagai kegiatan untuk memenuhi kebutuhan air. Hal tersebut dikarenakan kebutuhan air bersih dengan pengelolaan air permukaan belum dapat terpenuhi dengan maksimal. Akan tetapi cadangan air

bawah tanah di wilayah kota Semarang semakin menurun seiring pertambahan jumlah penduduk, pertumbuhan industri dan peningkatan pembangunan infrastruktur semakin pesat.

Berdasarkan permasalahan di atas, perlu dilakukan penelitian mengenai potensi keberadaan airtanah pada daerah kekurangan air bersih. Permasalahan tersebut dapat diketahui dengan menggunakan metode pengukuran tahanan jenis airtanah yang disebut geolistrik.

D**Kondisi Geologi Kota Semarang**

Kondisi geologi kota Semarang berdasarkan peta geologi lembar Magelang dan Semarang [2], susunan stratigrafinya adalah

a. Alluvium (Qa)

Formasi aluvium merupakan endapan alluvium pantai, sungai dan danau. Endapan pantai litologinya terdiri dari lempung, lanau, pasir dan campuran dengan ketebalan mencapai 50 m atau lebih.

b. Batuan Api Gajah Mungkur (Qhg)

Batuannya berupa lava andesit, berwarna abu-abu kehitaman, berbutir halus, holokristalin, komposisi terdiri dari feldspar, homblende dan augit, bersifat keras dan kompak.

c. Batuan Gunung Api Kali Gesik (Qpk)

Batuannya berupa lava basalt, berwarna abu-abu kehitaman, halus, komposisi mineral

d. Formasi Jongkong (Qpj)

Breksi andesit homblende augit dan aliran lava, sebelumnya disebut batuan gunung api ungaran lama. Breksi andesit berwarna coklat kehitaman, komponen berukuran 1-50 cm.

e. Formasi Damar

Batuannya terdiri dari batu pasir tufaan, konglomerat dan breksi volkanik. Batu pasir tufaan berwarna kuning kecoklatan berwarna berbutir halus-kasar, komposisi terdiri dari mineral mafik, feldspar dan kuarsa dengan masa dasar tufaan, porositas sedang keras.

f. Formasi Kali Getas (Qpkg)

Batuannya terdiri dari breksi dan lahar dengan sisipan lava dan tufa halus sampai kasar, setempat di bagian bawahnya ditemukan batu lempung mengandung moluska dan batu pasir tufaan.

g. Formasi Kalibening (Tmkl)

Batuannya terdiri dari napal, batu pasir tufaan dan batu gamping. Napal berwarna abu-abu kehijauan hingga kehitaman.

h. Formasi Kerek (Tmkl)

Perselingan batu lempung, napal, batu pasir tufaan, konglomerat, breksi volkanik dan batu gamping.

Airtanah

Airtanah adalah air yang bergerak dalam tanah yang terdapat di dalam ruang-ruang antara butir-butir tanah dan didalam retak-retak dari batuan [3]. Keberadaan airtanah sangat tergantung besarnya curah hujan dan besarnya air yang dapat meresap ke dalam tanah. Faktor lain yang mempengaruhi adalah kondisi litologi (batuan) dan geologi setempat.

Airtanah adalah bagian dari air yang ada dibawah permukaan tanah (*sub-surface water*), yakni yang berada di zona jenuh air (*zone of saturation*). Keterdapatannya airtanah pada zona jenuh akan mengisi ruang-ruang antara butir batuan rongga-rongga batuan.

• *Akuifer (aquifer)*

Suatu lapisan atau kelompok formasi satuan geologi yang *permeable* baik yang terkonsolidasi (lempung) maupun yang tidak terkonsolidasi (pasir), mempunyai suatu besaran konduktivitas hidraulik sehingga dapat membawa air dalam jumlah (kuantitas) ekonomis.

• *Aquiclude (lapisan kedap air)*

Suatu lapisan, formasi, atau kelompok formasi satuan geologi yang kedap air (*impermeable*) dengan nilai konduktivitas hidraulik yang sangat kecil sehingga tidak memungkinkan air untuk melewatinya. Dapat dikatakan juga merupakan lapisan pembatas atas dan bawah suatu *confined aquifer*. Lempung adalah salah satu jenis dari *aquiclude*.

• *Aquitard (semi impervious layer)*

Suatu lapisan, formasi, atau kelompok formasi satuan geologi yang *permeable* dengan nilai konduktivitas hidraulik yang kecil namun masih memungkinkan air melewati lapisan ini walaupun dengan gerakan yang sangat lambat. Dapat dikatakan juga merupakan lapisan pembatas atas dan

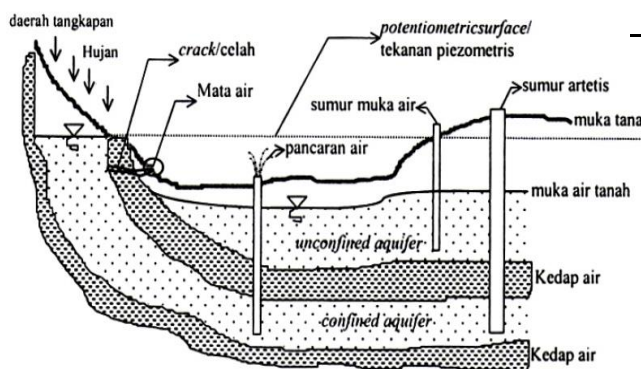
bawah suatu *semi confined aquifer*, misalnya lempung pasir.

- **Akuifug**
 Suatu lapisan formasi atau kelompok formasi satuan geologi yang relatif kedap air, yang tidak mengandung ataupun dapat mengalirkan air (air sama sekali tidak dapat melewatinya), misalnya adalah batu granit.

Lapisan Akuifer

Aliran airtanah dapat dibedakan dalam aliran akuifer bebas (*unconfined aquifer*) atau akuifer tertekan (*confined aquifer*) [4]. Gambar 1 menunjukkan aliran airtanah pada suatu daerah yang terdiri atas aliran tertekan dan aliran bebas.

- **Akuifer tertekan (*confined aquifer*)**
 Akuifer tertekan merupakan lapisan rembesan yang mengandung kandungan airtanah yang bertekanan lebih besar dari tekanan udara bebas atau tekanan atmosfer, karena bagian bawah dan atas dari akuifer ini tersusun dari lapisan kedap air (biasanya tanah liat). Muka airtanah dalam kedudukan ini disebut pisometri, yang dapat berada diatas maupun dibawah muka tanah. dalam kondisi demikian disebut artosis atau atesis.



Gambar 1. Akuifer tertekan dan akuifer bebas

- **Akuifer bebas atau tak tetekan (*unconfined aquifer*)**
 Akuifer bebas merupakan lapisan rembesan air yang mempunyai lapisan

dasar kedap air, tetapi bagian atas muka airtanah lapisan ini tidak kedap air, sehingga kandungan airtanah yang bertekanan sama dengan tekanan udara bebas atau tekanan atmosfer.

Tahanan Jenis Batuan

Apabila ditinjau pada sebuah silinder yang mempunyai panjang L (m), luas penampang A (m), tahanan jenis ρ (Ωm), maka dapat dirumuskan persamaan 1.

$$R = \rho \frac{L}{A} \tag{1}$$

Secara fisis rumus tersebut dapat diartikan jika panjang silinder konduktor (L) dinaikkan, maka resistansi akan meningkat. Apabila luas penampang (A) berkurang maka resistansi juga meningkat, dengan ρ adalah resistivitas (tahanan jenis) dalam Ωm. Perumusan resistansi yang ditunjukkan pada persamaan 2 menurut hukum Ohm.

$$R = \frac{V}{I} \tag{2}$$

Hukum Ohm digunakan dalam persamaan 3 untuk mencari nilai resistivitas.

$$\rho = \frac{VA}{IL} \tag{3}$$

Material bumi memiliki variasi harga resistivitas yang ditunjukkan dalam Tabel 1 **Tabel 1.** Nilai resistivitas batuan dan mineral bumi

Bahan	Resistivitas (Ωm)
Udara (di muka bumi)	~
Kwarsa	4x10 ¹⁰ s/d 2x10 ⁻¹⁴
Kalsit	1x10 ¹² s/d 1x10 ¹³
Batuan garam	30 s/d 1x10 ¹³
Basalt	10 s/d 1x10 ⁷
Batuan gamping	50 s/d 1x10 ⁷
Batuan pasir	1 s/d 1x10 ⁸
Pasir	1 s/d 10 ³
Lempung	1 s/d 10 ²
Airtanah	0,5 s/d 3x10 ²
Air laut	0,2

Metode Geolistrik Schlumberger

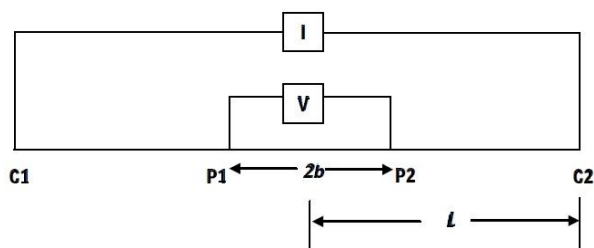
Metode geolistrik merupakan salah satu metode untuk penyelidikan tanah di bawah

permukaan bumi. Metode ini memiliki kelebihan baik dalam hal akurasi, lebih murah dan cepat. Prinsipnya yaitu mengamati perlapisan batuan berdasarkan perbedaan sifat konduktifitas batuan atau mengamati adanya anomali yaitu perbedaan besaran fisis dari suatu batuan di bawah permukaan bumi. Besaran fisis metode geolistrik tahanan jenis adalah sifat listrik [5].

Berdasarkan letak (konfigurasi) elektroda-elektroda arus dan potensialnya, dikenal beberapa jenis metode geolistrik tahanan jenis, antara lain metode *Schlumberger*, metode *Wenner* dan metode *Dipole Sounding*.

Pada metode tahanan jenis konfigurasi *Schlumberger*, bumi diasumsikan sebagai bola padat yang mempunyai sifat homogen isotropis. Dengan asumsi ini, maka memiliki resistivitas seragam (ρ).

Dobrin dan Savit (1988) menyatakan bahwa geolistrik *sounding* dengan menggunakan konfigurasi elektroda *Schlumberger* pada prinsipnya menerapkan jarak titik tengah terhadap elektroda arus (C_1) sama dengan jarak titik tengah ke elektroda (C_2) sepanjang L [6]. Elektroda potensial (P_1) - (P_2) terletak di dalam dua elektroda arus dan masing-masing berjarak b dari titik tengah pengukuran ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Susunan elektroda konfigurasi Schlumberger

Potensial di titik P_2 dirumuskan pada persamaan 4.

$$V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{C_1P_1} - \frac{1}{C_2P_2} \right) \quad (4)$$

Potensial diantara P_1 dan P_2 kemudian menjadi persamaan 5.

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{C_1P_1} - \frac{1}{C_2P_1} - \frac{1}{C_1P_2} + \frac{1}{C_2P_2} \right) \quad (5)$$

Persamaan 6 merumuskan resistivitas rho (ρ)

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \left[\frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{C_1P_1} - \frac{1}{C_2P_1} - \frac{1}{C_1P_2} + \frac{1}{C_2P_2} \right) \right]^{-1} \quad (6)$$

dengan

$$K = \left[\frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{C_1P_1} - \frac{1}{C_2P_1} - \frac{1}{C_1P_2} + \frac{1}{C_2P_2} \right) \right]^{-1}$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di kota Semarang pada bulan April hingga Agustus 2016. Daerah penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.

Metode Tahanan Jenis

Pengambilan data tahanan jenis menggunakan konfigurasi *Schlumberger* dengan jarak bentangan 200 m. Data tahanan jenis diambil untuk mengetahui parameter potensi airtanah dan jenis litologi pada daerah penelitian. Alat yang digunakan satu set alat *resistivitymeter*, GPS, dan *Handy Talky* (HT).

Pada konfigurasi *Schlumberger* elektroda-elektroda potensial diam pada suatu tempat pada garis sentral AB sedangkan elektroda-elektroda arus digerakkan secara simetri. Tahap-tahap pengambilan data metode geolistrik di lapangan adalah sebagai berikut.

1. Menancapkan elektroda pada permukaan tanah dengan spasi yang teratur.
2. Membentangkan kabel yang digunakan sebagai penghantar arus dan potensial yang menghubungkan antar elektroda dengan alat *resistivitymeter*.
3. Memasang kabel ke elektroda untuk menghubungkan kabel dengan elektroda.
4. Menghubungkan terminal kabel dan kabel sudah terhubung dengan *resistivitymeter*.
5. Melakukan pengukuran data geolistrik.
6. Mencatat nilai arus dan potensial yang didapatkan dari pengukuran.

Data lapangan yang diperoleh dari pengukuran geolistrik berupa koordinat, elevasi, arus listrik, beda potensial yang terukur, dan resistivitas semu. Data tersebut kemudian diolah menggunakan *software* IP2win. Hasil pengolahan data memperoleh

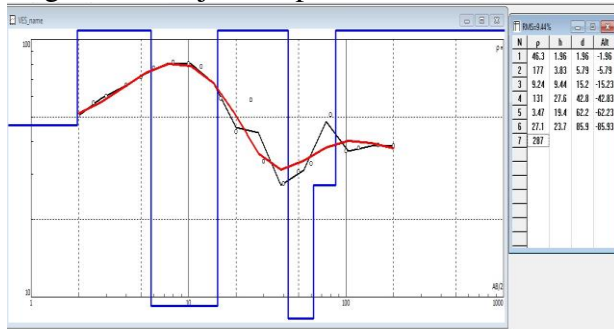
nilai resistivitas batuan, kedalaman, dan ketebalan tiap lapisan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Titik pengukuran geolistrik yang tersebar dapat memberikan deskripsi secara lengkap tentang daerah penelitian. Penelitian di kota Semarang telah dilakukan pengukuran di daerah Cangkiran, Cepoko, Ngadirgo, Gunungpati, Pakintelan, Pesantren, Tandang dan Rowosari. Data geolistrik tersebut diolah dengan program IP2win satu dimensi yang hasilnya berupa lapisan-lapisan batuan dengan nilai resistivitas, kedalaman dan ketebalannya. Hasil pengolahan data geolistrik satu dimensi dapat digunakan sebagai bahan acuan untuk membuat litologi log.

Daerah Cangkiran

Hasil pengukuran metode geolistrik daerah Cangkiran ditunjukkan pada Gambar 4.



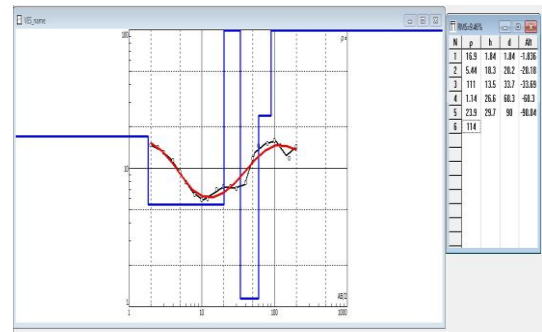
Gambar 4. Kurva resistivitas daerah Cangkiran

Hasil interpretasi menunjukkan bahwa potensi airtanah terdapat pada lapisan ke enam dengan kedalaman 85,9 m. Nilai resistivitas pada lapisan ke enam adalah 27,1 Ωm menunjukkan bahwa lapisan tersebut mengandung material pasir.

Daerah Ngadirgo

Hasil pengukuran metode geolistrik daerah Ngadirgo ditunjukkan pada Gambar 5.

Hasil interpretasi menunjukkan bahwa adanya potensi akuifer sumur dalam dengan nilai resistivitas 23,9 Ωm yang terdapat pada lapisan kelima. Lapisan akuifer berada pada kedalaman 60,3 - 90 m dari permukaan tanah. Lapisan tersebut mengandung material pasir.

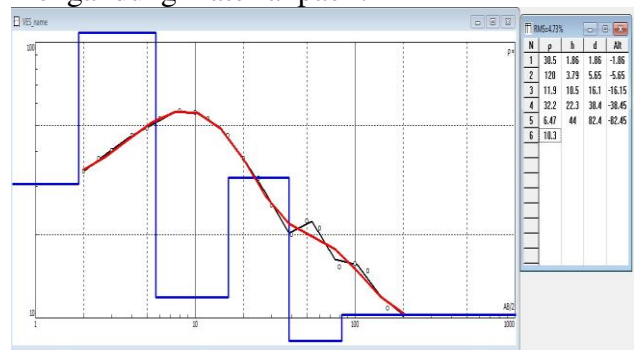


Gambar 5. Kurva resistivitas daerah Ngadirgo

Daerah Pakintelan

Hasil pengukuran metode geolistrik daerah Pakintelan ditunjukkan pada Gambar 6.

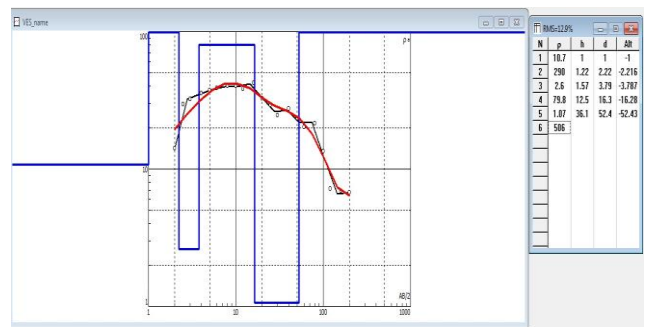
Hasil interpretasi menunjukkan bahwa potensi airtanah terdapat pada lapisan ke empat dengan kedalaman 38,4 m. Nilai resistivitas pada lapisan ke empat adalah 32,2 Ωm menunjukkan bahwa lapisan tersebut mengandung material pasir.



Gambar 6. Kurva resistivitas daerah Pakintelan

Daerah Pesantren

Hasil pengukuran metode geolistrik daerah Pesantren ditunjukkan pada Gambar 7.



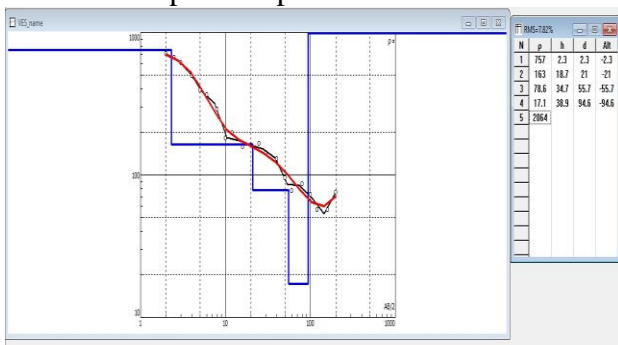
Gambar 7. Kurva resistivitas daerah Pesantren

Hasil interpretasi menunjukkan bahwa potensi airtanah terdapat pada lapisan ke empat dengan kedalaman 16,3 m. Nilai resistivitas pada lapisan ke empat adalah 79,8 Ω m menunjukkan bahwa lapisan tersebut mengandung material pasir tufaan.

Daerah Tandang

Hasil pengukuran metode geolistrik daerah Tandang ditunjukkan pada Gambar 8.

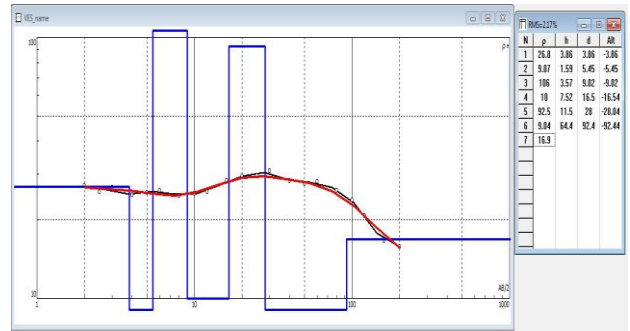
Potensi akuifer di daerah penelitian terdapat pada kedalaman 55,7 meter sampai 94,6 meter dengan nilai resistivitas 17,1 Ω m. Nilai resistivitas pada kedalaman tersebut menunjukkan lapisan batu pasir. Lapisan yang mengandung material pasir dapat menyerap dan meloloskan air dengan baik, sehingga lapisan tersebut merupakan lapisan akuifer.



Gambar 8. Kurva resistivitas daerah Tandang

Daerah Rowosari

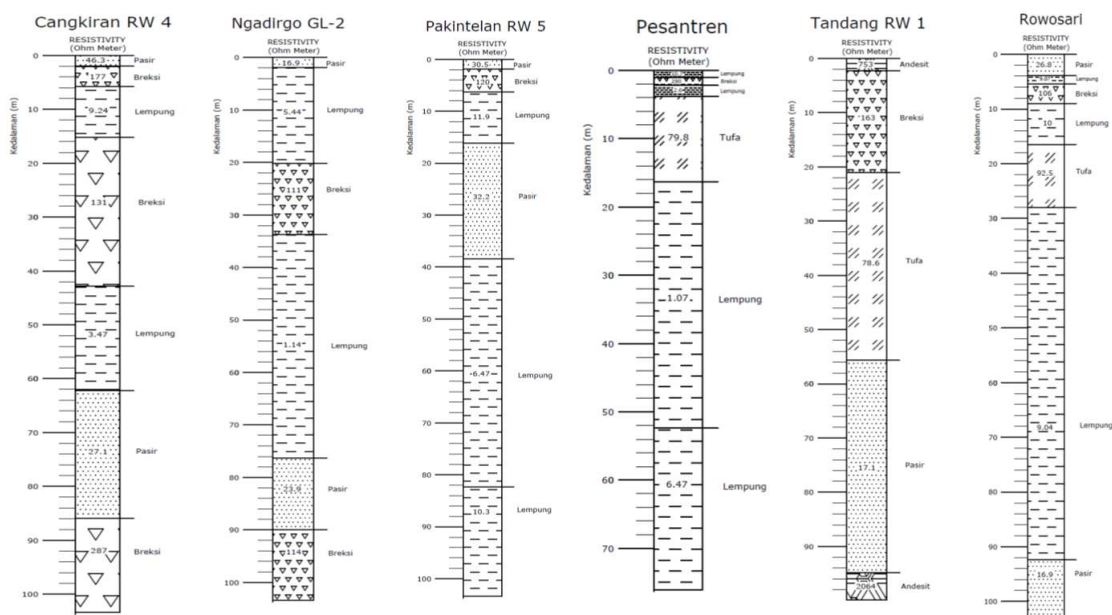
Hasil pengukuran metode geolistrik daerah Rowosari ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Kurva resistivitas daerah Rowosari

Analisa Gambar 9 menunjukkan potensi akuifer terdapat pada lapisan tujuh dengan nilai resistivitas 16,9 Ω m di kedalaman lebih dari 92,4 meter. Lapisan tersebut mengandung material pasir yang dapat menyerap dan meloloskan air dengan baik.

Hasil dari pengolahan data geolistrik diperoleh litologi batuan yang terdiri dari material penyusun lapisan bawah permukaan bumi.



Gambar 10. Litologi log daerah penelitian

KESIMPULAN

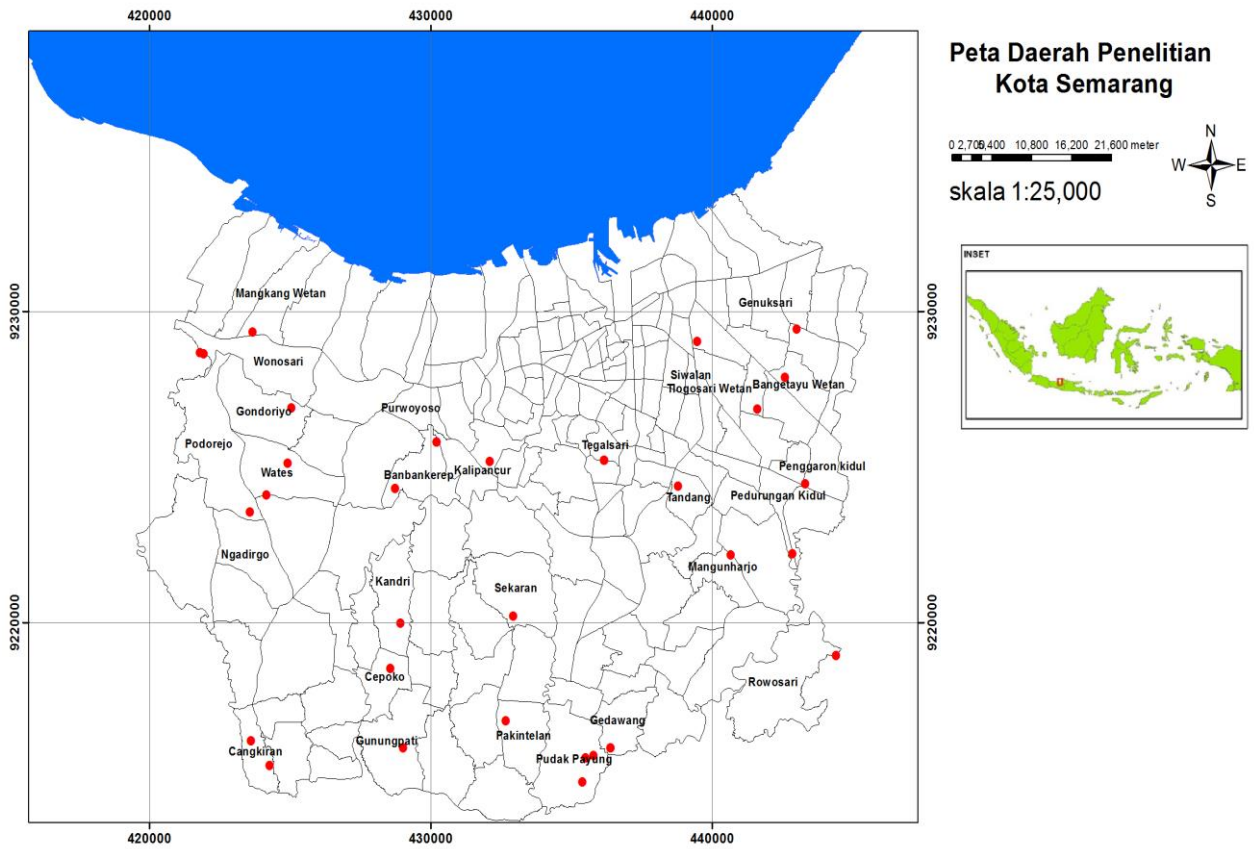
Berdasarkan hasil analisis pengolahan data metode tahanan jenis dapat disimpulkan bahwa potensi airtanah berada pada kedalaman antara 30 m hingga 90 m di beberapa daerah penelitian. Litologi batuan pada kedalaman tersebut adalah lapisan pasir dan pasir tufaan dengan nilai resistivitas antara 16 Ω m hingga 95 Ω m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT. Selimut Bumi Adhi Cipta yang telah mengizinkan untuk melakukan penelitian metode geolistrik di kota Semarang. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pembimbing lapangan, yaitu saudara Tulus dan Bayu yang telah membimbing selama proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Todd, D.K., 1980, *Groundwater Hydrology Second Edition*, John Wiley and Sons Hoboken, United States.
- [2]. Thanden, R.E., Sumadirdja, H., Richards, P.W., Sutisna, K., dan Amin, T.C., 1996, *Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [3]. Mori, K., 1999, *Hidrologi untuk Pengairan*. PT. Pradnya Paramita, Penerjemah: L. Taulu, Editor: Ir. Suyono Sosrodarsono dan Kensaku Takeda, Jakarta.
- [4]. Kodoatie dan Sjarief, 2005, *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Andi, Yogyakarta.
- [5]. Telford, 1974, *Applied Geophysics Edition 2*, Cambridge University Press, New York.
- [6]. Dobrin, M.B. dan Savit, C.H., 1988, *Introduction to Geophysics Propecting 4th Edition*, New York.



Gambar 3. Daerah penelitian di kota Semarang