



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENYELIDIKAN ZONA AKUIFER DENGAN SURVEI
PENDUGAAN GEOLISTRIK METODE *SCHLUMBERGER*
STUDI KASUS DAERAH KECAMATAN KALIWUNGU DAN
SEKITARNYA, KABUPATEN KENDAL, JAWA TENGAH**

**NASKAH PUBLIKASI
TUGAS AKHIR**

**ENDA MORA NASUTION
NIM. L2L008024**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI**

**SEMARANG
2013**

**PENYELIDIKAN ZONA AKUIFER DENGAN SURVEI
PENDUGAAN GEOLISTRIK METODE *SCHLUMBERGER*
STUDI KASUS DAERAH KECAMATAN KALIWUNGU DAN
SEKITARNYA, KABUPATEN KENDAL, JAWA TENGAH**

Oleh : Enda Mora Nasution

Enda_karkitba@yahoo.com

Morphological differences research area affect to subsurface conditions. To determine subsurface conditions and hydrogeological conditions of the study area, then conducted research with geoelectric method.

Geoelectric is a geophysical method used to determine geological subsurface conditions based on the variation of the resistivity of the rock types. Research area is located in Kaliwungu, Kendal Regency, Central Java. This area consisted by Damar Formation (QTd) and Alluvium Deposits (Qal). Damar Formation consisted by 3 lithological units, named : volcanic breccia, tuffaceous sandstones and conglomerates. Alluvium Deposit consisted by of sand, gravel, and pebble. The purpose of this study was to determine the zone and type of aquifer and direction of groundwater flow, based on Schlumberger geoelectrical method and groundwater level measurement on some shallow wells.

This research used Schlumberger geoelectrical method. Geoelectric point in the study area totaled 15 points and as many as 16 MAT measurement data points are scattered in the study area. Data processing is done using software IPI2win to determine the actual value of resistivity and thickness of each layer and Surfer9 to determine groundwater flow direction.

Based on the results of geoelectrical data processing on each lithological resistivity values, this research area formed by rock mudstone ($\leq 10 \Omega m$), sandy mudstone (10-20 Ωm), sandstones (20-100 Ωm), and volcanic breccia ($> 100 \Omega m$). Lithological type of the aquifer in research area is expected to be sandstones which have a good permeability and porosity. A geoelectrical section and correlation is made to determine the location, dimensions and types of aquifers that occur in the study area. The aquifer type identified by the correlation was unconfined aquifers, perched aquifer and confined aquifer. Groundwater flow direction based on the measurement of shallow wells tend to the north area of research.

Keywords : resistivity, Schlumberger geoelectrical method, aquifer type groundwater flows direction

PENDAHULUAN

Kecamatan Kaliwungu merupakan salah satu Kecamatan yang terletak di Kabupaten Kendal, dengan luas wilayah 47.73 Km². Batas-batas wilayah Kecamatan Kaliwungu di sebelah Utara berbatasan dengan Laut Jawa, di sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Singorojo, di sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Brangsong, dan di sebelah Timur berbatasan dengan Kota Semarang. Morfologi daerah Kaliwungu terdiri atas satuan perbukitan bergelombang dan satuan dataran aluvium, kondisi ini mempengaruhi kondisi iklim wilayah Kecamatan Kaliwungu. Wilayah Kecamatan Kaliwungu bagian utara didominasi oleh dataran rendah dan berdekatan dengan Laut Jawa. Sedangkan wilayah Kecamatan Kaliwungu bagian selatan merupakan daerah perbukitan bergelombang. Perbedaan morfologi ini berpengaruh pada pola arah aliran airtanah antara daerah dataran dengan daerah perbukitan.

Untuk mengetahui kondisi bawah permukaan pada daerah tersebut, dan untuk membuktikan seberapa besar pengaruh perbedaan morfologi daerah penelitian terhadap letak dan dimensi akuifernya, maka perlu dilakukan adanya suatu penelitian tentang kondisi bawah permukaan dan kondisi akuifer. Salah satu cara untuk mengetahui kondisi bawah permukaan dan kondisi akuifer adalah dengan menggunakan metode survei geolistrik.

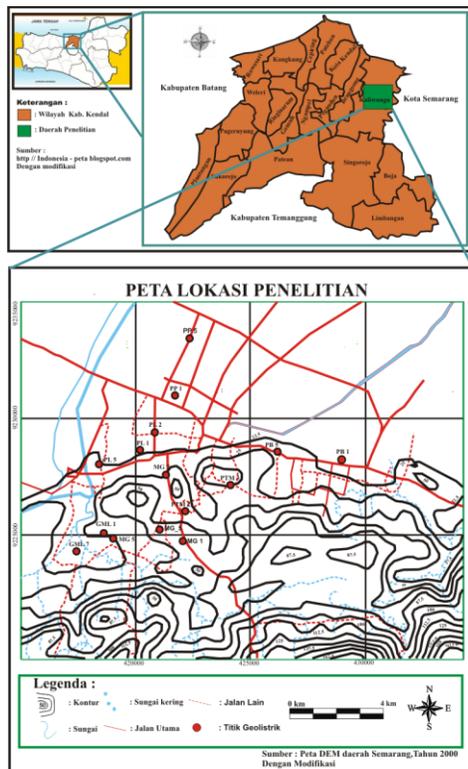
Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang memanfaatkan sumber arus listrik injeksi maupun alamiah untuk menentukan keberadaan airtanah. Metode geolistrik merupakan metode yang memiliki tingkat sensitivitas yang cukup tinggi dalam penentuan airtanah, jangkauan dari metode geolistrik tidak terlalu dalam yaitu sekitar kedalaman 100-200 meter, pengoperasiannya di lapangan tidak terlalu sulit, tidak memakan biaya yang tinggi dalam pelaksanaannya dan cara kerjanya lebih cepat.

Adapun hasil yang didapat pada penelitian ini adalah nilai resistivitas sebenarnya, ketebalan dan kedalaman lapisan yang selanjutnya informasi mengenai potensi akuifer dapat dimanfaatkan bagi masyarakat Kecamatan Kaliwungu.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada Kecamatan Kaliwungu Kabupaten Kendal Provinsi Jawa Tengah. Letak geografisnya berada pada 110°36'-110°50' BT (Bujur Timur) serta 6°51'-7°16' LS (Lintang Selatan). Kecamatan Kaliwungu mempunyai luas wilayah 47.73 Km². Batas-batas wilayah Kecamatan Kaliwungu di sebelah Utara berbatasan dengan Laut Jawa, di sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Singorojo, di sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Brangsong, dan di sebelah Timur berbatasan dengan Kota Semarang.) Daerah Kaliwungu dapat

ditempuh dengan kendaraan berkisar 30 menit dari Kota Semarang ke arah Barat.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
(Sumber : Modifikasi Peta DEM tahun 2000)

TINJAUAN PUSTAKA

Siklus hidrologi

Airtanah merupakan bagian dari daur hidrologi, termasuk didalamnya air permukaan dan air meteorik. Daur hidrologi ini dimulai dari energi panas matahari dan faktor-faktor iklim lainnya yang menyebabkan terjadinya proses evaporasi pada permukaan vegetasi dan tanah, di laut atau badan-badan air lainnya. Uap air sebagai hasil proses evaporasi akan terbawa angin melintasi daratan dan pegunungan. Apabila keadaan atmosfer memungkinkan sebagian dari uap air tersebut akan terkondensasi dan turun sebagai hujan. Air hujan yang mencapai ke permukaan tanah sebagian akan terinfiltrasi ke dalam tanah dan sebagian akan tertampung sementara dalam cekungan-

cekungan permukaan tanah untuk kemudian mengalir ke tempat yang lebih rendah (*runoff*) yang selanjutnya masuk ke sungai. Air infiltrasi akan tertahan di dalam tanah oleh gaya kapiler yang akan membentuk kelembaban tanah. Apabila tingkat kelembaban airtanah cukup jenuh maka air infiltrasi tersebut akan bergerak secara lateral (horizontal) dan pada tempat tertentu akan keluar ke permukaan tanah yang akhirnya mengalir ke sungai. Air infiltrasi tersebut juga akan bergerak secara vertikal ke dalam tanah dan menjadi bagian dari airtanah (*groundwater*). Airtanah tersebut akan mengalir secara perlahan menuju sungai, danau atau tempat penampungan air alamiah lainnya dan akan mengalami proses evaporasi kembali (Chay Asdak, 2007).

Sifat Batuan Terhadap Airtanah

Berdasarkan perlakuan terhadap airtanah, sifat batuan terhadap airtanah dapat dibagi menjadi empat, yaitu :

1. Akuifer (lapisan pembawa air) yaitu batuan atau lapisan batuan yang mempunyai susunan sedemikian rupa sehingga dapat mengalirkan air yang cukup berarti di bawah kondisi lapangan (mempunyai permeabilitas dan porositas yang baik).
2. Akuiklud (Lapisan kedap air / *impermeable*) yaitu batuan atau lapisan batuan yang dapat menyimpan air tetapi tidak dapat mengalirkannya dalam jumlah yang berarti. Contoh : Batulempung.

3. Akuifug (lapisan kebal air) yaitu batuan atau lapisan batuan yang tidak dapat menyimpan dan mengalirkan air. Contoh : granit.
4. Akuitar yaitu batuan atau lapisan batuan yang mempunyai susunan sedemikian rupa sehingga dapat menyimpan air tetapi hanya dapat mengalirkan air dalam jumlah yang terbatas. Contoh : Batulempung pasiran

Tipe Akuifer

Berdasarkan litologi, akuifer dibedakan menjadi 4 (Suharyadi, 1984), yaitu :

1. Akuifer bebas (*Unconfined aquifer*) yaitu suatu akuifer yang mana muka airtanah merupakan batas atas dari zona jenuh air.
2. Akuifer tertekan (*Confined aquifer*) yaitu suatu akuifer yang terletak di bawah lapisan kedap air (*impermeabel*) dan mempunyai tekanan lebih besar daripada tekanan atmosfer.
3. Akuifer bocor (*Leakage aquifer*) yaitu suatu akuifer yang terletak di bawah lapisan setengah kedap air sehingga terletak antara akuifer bebas dan akuifer tertekan.
4. Akuifer menggantung (*Perched aquifer*) yaitu akuifer yang mempunyai massa airtanahnya terpisah dari massa airtanah induk oleh suatu lapisan yang relatif

kedap air yang tidak begitu luas dan terletak di zona jenuh air.

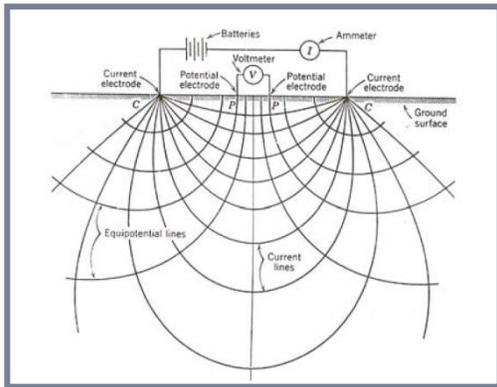
Pengertian Geolistrik

Geolistrik adalah salah satu metoda geofisika yang didasarkan pada penerapan konsep kelistrikan pada masalah kebumian. Tujuannya adalah untuk memperkirakan sifat kelistrikan medium atau formasi batuan bawah-permukaan terutama kemampuannya untuk menghantarkan atau menghambat listrik (konduktivitas atau resistivitas). (Legget, 1962).

Geolistrik dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik DC yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Injeksi arus listrik ini menggunakan dua buah elektroda arus A dan B yang ditancapkan ke dalam tanah pada jarak tertentu. Semakin panjang elektroda AB akan menyebabkan aliran arus listrik menembus lapisan batuan lebih dalam. Dengan adanya aliran arus listrik tersebut akan menimbulkan tegangan listrik di dalam tanah. Tegangan listrik yang terjadi di dalam tanah diukur menggunakan multimeter yang terhubung melalui dua buah elektroda tegangan. M dan N yang jaraknya lebih pendek daripada elektroda AB. Bila posisi jarak elektroda AB diubah menjadi lebih besar maka tegangan listrik yang terjadi pada elektroda MN ikut berubah. Dengan asumsi bahwa kedalaman lapisan batuan yang bisa ditembus oleh arus listrik ini sama dengan separuh dari jarak AB yang biasa disebut $AB/2$.

Resistivitas ditentukan dari suatu tahanan jenis semu yang dihitung dari pengukuran perbedaan potensi antara elektroda yang ditempatkan di bawah

permukaan. Pengukuran suatu beda potensial antara dua elektroda sebagai hasil dua elektroda lain pada titik C yaitu tahanan jenis di bawah permukaan tanah di bawah elektroda. (Todd, 1959).



Gambar. Konfigurasi Elektroda pada metode Geolistrik, (Todd,1959)

Geolistrik lebih efektif jika digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal, jarang memberikan informasi lapisan di kedalaman lebih dari 1000 atau 1500 kaki. Oleh karena itu metode ini jarang digunakan untuk eksplorasi minyak tetapi lebih banyak digunakan dalam bidang geologi teknik seperti penentuan kedalaman batuan dasar, pencarian reservoir air, juga digunakan dalam eksplorasi panas bumi.

METODOLOGI

Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah pengambilan data geolistrik dan pemetaan hidrogeologi secara langsung di sekitar area di lokasi penelitian. Pengukuran geolistrik untuk studi akuifer digunakan metode pengukuran resistivitas konfigurasi Schlumberger dengan resolusi *vertical electric sounding* (VES). Pelaksanaan pengambilan data geolistrik dilakukan sesuai dengan kebutuhan daerah pengembangan airtanah di wilayah Kecamatan Kaliwungu Kendal dan

sekitarnya memiliki kemiringan lereng yang tidak terlalu terjal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geomorfologi

Berdasarkan analisis kualitatif dan kuantitatif yang telah dilakukan, dapat diketahui kondisi geomorfologi daerah penelitian. Analisis kualitatif dilakukan dengan memisahkan dan mengelompokkan daerah berdasarkan keseragaman kontur dan proses-proses yang mempengaruhi pembentukan morfologi, serta dengan pengamatan langsung di lapangan, sedangkan analisis kuantitatif dilakukan dengan pengukuran dan perhitungan morfometri (beda tinggi dan kelengkapan) yang didasarkan pada Van Zuidam 1983.

Satuan Relief	Sudut Lereng	Beda Tinggi
Dataran	0 – 2 %	<5 m
Bergelombang Landai	3 – 7 %	5 – 50 m
Bergelombang Miring	8 – 13 %	25-75 m
Berbukit Bergelombang	14 – 20 %	50 – 200 m
Berbukit Terjal	21 – 55 %	200– 500 m
Pegunungan Sangat Terjal	56 – 140 %	500 – 1000 m
Pegunungan Sangat Curam	>140 %	>1000 m

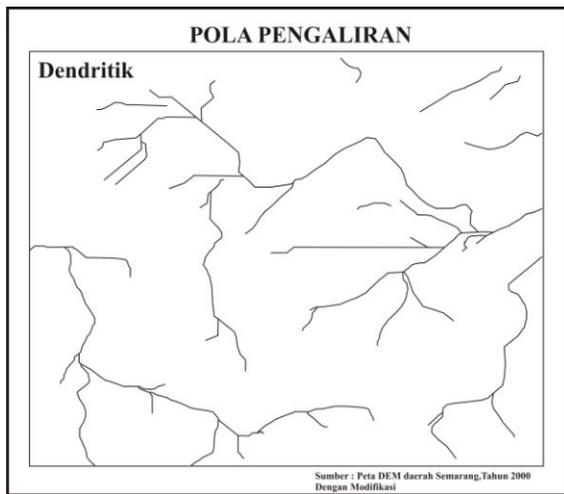
Tabel Klasifikasi relief berdasarkan morfometri (Van Zuidam, 1983)

Berdasarkan kedua analisis tersebut maka kondisi geomorfologi pada daerah penelitian terbagi menjadi dua satuan geomorfologi, yaitu:

1. Satuan Bentuklahan Berbukit Bergelombang Denudasional
2. Satuan Bentuklahan Dataran Denudasional

Pola Pengaliran

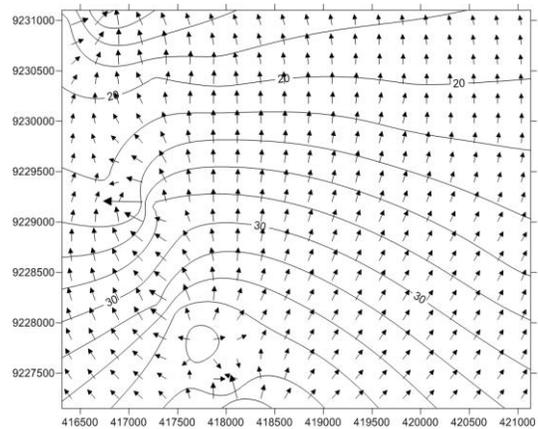
Pola pengaliran yang terbentuk pada daerah penelitian adalah pola pengaliran *dendritik*. Pola ini dapat dilihat dan dicirikan dari kenampakan anak sungai yang bercabang-cabang dengan suatu garis yang memotong kontur. Sungai yang berada dalam daerah ini tergolong dalam sungai stadia dewasa. Pola pengaliran ini dapat dilihat pada sungai-sungai berikut, antara lain: sungai Blorong beserta anak sungainya.



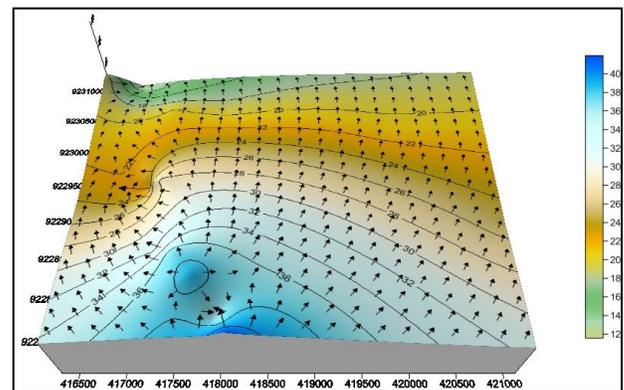
Gambar. Pola Pengaliran

Pengukuran Muka Airtanah Dangkal

Untuk mengetahui arah aliran MAT (Muka Airtanah), maka dilakukan pengukuran tinggi muka air pada sumur dangkal. Nilai ketinggian muka airtanah dangkal diperoleh setelah menghitung selisih antara elevasi lokasi pengukuran dengan nilai kedalaman sumur.



Gambar. Arah aliran Muka Airtanah dalam bentuk 2D (tanpa skala)



Gambar. Arah aliran Muka Airtanah dalam bentuk 3D (tanpa skala)

Berdasarkan hasil pengolahan data pengukuran MAT, dapat dilihat kecenderungan arah aliran airtanah dari kenampakan 2D dan 3D yaitu mengarah ke utara. Hal tersebut dikontrol oleh faktor elevasi karena elevasi pada daerah penelitian bagian selatan cenderung lebih tinggi dibandingkan daerah penelitian bagian utara sehingga arah aliran airtanah mengarah ke utara. Kedalaman Airtanah pada daerah penelitian bagian utara cenderung lebih dangkal dan seragam yaitu berkisar antara 1 meter sampai dengan 3 meter, dengan elevasi yang cenderung landai. Sedangkan pada daerah penelitian bagian Selatan tepatnya pada Desa Magelung, Protomulyo, Rojosari dan Nolakerto memiliki kedalaman airtanah

yang lebih bervariasi antara 8 meter sampai 19 meter dengan elevasinya yang cukup tinggi karena berada pada daerah berbukit.

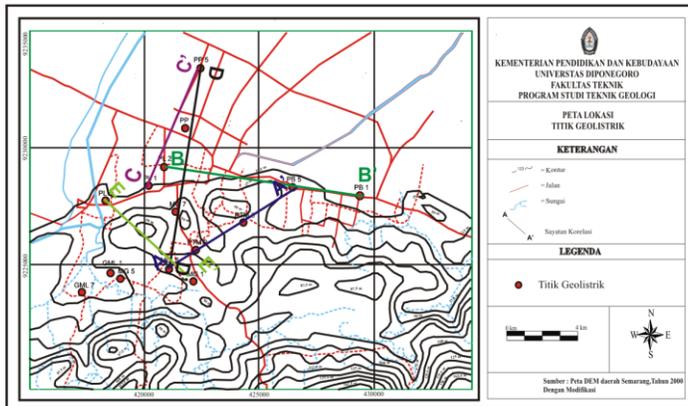
Analisis Titik Pengukuran Geolistrik

Untuk mengetahui jenis lapisan/litologi batuan pada pengukuran geolistrik, perlu diketahui kisaran nilai tahanan jenis dari tiap litologi sesuai dengan kondisi daerah penelitian.

Endapan	Nilai Tahanan jenis(Ωm)	Jenis Litologi
Aluvium (Qal)	≤ 10	Lempung
	10 – 20	Lempung pasir
	20 – 30	Pasir
Formasi Damar (QTd)	Nilai Tahanan jenis(Ωm)	Jenis Litologi
	≤ 10	Batulempung
	10 – 20	Batulempung pasir
	20 – 100	Batupasir
	>100	Breksi

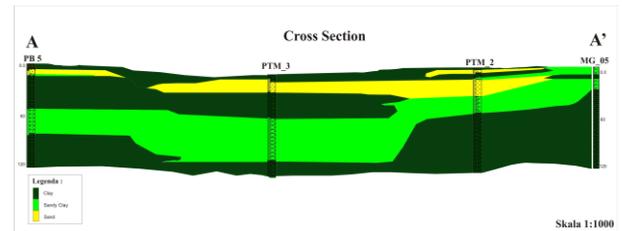
Tabel. Sebaran litologi berdasarkan nilai tahanan jenis

Korelasi



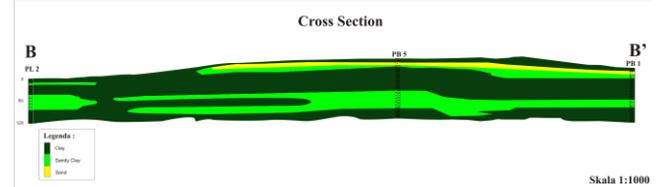
Peta Titik Geolistrik Daerah Penelitian

Penampang A – A'



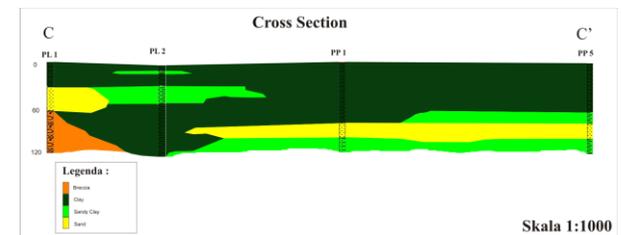
Gambar Penampang A – A' (PB 5 – PTM 3 – PTM 2 – MG 05)

Penampang B – B'



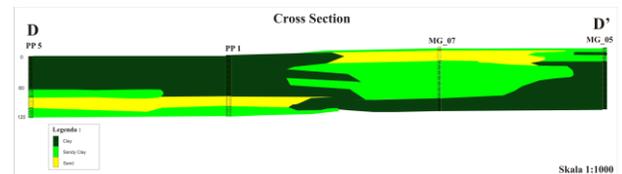
Gambar Penampang B – B' (PL 2 – PB 5 – PB 1)

Penampang C – C'



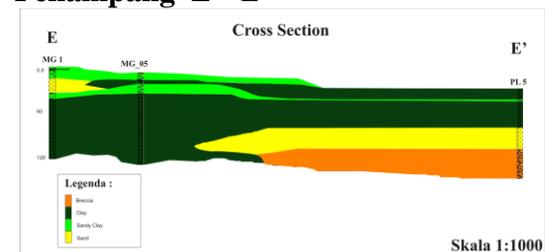
Gambar Penampang C – C' (PL 1 – PL 2 – PP 1 – PP 5)

Penampang D – D'



Gambar Penampang D – D' (PP 1 – PP 5 – MG 07 – MG 05)

Penampang E – E'



Gambar Penampang E – E' (MG 1 – MG 05 – PL 5)

Interpretasi Dimensi dan Jenis Akuifer

Hasil dari korelasi titik – titik geolistrik yang ada menghasilkan suatu gambaran dari posisi akuifer. Akuifer berada pada litologi pasir yang merupakan hasil dari lapukan breksi vulkanik dan juga batupasir tufan. Posisi dari akuifer cenderung dangkal dengan dimensi yang cenderung tipis dan menjari.

- Penampang A – A' : Akuifer berada pada daerah yang dangkal dengan besaran dimensi sekitar 3 meter dan terletak pada kedalaman 2.28 meter. Jenis akuifer yang muncul pada penampang ini adalah jenis akuifer menggantung, terlihat terpisah dari massa airtanah induk yang berada di bawah. Jenis akuifer dari lapisan airtanah induk ini merupakan jenis akuifer tertekan, terlihat dari kondisinya yang di tekan oleh lapisan akuitar. Dimensi dari akuifer yang kedua adalah 19 meter dengan kedalaman 13.5 meter dari permukaan.
- Penampang B – B' : Akuifer berada pada daerah yang dangkal dan cenderung dekat dengan permukaan, terletak pada kedalaman 5.5 meter dengan dimensi sekitar 5 meter . Jenis akuifer yang terbentuk pada penampang ini adalah jenis akuifer bebas karena batas muka airtanah pada lokasi ini merupakan batas atas zona jenuh air

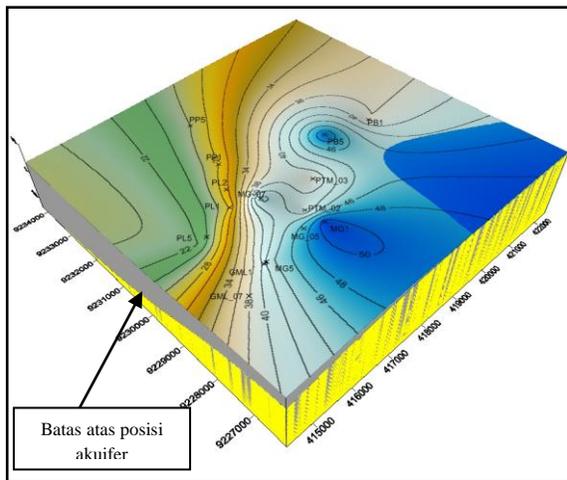
- Penampang C – C' : Pada penampang ini akuifer terdiri dari dua akuifer tertekan yaitu pada kedalaman 32 meter dan 80 meter dengan masing – masing dimensi 31 meter dan 20 meter. Jenis akuifer yang terlihat pada penampang ini merupakan jenis akuifer tertekan, karena posisi akuifer berada tepat diantara lapisan *impermeable*.

- Penampang D – D' : Posisi akuifer pada penampang ini ada yang dangkal dan ada juga pada posisi yang cukup dalam. Jenis pada lokasi dangkal merupakan jenis akuifer bebas, terlihat karena batas muka airtanah pada lokasi ini merupakan batas atas zona jenuh air, dengan dimensi sekitar 19 meter pada kedalaman 6 meter. Sedangkan akuifer yang kedua terletak pada kedalaman 80 meter dengan dimensi berkisar 20meter, merupakan jenis akuifer tertekan terlihat dari kondisinya berada diantara lapisan yang *impermeable*

- Penampang E – E' : Pada penampang ini terdapat dua akuifer yaitu akuifer dangkal dan akuifer dalam. Akuifer dangkal berada pada kedalaman 13.9 meter dengan dimensi sekitar 28 meter, merupakan jenis akuifer tertekan karena posisi nya berada di antara lapisan

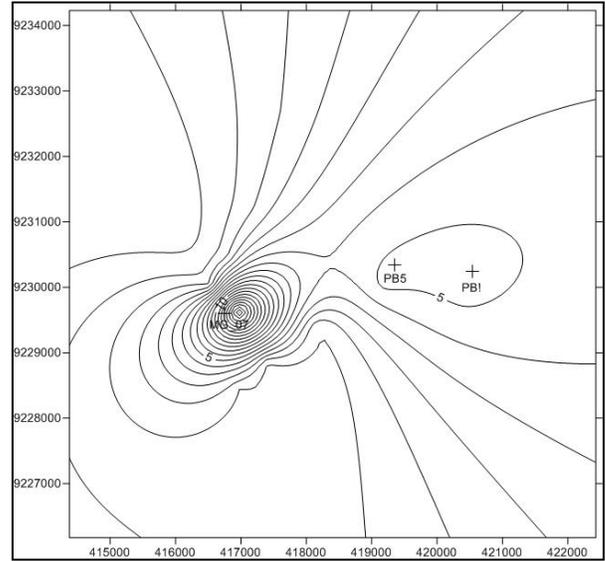
impermeable. Akuifer dalam berada pada posisi kedalaman 80 meter dan dengan dimensi sekitar 20 meter, merupakan jenis akuifer tertekan karena berada diantara lapisan *impermeable*.

- Berdasarkan titik borehole geolistrik, dapat dibuat model posisi akuifer dalam bentuk 3D dengan berpatokan pada letak batupasir pada tiap lapisan. Akuifer pada bagian barat lebih dalam jika dibandingkan dengan akuifer di bagian timur daerah penelitian.

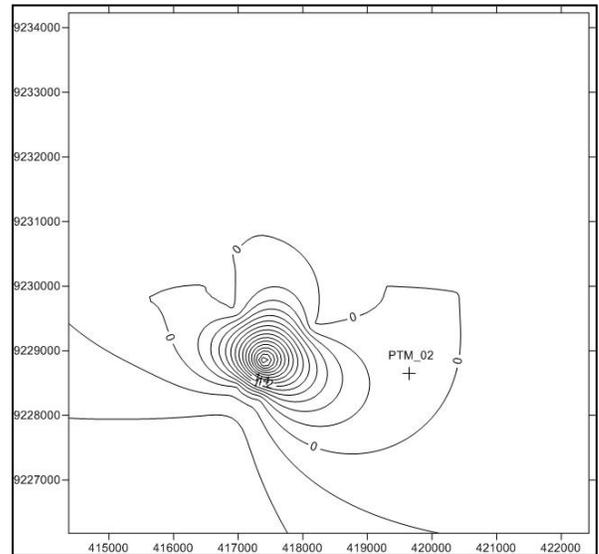


Peta Isotop Akuifer dalam bentuk 3D

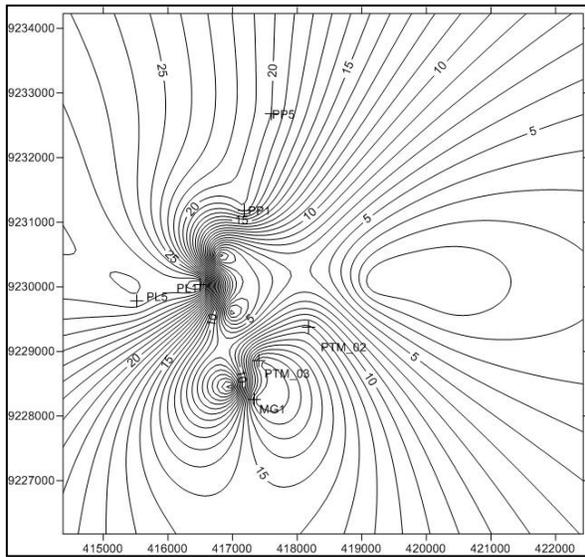
Tebal dari tiap – tiap lapisan akuifer dapat dilihat dalam bentuk peta *isopach* berdasarkan sebaran akuifernya



Model Isopach Akuifer bebas dalam bentuk 2D



Model Isopach Akuifer menggantung dalam bentuk 2D



Model Isopach Akuifer tertekan dalam bentuk 2D

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Hasil analisis dan interpretasi data geolistrik berdasarkan nilai tahanan jenis, maka dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok jenis batuan berdasarkan nilai tahanan jenis sebenarnya.

Sebaran litologi berdasarkan nilai tahanan jenis

Endapan	Nilai Tahanan jenis(Ωm)	Jenis Litologi
	Aluvium (Qal)	≤ 10
10 – 20		Lempung pasiran
20 – 30		Pasir
Formasi Damar (Qtd)	Nilai Tahanan jenis(Ωm)	Jenis Litologi
	≤ 10	Batulempung
	10 – 20	Batulempung pasiran
	20 – 100	Batupasir
	>100	Breksi

2. Morfologi daerah penelitian berdasarkan nilai morfometrinya terbagi atas:

- Satuan Bentuk Lahan Berbukit Bergelombang Denudasional
- Satuan Bentuk Lahan Dataran Denudasional

3. Arah aliran airtanah pada daerah penelitian mengarah ke utara (daerah dataran)

4. Jenis akuifer pada daerah penelitian :
- Daerah Endapan Aluvium (Qal) berupa akuifer bebas dan akuifer tertekan
 - Formasi Damar (Qtd) berupa akuifer tertekan dan akuifer menggantung

5. Akuifer berada pada daerah yang dangkal dan juga pada daerah yang dalam

Saran

Pengambilan airtanah pada daerah Plantaran dan Pasar pagi sebaiknya menggunakan bantuan pompa, karena pada daerah tersebut akuifer cenderung pada posisi yang cukup dalam.

DAFTAR PUSTAKA

- Bemmelen, R.W. van., 1949, *The Geology of Indonesia*, Vol. I A, Government Printing Office, the Hague.
- Boyd, T.M. 1996. *Resistivity Rock*. New York : McGray-Hill book, (online), (URL:<http://galitzin.mines.edu/INTR OGP/html>, diakses tanggal 16 juli 2011).
- Broto, Sudaryo dan Afifah, R.S. 2008. *Pengolahan Data Geolistrik dengan Metode Schlumberger*. Majalah Teknik, Vol. 29 No. 2 Tahun 2008, ISSN 0852-1697.
- Karant, K.R. 1987. *Groundwater Assessment*. New Delhi : Tata McGraw-Hill Book Publishing Co.
- Legget, Robert F. 1962. *Geology and Engineering*. New York : McGraw-Hill book company, inc.
- Mandel, S. 1981, *Groundwater Resources: Investigation and Development*, Academic Press, New York.
- Patra, H.P dan Nath, S.K. 1999. *Schlumberger Geoelectric Sounding In Groundwater*. Kharagpur West Bengal India. Department of Geology & Geophysics, Indian Institute of Technology.
- Satyana, Awang. 2008. *Indentasi Jawa Timur, Depresi Lumajang, dan Kelurusan Semeru-Bromo-Penanjakan*, (online),(IAGI.<http://www.mail-archive.com>, diakses 27 Desember 2008).
- Sosrodarsono, S (ed), 1978, *Hidrologi Untuk Pengairan*, Pradnya Paramita, Jakarta
- Sulaiman, Firdaus. 2008. *Geolistrik*. Bandung : Jatinangor, (online), URL:<http://geolistrik/Firdaus%20Sulaiman%20Blog%20%2BB%20Geo-listrik.html>, diakses tanggal 20 oktober 2010).
- Thanden R.E, Harli Sumadirdja dan Paul W.Richards. 1996. *Peta Geologi lembar Magelang dan Semarang, jawa*. Skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Todd, D.K. 1959. *Groundwater Hydrology*. New York : Associate Professor of Civil Engineering California University, John Wiley & Sons.
- Van Zuidam, R.A., 1983, *Aspects of The Applied Geomorphologic Map of Republic of Indonesia*, ITC, The Netherlands.

LAMPIRAN

PERHITUNGAN MORFOMETRI

1. Morfometri Kontur Rapat

$$\text{Indeks Kontur (IK)} = 1 / 2000 \times 25000 = 12.5$$

$$\Delta h = 5 \times 12.5 = 62.5$$

a. Sayatan 1

$$\begin{aligned} d = 1.2 \text{ cm} &= 1.2 \times 25000 \\ &= 30000 \text{ cm} &&= 300 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Lereng} &= \Delta h / d \times 100 \% \\ &= 62.5 / 300 \times 100 \% = 20.83\% \end{aligned}$$

b. Sayatan 2

$$\begin{aligned} d = 1.5 \text{ cm} &= 1.5 \times 25000 \\ &= 37500 \text{ cm} &&= 375 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Lereng} &= \Delta h / d \times 100 \% \\ &= 62.5 / 375 \times 100 \% = 16,66\% \end{aligned}$$

c. Sayatan 3

$$\begin{aligned} d = 1 \text{ cm} &= 1.1 \times 25000 \\ &= 25000 \text{ cm} &&= 250 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Lereng} &= \Delta h / d \times 100 \% \\ &= 62.5 / 250 \times 100 \% = 25\% \end{aligned}$$

d. Sayatan 4

$$\begin{aligned} d = 2,2 \text{ cm} &= 2,2 \times 25000 \\ &= 55000 \text{ cm} &&= 550 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Lereng} &= \Delta h / d \times 100 \% \\ &= 62.5 / 550 \times 100 \% = 11.36\% \end{aligned}$$

Rata – Rata % Lereng pada Kontur Rapat (Warna Coklat)

$$\text{Beda Ketinggian} = \text{Top Hill} - \text{Down Hill}$$

$$\begin{aligned} &\frac{20.83\% + 16.66\% + 25\% + 11.36\%}{4} = 18.46\% \\ &= 150\text{m} - 25\text{m} = 125 \text{ meter} \end{aligned}$$

Dilihat dari kelerengan dan beda tinggi, maka dapat disimpulkan daerah tersebut memiliki relief **Berbukit Bergelombang**, (Van Zuidam, 1983).

Tabel Kedalaman Sumur Dangkal pada Daerah Penelitian

NO	DESA	X	Y	ELEVASI Z (m)	KEDALAMAN D (m)	KETINGGIAN MAT (m)
1	SUKING	419920	9229895	23	1	22
2	SUMBER REJO	421132	9228671	38	13	25
3	SARIMULYO	416754	9231103	12.5	1	11.5
4	SARIMULYO	417926	9230500	21	2.2	18.8
5	PLANTARAN	416311	9230157	23	2.5	20.5
6	PLANTARAN	417273	9230416	22	1.8	20.2
7	PROTOMULYO	417201	9229183	43	15	28
8	PROTOMULYO	417094	9229175	40	18	22
9	MAGELUNG	418014	9227368	48	12	36
10	MAGELUNG	417764	9227818	40	1	39
11	MAGELUNG	417316	9228190	47	15	32
12	MAGELUNG	417527	9228082	45	8	37
13	ROJOSARI	418108	9227152	62	20	42
14	GAMBIRAN	419933	9230078	23	2	21
15	PLANTARAN	416317	9230982	21	3	19
16	NOLOKERTO	419637	9228255	64	19	45

