

PEMETAAN SEBARAN DAN KEDALAMAN LAPISAN BATUAN AKIFER
MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK
Distribution and Depth of Aquifer Rock Structural Mapping use
Geo-electric Method

Sriyono dan Dewi Liesnoor Setyowati
(Lemlit UNNES Semarang)

ABSTRACT

Geo-electric forecast was one of geo-physic methodology that developed to determine the structural geometry of hard-rock aquifers. Some geo-electric investigations, added to the first mapping at the local scale, and second one, this method was to lead to the building of a local geometrical model of the aquifer. A geo-electric survey, composed of vertical electrical soundings, was conducted over Banaran Regency, the part of Sekaran an Gunungpati district. Generally, the approach figurate that Banaran Regency has two characteristic of the groundwaterflow system profile. The first profile set on BAN-4 and BAN-2, show the confining aquifers, on the depth of 0-45 meter under surface, non-permanent character, shape. While the second one were set on BAN-1,3,5,6,7 on the depth of 47 meter, show the shape of, cistern, and impermeable rocks. Beside that, we found under watertable on the depth of more than 60 meter and permanent-aquifer form.

Keywords : *mapping, aquifer-rock, geo-electricity*

PENDAHULUAN

Kehidupan sangat tergantung kepada air, tanpa air makhluk hidup tidak dapat hidup. Kebutuhan akan air selalu meningkat dari waktu ke waktu sejalan dengan pertambahan penduduk. Pengambilan sumber air dapat dilakukan melalui sumur gali maupun sumur bor atau sumur artesis. Pengambilan airtanah yang berlebih untuk memenuhi berbagai sektor kebutuhan manusia mengakibatkan penurunan ketersediaan sumber airtanah.

Selain untuk keperluan rumah tangga, air juga digunakan untuk berbagai keperluan sekunder lain, seperti irigasi, industri, rumah makan, hotel dan sebagainya. Apabila semua kebutuhan akan air tersebut tercukupi, maka tidak akan terjadi permasalahan air. Namun sebaliknya permasalahan air akan timbul apabila dalam suatu wilayah kekurangan air, baik dari segi kuantitas maupun kualitasnya. Biasanya manusia cenderung

menggunakan airtanah untuk mencukupi kebutuhan air tersebut, karena relatif lebih baik kualitasnya dan mudah memperolehnya.

Airtanah (*groundwater*) atau sebagian ahli menyebut air bawah tanah, merupakan salah satu sumberdaya air yang potensial dan banyak mendapat perhatian dalam kaitannya dengan pemenuhan kebutuhan air minum. Sebagai upaya dalam pemenuhan kebutuhan air di suatu daerah, khususnya air minum, penyediaan airtanah selalu dikaitkan dengan kondisi airtanah yang sehat, murah dan tersedia dalam jumlah yang sesuai kebutuhan. Travis (1977) dalam Sudarmadji (1990) mengemukakan bahwa keuntungan menggunakan airtanah antara lain; kualitasnya relatif lebih baik dibandingkan air permukaan, tidak terpengaruh musim, cadangan airtanah lebih besar dan mudah diperoleh, dan tidak memerlukan tandon dan jaringan

transmisi untuk mendistribusikannya sehingga biayanya murah.

Sumberdaya airtanah bersifat dapat diperbaharui (*re-newable*) secara alami, karena airtanah merupakan bagian yang tidak terpisahkan dalam siklus hidrologi di bumi. Namun demikian, pada kenyataannya terdapat berbagai faktor pembatas yang mempengaruhi pemanfaatannya, baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Dari segi kuantitas, airtanah akan mengalami penurunan kemampuan penyediaan apabila jumlah yang diambil melebihi kemampuannya. Permasalahan potensi airtanah, baik kuantitas maupun kualitas, selalu terkait dengan karakteristik material penyusun (geologi) di mana airtanah berada.

Berdasarkan berbagai konsepsi yang telah diuraikan di atas, maka penting dilakukan kajian tentang sebaran dan kedalaman airtanah terutama pada kawasan yang kesulitan air. Berbagai upaya akan terus dilakukan untuk memperoleh sumberdaya airtanah yang potensial, sehingga dapat memenuhi kebutuhan air minum baik dari segi kuantitas maupun kualitas.

Pendugaan geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang dilakukan dari permukaan tanah untuk mengetahui lapisan-lapisan batuan atau material penyusun akifer di dalam tanah. Model pendugaan ini menggunakan prinsip bahwa lapisan atau material batuan mempunyai tahanan yang berbeda-beda, yang disebut dengan tahanan jenis (*resistivity*). Nilai tahanan jenis diukur dengan cara mengalirkan arus listrik ke dalam bumi dan memperlakukan lapisan batuan sebagai media penghantar arus. Setiap batuan mempunyai nilai kisaran tahanan jenis yang berbeda dengan material lain. Nilai tahanan jenis pada setiap lapisan batuan dapat dianalisis, sehingga dapat diketahui sifat lapisan batuan yang berkaitan

dengan kemampuan menyimpan air. Lapisan yang bersifat akifer berarti mengandung air, sehingga dapat diketahui lokasi sumber air, sebaran lapisan batuan pembawa air, dan kedalaman airtanah.

Kampus UNNES berada di Kota Semarang bagian atas tepatnya di Kecamatan Gunungpati, merupakan kawasan pengembangan kota Semarang kearah perbukitan. Perkembangan kawasan permukiman di sekitar kampus UNNES cukup pesat sejalan dengan meningkatnya jumlah mahasiswa. Penduduk di sekitar kampus UNNES banyak mengusahakan tempat tinggalnya untuk fasilitas tempat tinggal mahasiswa atau dikenal dengan rumah kost. Perkembangan penduduk tersebut mengakibatkan kebutuhan akan air bersih semakin meningkat dari tahun ke tahun.

Keberadaan sendang atau beberapa sumber air yang dahulu mencukupi, sekarang dirasakan berkurang apalagi pada musim kemarau, air bersih sulit diperoleh. Masuknya jaringan PDAM sebagai penyedia layanan fasilitas air bersih ke kampus UNNES mengalami kendala karena faktor topografi dan kecilnya potensi sumber air di sekitar kampus UNNES. Ada beberapa masyarakat yang membuat sumur bor untuk memperoleh air bersih pada kedalaman lebih dari 70 meter, namun ada yang menggali lebih dari 150 meter tetap tidak memperoleh air bersih.

Berdasarkan permasalahan tersebut di atas, maka sangat diperlukan informasi tentang potensi airtanah, sebaran dan kedalamannya. Harapannya tokoh masyarakat atau pihak pemerintah dapat menginformasikan kepada masyarakat tentang lokasi dan kedalaman, airtanah yang potensial mengandung airtanah dan dapat dimanfaatkan sebagai air bersih oleh masyarakat.

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah mengkaji

karakteristik formasi lapisan batuan pembawa air (akifer) dengan metode geolistrik; memetakan formasi lapisan akifer (lapisan batuan pembawa air).

Airtanah merupakan air yang bergerak dalam tanah yang terdapat dalam ruang antar butir-butir tanah dan dalam retak-retak batuan. Aliran airtanah merupakan rangkaian proses dalam daur hidrologi atau siklus hidrologi, sumber utama airtanah adalah air hujan yang terinfiltasi, dikurangi penguapan dari permukaan tanah dan transpirasi. Airtanah adalah air yang terdapat di bawah permukaan tanah dan terkandung di dalam berbagai batuan.

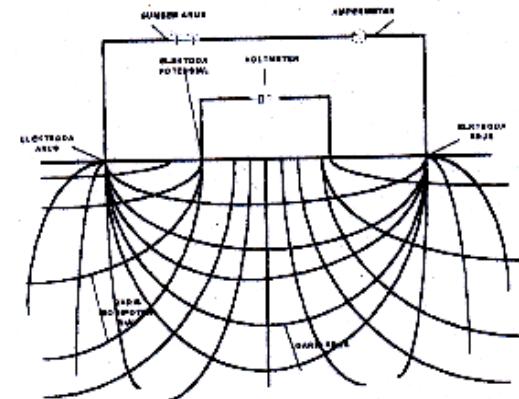
TINJAUAN PUSTAKA

Keberadaan airtanah sangat tergantung pada lapisan batuan yang ada di bawahnya. Lapisan batuan yang mudah dilalui oleh air disebut lapisan permeabel, terdiri dari batuan kerikil atau pasir. Lapisan batuan yang tidak dapat dilalui oleh air disebut lapisan impermeabel atau lapisan kedap air, seperti lapisan batuan yang terdiri dari tanah lempung. Adanya lapisan batuan yang berbeda ini mengakibatkan daya tampung lapisan batuan terhadap air berbeda. Istilah lapisan batuan disebut juga dengan formasi batuan, ada beberapa bentuk formasi batuan, yaitu 1) akifer, 2) akiclude, 3) akifuge, 4) akitard, dan 5) akifer semu, 6) akifer menggantung (*perched aquifer*) (Todd, 1980). Berdasarkan posisinya menurut Todd (1980) di dalam lapisan batuan terdapat akifer bebas (*unconfined aquifer*) dan akifer tertekan (*confined aquifer*).

Model hidrostratigrafi merupakan model yang dibuat untuk menggambarkan stratum atau susunan geologis penyusun akifer, yang di dalamnya berisi informasi tentang karakteristik airtanah.

Penyusunan model hidrostratigrafi didasarkan pada hasil pendugaan geolistrik, yang dianalisis dengan metode *Schlumberger*. Model pendugaan geolistrik ini menggunakan prinsip bahwa lapisan batuan mempunyai tahanan jenis (*resistivity* atau *rho*) berbeda-beda dan dipengaruhi oleh jenis material, kandungan air, dalam batuan, sifat kimia air dan porositas batuan. Berdasarkan hasil analisis data pendugaan geolistrik ini, maka dapat disusun atau direkomendasikan susunan perlapisan batuan secara vertikal dan dapat ditentukan pula tipe akifer, kedalaman, dan ketebalan akifer penyusun suatu daerah (Todd, 1980).

Pada akulfer yang terdiri dari material lepas mempunyai harga tahanan jenis yang berkurang apabila makin besar kandungan airtanahnya. Ada beberapa cara pengukuran geolistrik yang dalam kegiatan ini digunakan cara rangkaian *Schlumberger*, seperti disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1.
Susunan elektroda pendugaan Geolistrik cara Schlumberger (Todd, 1980)

Perhitungan tahanan jenis diukur dengan rangkaian *Schlumberger* dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I}$$

Keterangan:

ρ_a = tahanan jenis semu (ohm-meter)
 ΔV = beda potensial terukur (mV)
 I = kuat arus terukur (mA)
 K = konstanta Schlumberger
(tergantung jarak dan susunan elektroda)

Model 2-D (dua dimensi) sistem aliran airtanah dapat digambarkan dengan menggunakan *flownets*, yaitu suatu peta atau konstruksi gambar skala dua dimensi yang berisikan kontur airtanah (*equipotential line*) dan arah aliran airtanah (*stream lines*). Model tersebut dapat dikonstruksikan dengan menghubungkan dua titik yang mempunyai kedalaman airtanah sama, karena pada tempat yang mempunyai kedalaman muka airtanah sama akan mempunyai besar energi potensial airtanah yang sama pula. Arah aliran airtanah dapat ditentukan dengan metode *tree point problem*, prinsip dasar dari arah aliran airtanah akan selalu memotong tegaklurus kontur airtanah aliran menuju ke muka airtanah yang lebih rendah (Todd, 1980).

BAHAN DAN METODA

Penelitian dilakukan di Dusun Banaran Kelurahan Sekaran Kecamatan Gunungpati Kota Semarang. Obyek penelitian berupa kondisi akifer lapisan pembawa air pada kawasan permukiman di sekitar kampus UNNES. Populasi penelitian berupa wilayah yang tidak ditemukan sumber air.

Sampel penelitian ditentukan dengan teknik *purposive sampling*, dengan karakteristik setiap titik mempunyai bentangan sekitar 300 meter tidak terhalang oleh bangunan, sehingga alat Geolistrik dapat menjangkau dan memprediksi lapisan batuan pada kedalaman 150 meter di bawah permukaan tanah. Jumlah titik ditentukan

sebanyak sebanyak 7 titik dengan penyebaran yang proporsional berdasarkan sistem grid, terutama untuk wilayah yang diduga kesulitan akan sumber air. Lokasi titik ditentukan berdasarkan hasil survei di lapangan mencakup wilayah Dusun Banaran.

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi, peta administrasi, peta Rupabumi skala 1 : 25.000, Peta Geologi skala 1 : 50.000, data Monografi Kecamatan Gunungpati, data karakteristik fisik airtanah, meliputi arah aliran airtanah dan kedalaman muka freatik airtanah, data tipe dan jenis akifer meliputi tipe akifer, kedalaman akifer, tebal akifer, jenis material penyusun, dan permeabilitas akifer

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Peralatan pendugaan geolistrik yang terdiri dari satu unit instrumen *resistivity* meter, sumber arus DC, Elektroda arus potensial, kabel-kabel penghubung
2. GPS untuk plotting titik pendugaan ke dalam peta
3. Kompas geologi dan meteran
4. Satu unit Komputer PC untuk analisis data hasil pendugaan geolistrik, penyusunan data dasar dan laporan.

Metode pengumpulan data meliputi, survei lapangan dan pengukuran di lapangan dengan satu set peralatan geolistrik, wawancara dengan penduduk dan tokoh masyarakat, dan survei data sekunder ke beberapa instansi terkait. Pengumpulan data melalui survei data primer didukung dan dilengkapi dengan data sekunder yang telah ada.

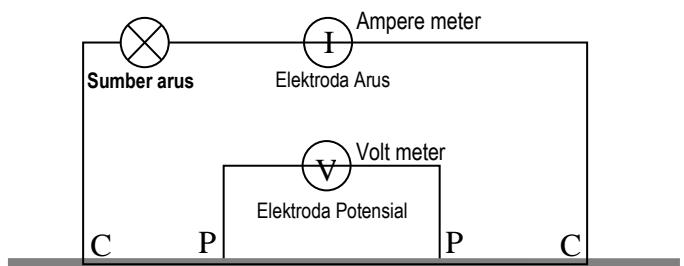
Beberapa teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini seperti berikut ini, meliputi,

1. Analisis deskriptif, untuk menggambarkan karakteristik sistem akifer dan arah gerakan airtanah.

- Analisis ini didasarkan pada hasil peta sistem akifer, model tiga dimensi sistem aliran airtanah, mata air, dan analisis data bor tentang sifat perlapisan batuan di daerah penelitian.
- Analisis spasial, digunakan sebagai analisis secara keruangan di dalam menjelaskan dan mendeskripsikan karakteristik sifat perlapisan batuan pada masing-masing sistem akifer yang ada di daerah penelitian. Dengan demikian dapat diperoleh informasi tentang lokasi dan sebaran akifer atau lapisan batuan pembawa air serta kedalaman sumber air di sekitar Kampus UNNES, mencakup Kelurahan Sekaran, tepatnya di Dusun Banaran.
 - Analisis kuantitatif, merupakan analisis sebaran dan kedalaman airtanah didasarkan pada data hasil pendugaan geolistrik. Pendugaan geolistrik merupakan suatu cara penelitian dari permukaan tanah untuk mengetahui lapisan-lapisan batuan atau material penyusun akifer. Model pendugaan ini menggunakan prinsip bahwa lapisan atau material batuan mempunyai tahanan jenis (*resistivity*) yang berbeda-beda. Besarnya tahanan jenis diukur dengan mengalirkan arus listrik ke dalam bumi dan memperlakukan lapisan batuan sebagai media penghantar arus.

Setiap material lapisan batuan mempunyai nilai kisaran tahanan jenis yang berbeda dengan material lain. Metode *Schlumberger* digunakan dalam pendugaan geolistrik, menggunakan rangkaian empat elektrode (2 elektrode tembaga dan 2 elektrode besi) yang

ditancapkan ke dalam tanah pada satu garis lurus sepanjang pengukuran. Metode ini diterapkan dengan maksud untuk mengetahui material lapisan batuan ke arah dalam secara vertikal. Kedalaman pendugaan mempunyai korelasi positif dengan jarak rentangan elektroda, semakin dalam pendugaan yang diinginkan, maka semakin jauh jarak rentang elektroda-elektrodanya.



Gambar 2. Rangkaian elektroda, metode *Schlumberger* (Tood, 1980)

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan diperoleh data beda potensial dan kuat arus (I), untuk menghitung nilai tahanan jenis semu digunakan rumus sebagai berikut.

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I}$$

Keterangan:

ρ_a = tahanan Jenis semu (ohm-meter)

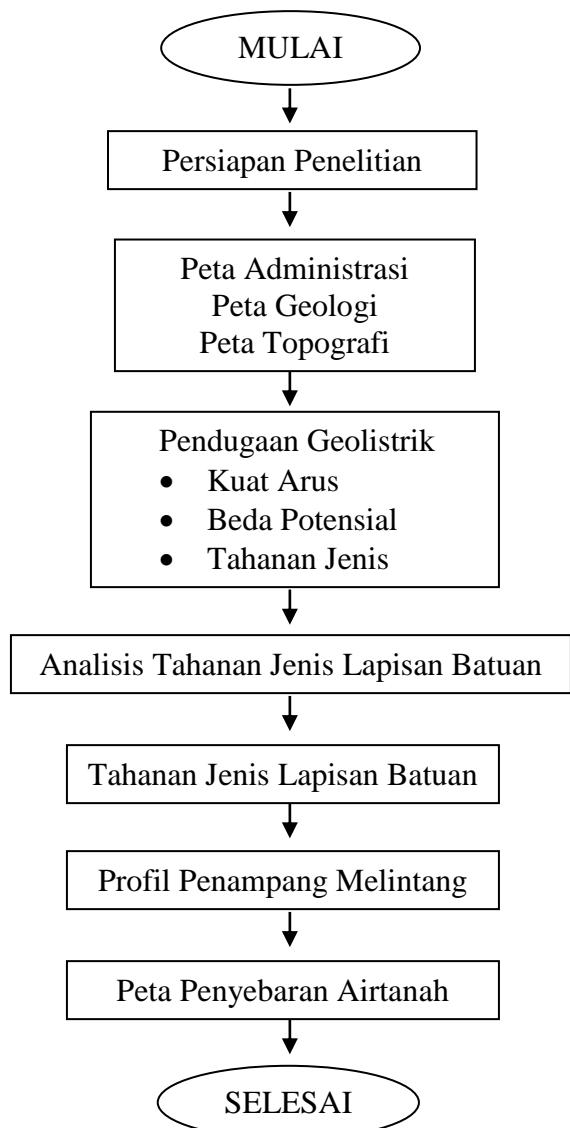
ΔV = beda potensial terukur (mV)

I = kuat arus terukur (mA)

K = konstanta Schlumberger

(tergantung jarak dan susunan elektroda)

Untuk mencapai tujuan penelitian tersebut, secara rinci dapat dijabarkan prosedur penelitian sebagai berikut (Gambar 3).



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah penelitian terletak di lereng Gunung Ungaran Jawa Tengah. Tepat pada Kecamatan Gunungpati Kelurahan Sekaran Dusun Banaran dengan kondisi geologi dan geomorfologi sebagai berikut.

Berdasarkan Peta Geologi dari van Bemmelen (1941) formasi geologi wilayah Kecamatan Gunungpati sama dengan formasi umum di Kota Semarang. Sebagian besar formasi batuan di daerah penelitian didominasi oleh Formasi

Kaligetas (Qpkg) dan Formasi Kerek (Tmk), teragihkan di daerah penelitian bagian utara mulai dari Trangkil sampai dengan perbukitan Sukorejo Gunungpati. Formasi tersusun berupa perselingan batulempung, napal, batu pasir tufaan, konglomerat, breksi vulkanik dan batu gamping. Setempat mengandung fosil foraminifera, moluska dan koral-koral koloni. Lapisan tipis konglomerat terdapat dalam batulempung di Kali Kripik dan di batupasir (tebal 400 m). Batulempung berwarna kelabu muda-tua yang mengandung ganping (gampingan), sebagian besisipan dengan batu lanau dan batupasir. Formasi ini berumur Tersier atau sekitar 25 juta tahun yang lalu. Pada daerah Formasi Kerek ini, bagian utara dibatasi oleh sesar/patahan, sedangkan di bagian selatan hampir berbatasan dengan Formasi Kaligetas diindikasi terdapat jalur sesar/patahan membujur arah timur - barat.

Kondisi umum hidrologi daerah penelitian dikelilingi oleh Kali Garang, Kali Gubangan, serta Kali Gontok. Untuk mendapatkan air bersih, penduduk menggunakan sumur artesis, ada juga penduduk yang memanfaatkan sendang yang berada di Sekaran (wilayah RW 1 dan 11). Air tersebut disalurkan melalui pipa-pipa air. Beberapa penduduk ada yang berusaha membuat sumur bor dan membuat tandon.

Penelitian dilakukan di kawasan sekitar kampus UNNES, tepatnya di Dusun Banaran Kelurahan Sekaran. Pengukuran dilakukan pada 7 titik, dua titik di dekat Gedung H Kampus UNNES dan 5 titik dilakukan di Dusun Banaran.

Lokasi Pengukuran 7 titik sounding yaitu 2 titik dilakukan di kampus UNNES diukur di wilayah Banaran Utara dan Kampus UNNES di depan Gedung H. Lima titik yang lain dilakukan pengukuran di RW 4 Dusun banaran, (lihat pada Tabel 1).

Tabel 1. Lokasi Administrasi Titik Sounding Daerah Penelitian

No	Titik Sounding	Lokasi
1	I	RW 4 Dusun Banaran Kel.Sekaran Kec.Gunungpati
2	II	RW 4 Dusun Banaran Kel.Sekaran Kec.Gunungpati
3	III	RW 4 Dusun Banaran Kel.Sekaran Kec.Gunungpati
4	IV	RW 4 Dusun Banaran Kel.Sekaran Kec.Gunungpati
5	V	Kampus UNNES (Berada di wil Banaran Utara)
6	VI	Kampus UNNES (di depan Gedung H)
7	VII	RW 4 Dusun Banaran Kel.Sekaran Kec.Gunungpati

Sumber: Hasi Penelitian, 2007

Secara ringkas data hasil pengukuran disajikan pada Tabel 2 yang memuat tentang data Resistivitas (Ohm meter) dan data Muka Airtanah. Angka Resistivitas berkisar antara 18 ohm meter

sampai 40,5 ohm meter, Ban 2 memiliki angka tertinggi dan ban 5 memiliki angka terendah. Ketinggian muka airtanah berkisar antara 60 m sampai 80 meter di bawah permukaan tanah.

Tabel 2. Lokasi Titik Sounding Penelitian Penemuan Sumber Air Bersih di Dusun Banaran Kelurahan Sekaran Kecamatan Gunungpati Tahun 2007

No	Titik Pendugaan	Grid UTM	Ketinggian (mdpl)	Muka Airtanah	Resistivitas (Ohm meter/Ωm)
1	Ban 1	S 07° 02,609' E 110° 23,678'	227	67,5	27,4
2	Ban 2	S 07° 02,632' E 110° 23,751'	208	64	40,5
3	Ban 3	S 07° 02,640' E 110° 23,759'	200	>80	29,2
4	Ban 4	S 07° 02,656' E 110° 23,860'	213	>80	18,8
5	Ban 5	S 07° 02,943' E 110° 23,533'	221	64	18
6	Ban 6	S 07° 02,613' E 110° 23,344'	211	65	19,2
7	Ban 7	S 07° 02,608' E 110° 23,633'	230	>80	34

Sumber: Hasi Penelitian, 2007

Berdasarkan profil perlapisan batuan hasil interpretasi pendugaan geolistrik pada titik Ban 1 yang terletak pada ketinggian 227 meter dpal dan koordinat S 07° 02,609' dan E 110° 23,678' terdapat akifer pada kedalaman lebih dari 59m dari permukaan tanah, diprediksikan keberadaan muka airtanah berada pada kedalaman 67,5 meter. Nilai tahanan jenis berkisar antara 8 Ωm sampai 15 Ωm, diperkirakan material

dominan batu pasir gampingan dsn batu lempung gampingan.

Pada Ban 2 terletak pada koordinat S 07° 02,632' dan E 110° 23,751' dan ketinggian 208 meter dpal, terdapat akifer dengan kedalaman lebih dari 63 meter atau tepatnya muka airtanah sekitar 64 meter. Nilai tahanan jenis berkisar antara 5 Ωm sampai 8 Ωm diperkirakan mempunyai material

dominan berupa batu pasir gampingan dan batu lempung gampingan.

Pada titik pendugaan Ban 3 terletak pada koordinat S $07^{\circ} 02,640'$ dan E $110^{\circ} 23,759'$ dengan ketinggian 200 meter dpal, terdeteksi adanya airtanah

disebut akuitar dengan kedalaman lebih dari 80 meter. Nilai tahanan jenis berkisar antara $15 \Omega\text{m}$ sampai $22 \Omega\text{m}$, diprediksikan mempunyai material batu lempung gampingan dan batu pasir.

Tabel 3. Analisis Akuifer Titik Sounding 1 sampai 7

No	Titik Sounding	Sifat Akuifer	Kedalaman (m)	Tahanan Jenis (Ωm)	Jenis Material
1	Ban 1	Akuifer	> 59	8-15	Batu pasir gampingan, Batu lempung gampingan
2	Ban 2	Akuifer	> 63	5-8	Batu pasir gampingan, Batu lempung gampingan
3	Ban 3	Akuitar	Tidak Terdeteksi	15-22	Batu lempung gampingan, Batu pasir
4	Ban 4	Akuiklud	Tidak Terdeteksi	20-25	Batu pasir tufan
5	Ban 5	Akuifer	> 63	5-10	Batu pasir gampingan, Batu lempung gampingan
6	Ban 6	Akuifer	> 45	5-8	Batu pasir
7	Ban 7	Akuiklud	Tidak Terdeteksi	22-32	Batu lempung

Sumber: Hasi Penelitian

Pada titik pendugaan Ban 4 yang terletak pada ketinggian 213 meter dpal dan koordinat S $07^{\circ} 02,656'$ dan E $110^{\circ} 23,860'$ terdapat akuiklud yaitu batuan yang dicirikan tidak memiliki kandungan air. Nilai tahanan jenis sebesar $20 \Omega\text{m}$ sampai $25 \Omega\text{m}$, diperkirakan material dominan berupa batu pasir tufaan yang tidak terdeteksi kedalaman muka airtanahnya.

Titik pengamatan Ban 5 terletak pada koordinat S $07^{\circ} 02,943'$ dan E $110^{\circ} 23,533'$ dan ketinggian 221 meter dpal dan titik pendugaan Ban 6 yang terletak pada ketinggian 211 meter dpal dan koordinat S $07^{\circ} 02,613'$ dan E $110^{\circ} 23,344'$, terdapat adanya akifer. Kedua lokasi berada di Kampus UNNES tepatnya di depan Gedung H dan di wilayah Dusun Banaran Utara. Nilai

tahanan jenis berkisar antara $5 \Omega\text{m}$ sampai $10 \Omega\text{m}$, diprediksikan mempunyai material dominan penyusun batuan berupa batu pasir dan batu lempung gampingan.

Ban 7 terletak pada koordinat S $07^{\circ} 02,608'$ dan E $110^{\circ} 23,633'$ dan 230 m dpal terdapat akuiklud yang tidak memiliki kandungan air, sehingga kedalaman air tidak terdeteksi. Nilai tahanan jenis sebesar $22 \Omega\text{m}$ sampai $32 \Omega\text{m}$, diperkirakan material dominan berupa batu lempung.

Di samping data hasil pengukuran di Dusun Banaran, dalam penelitian ini juga menggunakan data boring untuk melihat kondisi muka airtanah yang sebenarnya. Berdasarkan data boring yang diperoleh dari Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Jawa Tengah terdapat

data boring dengan kedalaman 90 meter, 70 meter, 54 meter, 62 meter, 53 meter, dan 83 meter. Data tersebut sesuai dengan hasil pendugaan geolistrik yang menunjukkan bahwa kedalaman muka airtanah rata-rata lebih dari 60 meter.

Resistivitas yang ada di daerah penelitian termasuk tinggi ($> 40 \Omega\text{m}$) yang berarti bahwa daerah penelitian merupakan daerah yang berbatu dan muka airtanahnya sangat dalam. Resistivitas yang ada di daerah penelitian dikelompokan menjadi 3 kelompok yaitu:

1. $5 \Omega\text{m}$ merupakan lempung berpasir
2. $10-20 \Omega\text{m}$ merupakan pasir yang jenuh air
3. $> 20 \Omega\text{m}$ merupakan tuff yang kedap air.

Berdasarkan hasil pendugaan geolistrik dapat dibuat dua profil. Profil pertama melalui titik sounding Ban 2 dan Ban 4, sedangkan profil kedua melalui titik sounding Ban 6, Ban 7, Ban 1, Ban 2, Ban 3, dan Ban 5.

Akuifer tertekan merupakan pasir dengan resistivitas antara $10-20 \Omega\text{m}$ dengan kedalaman antara 0-45 meter, lapisan batuan yang berapa *confining layer* terdiri dari lava berselang seling dengan tuff. Adanya mata air pada daerah ini karena adanya akuifer yang tertahan oleh lapisan lempung sehingga dapat diestimasikan bahwa daerah tersebut berada di Ban 4 dengan grid S 07" 02,656' dan E 110"23,860'. Selain itu pada profil pertama juga terdapat lempung berpasir dengan resistivitas $5 \Omega\text{m}$ pada kedalaman 64 meter, ini terdapat di Ban 2. Profil pertama menunjukkan adanya batuan dengan resistivitas $> 20 \Omega\text{m}$, hal ini menunjukkan hanya ada sumber air yang berupa tandon air yang sifatnya tidak permanen.

Pada profil kedua terdapat akuifer dengan resistivitas $5 \Omega\text{m}$ dengan kedalaman minimal 47 meter. Rentangan titik sounding antara Ban 6 sampai Ban 5

menunjukkan adanya airtanah, tandon air dan batuan kedap air. Titik sounding pada Ban 6 menunjukkan terdapat air pada kedalaman 47 meter dan tandon air dengan kedalaman 39 meter. Pada Ban 1,2 dan 5 terdapat akuifer dengan resistivitas $5 \Omega\text{m}$ pada kedalaman 65 meter. Tandon air pada Ban tersebut dengan resistivitas $8 \Omega\text{m}$ dengan kedalaman minimal 43 meter. Titik sounding Ban 7 dan Ban 3 menunjukkan resistivitas batuan sebesar $> 20 \Omega\text{m}$. Hal ini menunjukkan bahwa muka airtanah berada pada kedalaman lebih dari 80 meter. Resistivitas tertinggi sebesar $71 \Omega\text{m}$ terdapat pada Ban 7 dan Ban 2 dengan kedalaman 0-7 meter.

Berdasarkan data kedalaman muka airtanah pada Ban 6, Ban 1, Ban 2 dan Ban 5 maka Jika daerah tersebut dibor akan didapatkan sumber air pada kedalaman lebih dari 60 meter, karena daerah ini terdapat akuifer tertekan yang bersifat permanen dan bukan berupa tandon air. Ini terbukti sudah terdapat sumur bor dengan kedalaman rata-rata lebih dari 70 meter.

Berdasarkan Peta kontur aliran airtanah dapat diketahui bahwa secara garis besar arah aliran airtanah di daerah penelitian mengalir dari arah timur dan barat menuju ke tengah dan mengalir ke arah selatan. Pada Gambar 16 disajikan tentang perspektif peta aliran airtanah, arah aliran airtanah, dan gambar tiga dimensi kontur airtanah. Kondisi aliran yang mengumpul di tengah daerah penelitian terjadi karena adanya pengaruh kondisi topografi yang pada bagian tengah semakin rendah, sehingga memungkinkan untuk tempat mengalirnya air menuju ke arah selatan daerah penelitian.

Namun berdasarkan peta geologi yang ada dan hasil survey pada beberapa mata air (sendang), menunjukkan bahwa secara garis besar sistem aliran airtanah

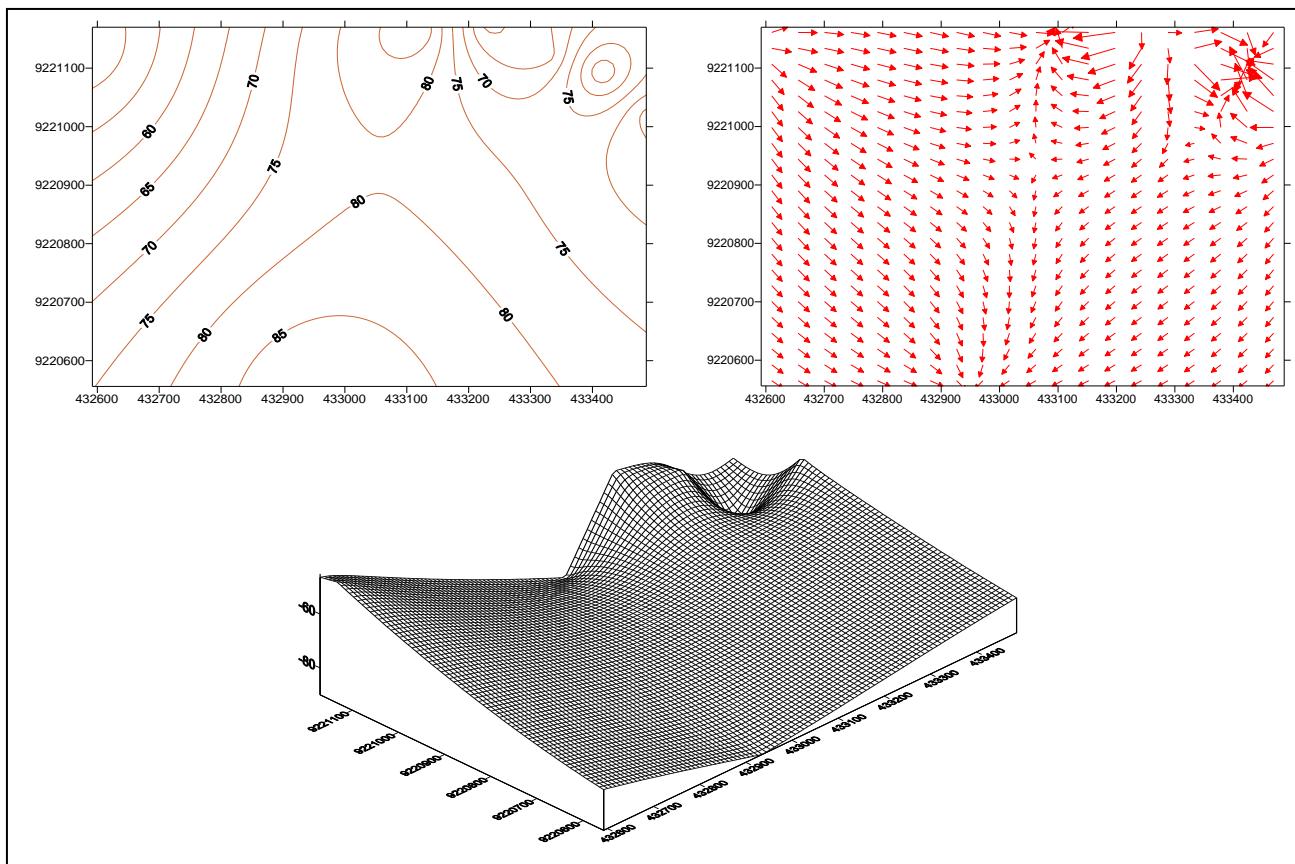
dapat ditunjukkan dengan adanya pemunculan mata air (sendang). Munculnya air dari mata air (sendang) diakibatkan oleh adanya patahan atau sesar dan mengalirkan air secara gravitasi mengikuti arah perlapisan batuan atau keluarnya melalui percelahan batuan yang ada.

Faktor yang berpengaruh terhadap fluktuasi potensi air pada sendang (mata air) menurut Tolman (1937 dalam Purnama 2000), adalah:

1. curah hujan,

2. karakteristik material permukaan tanah yang terkait dengan kelulusannya,
3. kondisi topografi,
4. karakteristik hidrologi yang terkait dengan formasi akifer,
5. struktur geologi.

Berdasarkan data-data boring kedalaman airtanah, maka dapat diprediksi secara kontur kedalaman air tanah dan lebih lanjut untuk perspektif aliran air tanah di daerah penelitian (Gambar 4).



Gambar 4. Perspektif Peta Aliran Airtanah, Arah Aliran, dan Gambar Tiga Dimensi Kontur Airtanah

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Karakteristik airtanah di Dusun Banaran Kelurahan Sekaran Kecamatan Gunungpati Kota Semarang dibagi menjadi dua

- bagian/profil, yaitu a) Profil pertama pada lokasi Ban 4 dan Ban 2 mempunyai akuifer tertekan dengan kedalaman 0-45m yang bersifat nonpermanen karena hanya merupakan tandon. Lapisan batuan *confined layer* terdapat lava berselang-seling tuff, b) Profil kedua dengan lokasi di Ban 1, 3, 5, 6, dan 7 dengan kedalaman 47m menunjukkan adanya airtanah, tandon air, dan batuan impermeabel. Kedalaman muka airtanahnya lebih dari 60 m dengan jenis akuifer permanen.
2. Pada Ban 1, Ban 2, Ban 5, dan Ban 6 terdapat akifer berupa airtanah dengan jenis material lapisan batuan berupa batu pasir gampingan dan batu lempung gampingan. Pada Ban 3 berupa akuitard dengan jenis material batuan berupa batu lempung gampingan dan batu pasir. Ban 4 dan

Ban 7 berupa akuiklad yang tidak terdeteksi adanya airtanah, dengan material penyusun batuan berupa batu pasir tufaan dan batu lempung.

Saran di dalam penelitian ini menekankan pada kondisi fisik sistem akifer secara kuantitas, sehingga perlu ada penelitian yang dapat menjelaskan kondisi sistem akifer secara kualitas, sehingga karakteristik dan potensi sistem akifer dapat tergambar dan memberikan informasi yang lebih rinci serta berguna bagi pengembangan sumberdaya air di daerah penelitian.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang keberadaan sumber airtanah di Dusun Banaran dan adanya jalinan kerjasama antar instansi pemerintah untuk pembuatan sumur bor secara kolektif guna memenuhi kebutuhan masyarakat Banaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB.
- Asdak, C. 2002. *Hidrologi dan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Chow, VT. 1964. *Handbook of Applied Hydrology, a Compendium of Water Resources Technology*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Fetter, CW. 1988. *Applied Hydrology*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Kruseman, GP. And Ridder, NA. 1991. *Analysis and Evaluation of Pumping Test Data*. Netherland: International Institute for Land Reclamation and Improvement.
- Kusnaedi. 1997. *Sumur Resapan Untuk Permukiman Perkotaan dan Perdesaan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Santosa, L.W. 2000. *Geolistrik Teknik Geofisika untuk Penyelidikan Air Bawah Permukaan*. Yogyakarta: Laboratorium Geohidrologi Fak. Geografi UGM.
- Seyhan, E. 1977. *The Watershed as an Hydrologic Unit*. Utrecht: Geografisch Institut der Rijksuniversiteit Utrecht.
- Striffler, WD. 1979. Watershed Planning and Management. *Planning the Use and Management of Land*. Ed. Beatty, MT., GW Petersen, LD Swindale. Number 21 in the series Agronomy.
- Todd, D.K. 1980. *Groundwater Hydrology*. New York: John Wiley and Sons Inc.