

# **PENYELIDIKAN ZONA AKUIFER MENGGUNAKAN GEOLISTRIK METODE *SCHLUMBERGER* DI SEKITAR PANTAI UTARA KECAMATAN KRAMAT, SURADADI DAN WARUREJA KABUPATEN TEGAL, JAWA TENGAH**

Oleh :

*Dedi Setiono\**, *Henarno Pudjihardjo\**, *Wahju Krisna\**  
(corresponding email : *geodds@gmail.com*)

\* *Program Studi Teknik Geologi Universitas Diponegoro, Semarang*

## **ABSTRAK**

Salah satu permasalahan yang sering terjadi di kecamatan Kramat, Suradadi, dan Warureja, Kabupaten Tegal adalah sulitnya masyarakat mendapatkan air bersih untuk kebutuhan industri maupun kebutuhan sehari-hari. Kesulitan tersebut disebabkan karena belum adanya data pendukung untuk dilakukannya pengeboran airtanah sehingga tentunya masyarakat merugi bila hasil pengeboran airtanah mereka belum kunjung menemukan sumber air bersih. Tujuan dari penelitian adalah menentukan zona akuifer, jenis akuifer dan arah aliran airtanah berdasarkan pemetaan hidrogeologi dan pengolahan data geolistrik metode *Schlumberger*.

Geolistrik merupakan metode geofisika yang digunakan untuk mengetahui kondisi geologi bawah permukaan berdasarkan variasi nilai resistivitas jenis batumannya. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah geolistrik metode *Schlumberger*, dengan 16 titik pengukuran geolistrik yang tersebar di sekitar pantai utara Kabupaten Tegal. Proses pengolahan data dilakukan menggunakan software IPI2win untuk mengetahui nilai resistivitas sebenarnya beserta kedalamannya.

Hasil interpretasi litologi berdasarkan nilai resistivitas batuan, dapat dikelompokkan menjadi lempung air Asin (0,06-0,27  $\Omega$ m), lempung air Payau (0,4-0,99  $\Omega$ m), lempung air tawar (1,057-9,714  $\Omega$ m), lempung pasir (10,18-19,87  $\Omega$ m), pasir (20,44-119,7  $\Omega$ m) dan gravel ( $\geq$  124,3  $\Omega$ m). Litologi akuifer pada daerah penelitian berupa pasir yang memiliki sifat permeabilitas dan porositas yang baik. Hasil dari nilai resistivitas dibuat penampang geolistrik dan dikorelasikan untuk menentukan letak, dimensi dan jenis akuifer yang terdapat pada daerah penelitian. Jenis akuifer yang terlihat dari hasil korelasi adalah akuifer bebas, akuifer bocor dan akuifer tertekan. Debit aliran airtanah pada akuifer tertekan pada wilayah penelitian ini adalah 4090,82 m<sup>3</sup>/hari. Nilai tersebut setara dengan 47,35 liter/detik atau setara dengan 1.493.149,3 m<sup>3</sup>/tahun.

**Kata Kunci :** Resistivitas, Geolistrik metode *Schlumberger*, Jenis Akuifer, potensi airtanah

## **I. PENDAHULUAN**

Airtanah merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat. Sebagai sumber utama air bersih, kebutuhan masyarakat terhadap airtanah semakin meningkat sejalan dengan pemahaman masyarakat akan pentingnya penggunaan air bersih dalam kehidupan sehari-hari. Di kegiatan industri, air bersih juga sangat

dibutuhkan bagi kegiatan perindustrian sebagai roda penggerak industri.

Dalam buku Kabupaten Tegal dalam Angka tahun 2012, disebutkan bahwa produksi air PDAM Kabupaten Tegal tahun 2011 menunjukkan adanya kenaikan sekitar 2,20% dari 3.353.298 m<sup>3</sup> menjadi 3.427.116 m<sup>3</sup>, yang terjual naik sekitar 4,35% menjadi 2.771.902 m<sup>3</sup> sehingga tingkat kebocoran menurun 6,06% dibanding

tahun 2010 dari tahun sebelumnya sebanyak 20,78 m<sup>3</sup> sehingga menjadi 655.214 m<sup>3</sup>.

Meskipun masih terdapat kelebihan produksi air minum dari yang terjual sebesar 655.214 m<sup>3</sup>, namun penyediaan kebutuhan air minum ke depan akan menjadi tantangan berat karena akan terjadi peningkatan kebutuhan air minum sejalan dengan laju pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri.

Permasalahan yang sering terjadi di tiga kecamatan Kabupaten Tegal yang terletak di sekitar jalur nasional pantai utara (pantura), yaitu kecamatan Kramat, Suradadi, dan Warureja, adalah sulitnya masyarakat mendapatkan air bersih untuk kebutuhan industri maupun kebutuhan sehari-hari. Kesulitan tersebut disebabkan karena belum adanya data pendukung untuk dilakukannya pengeboran airtanah sehingga tentunya masyarakat merugi bila hasil pengeboran airtanah mereka belum kunjung menemukan sumur air bersih.

## II. LOKASI PENELITIAN

Lokasi Penelitian, meliputi Kecamatan Kramat, Suradadi, dan Warureja bagian Utara. Letak geografis ketiga Kecamatan tersebut terletak pada posisi 106°04'25"BT - 109°23'00" BT dan antara 6°52'44" LS - 6°90'47" LS. Lokasi penelitian ini memiliki batas-batas wilayah administratif di sebelah Utara berbatasan dengan Laut Jawa, sebelah Selatan dengan Kecamatan Talang, Tarub, Banteng dan Jatinegara, sebelah Timur dengan Kabupaten Pemalang dan di sebelah Barat dengan Kota Tegal. Lokasi penelitian berjarak ± 165 km dari kota Semarang ke arah Barat.

## III MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dari penelitian ini yaitu meneliti kondisi airtanah di Kecamatan Kramat, Suradadi, dan Warureja dengan melakukan pengambilan dan analisis data lapangan berupa data pemetaan hidrogeologi serta geolistrik metode *Schlumberger*. Sedangkan tujuan penelitian ini adalah mengetahui kondisi geomorfologi dan litologi pada daerah penelitian, mengetahui kondisi bawah permukaan daerah penelitian dengan membuat diagram pagar, mengetahui pola aliran muka airtanah pada daerah penelitian, mengetahui jenis akuifer dan persebarannya pada daerah penelitian, dan mengetahui potensi debit aliran airtanah pada daerah penelitian.

## IV TINJAUAN PUSTAKA

### 4.1 Kondisi Airtanah Dataran Alluvial

Dataran Alluvial merupakan dataran yang terbentuk akibat proses-proses geomorfologi yang lebih didominasi oleh tenaga eksogen antara lain iklim, curah hujan, angin, jenis batuan, topografi, suhu, yang semuanya akan mempercepat proses pelapukan dan erosi.

Hasil erosi diendapkan oleh air ke tempat yang lebih rendah atau mengikuti aliran sungai. Dataran alluvial menempati daerah pantai, daerah antar gunung, dan dataran lembah sungai. daerah alluvial ini tertutup oleh bahan hasil rombakan dari daerah sekitarnya, daerah hulu ataupun dari daerah yang lebih tinggi letaknya. Potensi airtanah daerah ini ditentukan oleh jenis dan tekstur batuan. Daerah pantai terdapat cukup luas di pantai timur Pulau Sumatera, Pulau Jawa bagian Utara dan selatan,

Pulau Kalimantan dan Irian Jaya bagian Selatan. Airtanah daerah dataran pantai selalu terdapat dalam sedimen kuartar dan resen yang batuanannya terdiri dari pasir, kerikil, dan berinteraksi dengan lapisan lempung.

Kondisi airtanah pada lapisan tersebut semuanya dalam keadaan tertekan, mempunyai potensi yang umumnya besar, namun masih bergantung pada luas dan penyebaran lapisan batuan dan selalu mendapat ancaman interusi air laut, apabila pengambilan airtanah berlebihan. Dataran antar gunung di pulau Jawa terdapat di Bandung, Garut, Madiun, Kediri, Nganjuk, dan Bondowoso, daerah ini sebagian besar dibatasi oleh kaki gunung api. Lapisan batuan terdiri atas bahan klastika hasil rombakan batuan gunung api sekitarnya. Pengertian susunan litologi dari butir kasar ke halus membentuk suatu kondisi airtanah tertekan, cekungan airtanah antar gunung mempunyai potensi yang cukup besar.

#### 4.2 Hidrolika Aliran Airtanah

Airtanah dalam keadaan sebenarnya mempunyai gerakan yang tidak berubah. Gerakan tersebut diatur oleh prinsip-prinsip hidrolika. Pada aliran airtanah lewat akifer, dasar hukum yang berlaku adalah Hukum Darcy dan Hukum Kontinuitas.

Hukum Darcy adalah hukum yang dikemukakan oleh Henry Darcy (1856), melakukan penyelidikan aliran airtanah yang melalui material yang berpori. Hasil percobaannya menyatakan bahwa kecepatan aliran melalui media berpori tergantung dari landaian hidrolika dan kelulusan air. Percobaan Darcy dilakukan dengan mengalirkan air dalam kolom pasir

berbentuk silinder dengan debit tertentu.

#### Hukum Darcy :

- Kecepatan aliran air yang melalui suatu peralihan pasir adalah berbanding pada tekanan dan berbanding terbalik dengan ketebalan lapisan yang dilaluinya (lintasannya).

$$V = (K \cdot h) / L$$

Keterangan :

v = kecepatan alir (cm/dt)

K = koefisien kelulusan air

hl = head loss (kehilangan tenaga sepanjang lintasan)

L = panjang lintasan (cm)

- Besarnya debit pengaliran pada media berpori berbanding lurus dengan kehilangan tinggi tenaga (head loss) dan berbanding terbalik dengan panjang lintasan air

$$Q = K \cdot A \cdot i$$

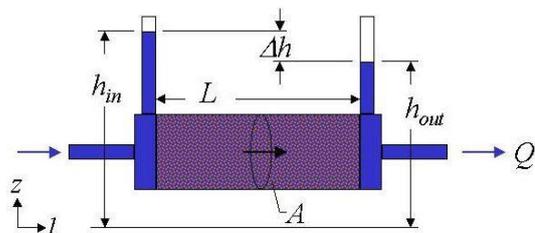
Keterangan :

Q = debit air yang dialirkan lewat kolom pasir

K = koefisien kelulusan air

A = luas penampang kolom pasir (m<sup>2</sup>)

i = lereng



Gambar Diagram Hukum Darcy

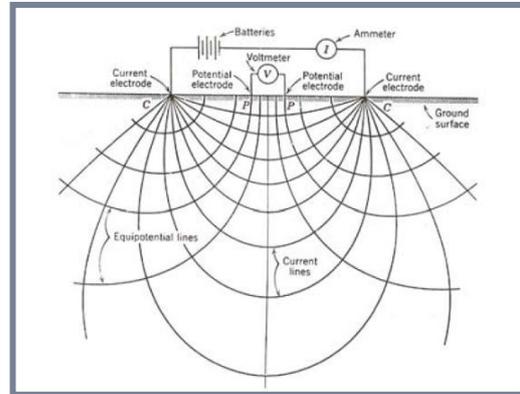
### 4.3 Pengertian Geolistrik

Geolistrik adalah salah satu metoda geofisika yang didasarkan pada penerapan konsep kelistrikan pada masalah kebunian. 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.

### V METODOLOGI

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah pemetaan geologi, pengambilan data geolistrik, dan juga pengukuran muka airtanah dangkal secara langsung pada lokasi penelitian. Pengukuran geolistrik untuk penyelidikan akuifer digunakan metode pengukuran resistivitas konfigurasi *Schlumberger* pada daerah penelitian. Konfigurasi *Schlumberger* ini dilakukan dengan cara mengukur besarnya kuat arus dan beda potensial dengan jarak elektroda yang berbeda.

## **VI HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **6.1 Pemetaan Geologi**

#### **6.1.1 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 (morfogenesis), serta dengan pengamatan langsung di lapangan, sedangkan analisis kuantitatif dilakukan dengan pengukuran dan perhitungan morfometri (beda tinggi dan kelerengan) yang didasarkan pada Van Zuidam 1983.

#### **a. Satuan Bentuklahan Bergelombang Landai Denudasional**

Berdasarkan analisis tersebut dapat ditentukan kondisi geomorfologi pada wilayah penelitian adalah berupa satuan bentuklahan bergelombang landai denudasional. Proses yang dominan membentuk morfologi ini adalah proses denudasi dan wilayah ini terbentuk akibat proses pengendapan material endapan sungai dan laut sehingga jenis litologi yang menyusun lingkungan pengendapan ini yaitu campuran material halus hingga material berukuran lebih besar. Topografi wilayah ini relatif landai dengan material endapan lepas yang berukuran butir halus sampai kasar.

Satuan ini memiliki luas wilayah sekitar 80 %. Satuan ini memiliki persen lereng antara 4,8 % dan beda tinggi sebesar 27 meter. Berdasarkan nilai persen lereng dan beda tinggi tersebut yang didasarkan pada van Zuidam (1983), satuan ini dapat diklasifikasikan ke dalam satuan bentuklahan dataran. Sedangkan jika

klasifikasi tersebut dihubungkan dengan morfologinya, satuan tersebut merupakan satuan bentuklahan bergelombang landai denudasional.

Tata guna lahan yang sesuai pada bentuklahan ini adalah persawahan, dan untuk wilayah pemukiman hendaknya dibuat di daerah yang cenderung datar. Morfologi denudasional mendominasi merata semua wilayah daerah penelitian.

#### **b. Satuan Bentuklahan Dataran Fluvial**

Di daerah penelitian juga terdapat bentuklahan fluvial, yang mana merupakan bentuklahan hasil proses pengendapan sungai. Terdapat tiga sungai utama di wilayah penelitian, yaitu sungai Poh di Kecamatan Kramat, Sungai Cacaban dan Pakijingan di Kecamatan Suradadi, dan Sungai Rambut di Kecamatan Warureja. Sedangkan sungai yang lebih kecil merupakan anak-anak sungai dari ketiga sungai utama tersebut.

Litologi endapan sungai merupakan material kasar hingga halus tergantung dengan jauh dekatnya dengan sumber batuan asal yang tererosi. Semakin jauh posisi endapan dengan batuan sumbernya, maka semakin halus ukuran butir endapannya.

Satuan ini memiliki luas wilayah sekitar 5 %. Satuan ini memiliki persen lereng antara 1,8% dan beda tinggi sebesar 4 meter. Berdasarkan nilai persen lereng dan beda tinggi tersebut yang didasarkan pada van Zuidam (1983), satuan ini dapat diklasifikasikan ke dalam satuan bentuklahan dataran fluvial. Sedangkan jika klasifikasi tersebut dihubungkan dengan morfologinya,

satuan tersebut merupakan satuan bentuk lahan dataran fluvial. Tata guna lahan yang sesuai pada bentuklahan ini adalah untuk irigasi sawah, pembuatan batubata.

#### **c. Satuan Bentuklahan Berbukit Bergelombang Struktural**

Satuan ini merupakan satuan yang didominasi oleh wilayah perbukitan. Proses yang dominan membentuk morfologi ini adalah proses struktural. Pembentukan bukit di sini diakibatkan oleh tumbukan lempeng Indo-Australia dan Eurasia (Djuri dkk., 1996).

Satuan ini memiliki luas wilayah sekitar 10 %. Satuan ini memiliki persen lereng antara 16.79% dan beda tinggi sebesar 182 meter. Berdasarkan nilai persen lereng dan beda tinggi tersebut yang didasarkan pada van Zuidam (1983), satuan ini dapat diklasifikasikan ke dalam satuan bentuklahan berbukit bergelombang struktural.

Bentuklahan ini hanya terdapat di selatan Kecamatan Warureja sehingga tidak memiliki porsi yang berarti dalam kajian penelitian ini karena penelitian ini hanya fokus di daerah jalur pantai utara.

#### **d. Satuan Bentuklahan Dataran Pantai**

Satuan ini merupakan satuan yang didominasi oleh wilayah pantai. Proses yang dominan membentuk morfologi ini adalah pengendapan pasir pantai serta abrasi oleh ombak laut.

Bentuklahan ini terdapat di sepanjang batas utara wilayah penelitian.

## **6,1.2 Pemetaan Geologi**

### **a. Satuan Alluvium**

Daerah penelitian ini sebagian besar tersusun oleh endapan alluvial yang tersusun oleh pasir, lanau dan lempung. Satuan ini merupakan endapan hasil pengendapan sungai dan pengendapan pantai atau endapan fluviomarin. Satuan batuan ini masih berbentuk material yang belum terkonsolidasi, masih berupa material lepasan yang berukuran lempung – kerakal. Satuan batuan ini merupakan satuan batuan termuda yang berumur kuartar. Satuan batuan ini merupakan produk sedimenter yang terbentuk akibat proses erosional pada batuan yang sudah ada yang kemudian tertransport oleh proses Aluvium (sungai, rawa, atau laut) dan terendapkan pada suatu tempat.



**Gambar** Satuan Batuan Aluvium (Lokasi Desa Kesadikan)

### **b. Satuan Batupasir Perselingan Napal**

Satuan batupasir perselingan napal ini merupakan anggota dari Formasi Tapak (Tpt). Umur satuan batuan ini lebih tua dibandingkan Satuan Alluvium. Satuan batupasir perselingan napal ini berumur Pliosen. Satuan batuan ini hanya terdapat pada Kecamatan Warureja bagian Selatan. Secara kenampakan megaskopis

batupasir ini berwarna kuning kecoklatan, berukuran pasir sedang, memiliki kemas tertutup, sortasi sedang. Adapun struktur sedimennya berupa struktur perlapasan. Tingkat pelapukan batuan ini tergolong lapuk sedang. Sedangkan kenampakan megaskopis napal berwarna abu-abu kecoklatan, memiliki komposisi karbonatan yang cukup tinggi yang dibuktikan dengan keluarnya buih ketika ditetesi dengan larutan HCl. Tingkat pelapukan batuan ini tergolong lapuk tinggi.

titik dibuat rentang nilai yang sesuai dengan lapangan yang diteliti. Rentang nilai interpretasi geolistrik dapat dilihat pada tabel berikut ini.

**Tabel Pembagian Interval Nilai Tahanan Jenis Di Daerah Penelitian**

Nilai Tahanan Jenis $\Omega m$	Jenis Batuan	Fungsi Batuan	Perkiraan Fluida
0,06 – 0,27	Lempung	Akuiklud	Air Asin
0,4 – 0,99	Lempung	Akuiklud	Air Payau
1,057 – 9,714	Lempung	Akuiklud	Air Tawar
10,18 – 19,87	Lempung Pasiran	Akuiklud	Air Tawar
20,44 – 119,7	Pasir	Akuifer	Air Tawar
$\geq 124,3$	Gravel	Akuitar	Air Tawar



**Gambar** Satuan Batupasir Perselingan Napal (Lokasi Bendungan Ciperu)

## 6.2 Penyelidikan Geolistrik

Penyelidikan geolistrik yang dilakukan disini adalah pengambilan data bawah permukaan berupa nilai arus listrik dan potensial batuan sehingga didapatkan nilai resistivitas atau tahanan jenis batuan.

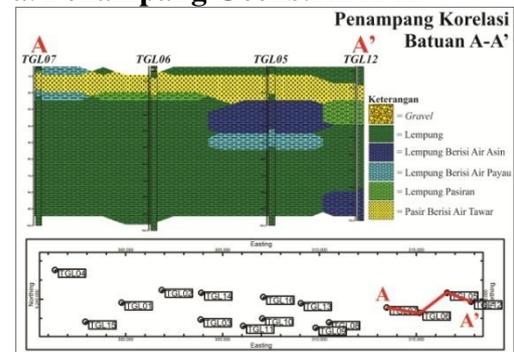
Tahanan jenis merupakan kemampuan suatu benda menahan arus listrik. Masing-masing batuan memiliki nilai resistivitas yang berbeda-beda sehingga terdapat rentang nilai yang dapat menjadi patokan interpretasi.

Pengukuran geolistrik dilakukan sebanyak 16 titik dengan bentangan rata-rata 400 m. Nilai resistivitas dari seluruh

## 6.3 Penampang Geolistrik

Berdasarkan hasil pengolahan dan interpretasi data geolistrik lapisan akuifer yang terdapat pada wilayah Endapan Aluvium berada pada endapan pasir. Dari hasil analisis 16 titik pengukuran geolistrik, dibuat 8 penampang geolistrik, yaitu:

### a. Penampang Geolistrik A-A'

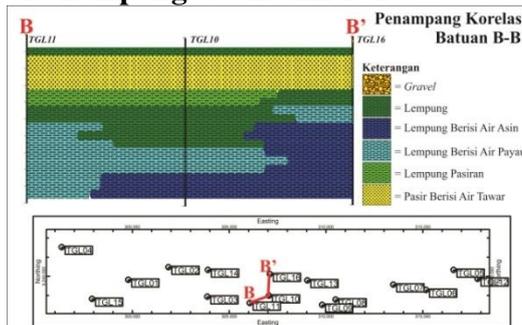


**Gambar** Penampang Korelasi Batuan A-A'

Berdasarkan penampang geolistrik A-A' yang melalui 4 titik pengukuran geolistrik, yaitu titik TGL-07, TGL-06, TGL-05 dan TGL-12. Diperoleh gambaran lapisan batuan penyusun daerah ini didominasi oleh lempung. Terdapat juga lapisan akuifer berupa pasir yang terdapat di kedalaman yang relatif dangkal. Pada titik TGL-07 akuifer ditemukan pada

kedalaman 7,7 meter dengan ketebalan 10,5 meter dengan jenis akuifernya berupa akuifer setengah tertekan. Pada titik TGL-06 akuifer ditemukan pada kedalaman 2,6 meter dan 7,8 meter dengan ketebalan 0,9 meter dan 10,8 meter, dengan jenis akuifernya adalah akuifer bocor. Pada titik TGL-05 akuifer ditemukan pada kedalaman 8,7 meter dengan ketebalan 11,9 meter dan jenis akuifernya adalah akuifer tertekan. Pada titik TGL-12 akuifer ditemukan pada kedalaman 2,6 meter dan 18,1 meter dengan ketebalan 1,4 meter dan 9,7 meter dan jenis akuifernya adalah akuifer bocor.

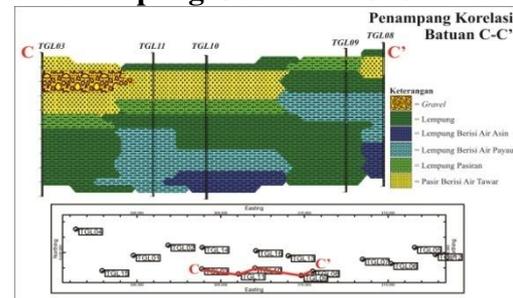
#### b. Penampang Geolistrik B-B'



Gambar Penampang Korelasi Batuan B-B'

Berdasarkan penampang geolistrik B-B' yang melalui 3 titik pengukuran geolistrik, yaitu titik TGL-11, TGL-10 dan TGL-16. Diperoleh gambaran akuifer berada pada daerah yang dangkal dan cenderung dekat dengan permukaan, terletak pada kedalaman 11,9 meter dengan dimensi sekitar 21 meter. Jenis akuifer yang terbentuk pada penampang ini adalah jenis akuifer tertekan pada TGL-16, karena batas muka air tanah pada lokasi ini merupakan batas atas zona jenuh air. Dan juga terdapat akuifer bocor pada TGL-10 dan TGL-11.

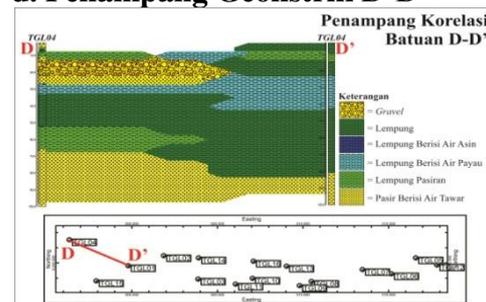
#### c. Penampang Geolistrik C-C'



Gambar Penampang Korelasi Batuan C-C'

Berdasarkan penampang geolistrik C-C' yang melalui 5 titik pengukuran geolistrik, yaitu titik TGL-03, TGL-10, TGL-11, TGL-09 dan TGL-08. Diperoleh gambaran lapisan batuan yang mendominasi adalah lempung. Pada penampang ini dapat diketahui keterdapat akuifer yang terdiri dari akuifer bocor yaitu pada titik TGL-10 dan TGL-11 di kedalaman 11,9 meter dengan ketebalan 20 meter dan termasuk pada akuifer dangkal. Titik TGL-03 juga terdapat akuifer bocor, yaitu terletak pada kedalaman 9,6-14,1 m dan 27,8 – 42,6 m. Selain itu juga terdapat akuifer setengah tertekan yang terdapat pada TGL-08 dengan kedalaman 9,6-22,4 m.

#### d. Penampang Geolistrik D-D'

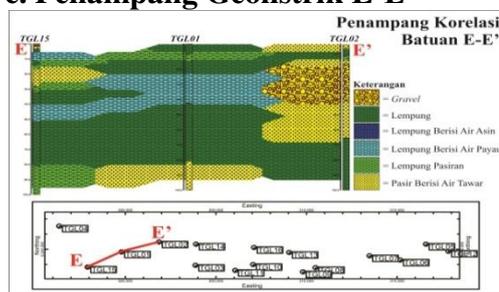


Gambar Penampang Korelasi Batuan D – D'

Berdasarkan penampang geolistrik D – D' yang melalui 2 titik pengukuran geolistrik, yaitu titik, TGL-04 dan TGL-01. Diperoleh gambaran pada lokasi ini terdapat 2 jenis akuifer yaitu akuifer dangkal dan akuifer dalam. Dapat diinterpretasikan pada kedalaman 5 meter merupakan akuifer dangkal dengan jenis

akuifer termasuk dalam jenis akuifer bebas, karena bagian atas akuifer merupakan zona jenuh air. Kemudian pada kedalaman 22,5 meter merupakan tipe akuifer tertekan dangkal. Jenis akuifer yang kedua merupakan akuifer dalam dengan tipe akuifernya merupakan akuifer tertekan terdapat pada kedalaman 65 meter. Tebal lapisan pada akuifer ini cenderung tebal dengan dimensi sekitar 35 meter.

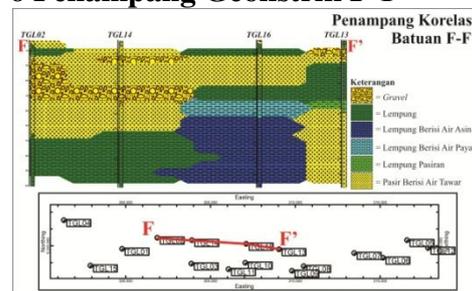
#### e. Penampang Geolistrik E-E'



Gambar Penampang Korelasi Batuan E-E'

Berdasarkan penampang geolistrik E-E' yang melalui 3 titik pengukuran geolistrik, yaitu titik, TGL-15, TGL-01 dan TGL-02. Diperoleh gambaran pada penampang ini terdapat dua akuifer yaitu akuifer dangkal dan akuifer dalam. Akuifer dangkal berada pada kedalaman 13.7 meter dan 16.7 meter dengan dimensi sekitar 2 meter dan 12 meter, merupakan jenis akuifer bocor karena posisinya berada di antara lapisan *impermeable* dan *semi permeable*. Pada bagian tengah daerah dangkal terdapat juga akuifer bebas yaitu pada kedalaman 22,5 meter dengan dimensi sekitar 20 meter dan menerus ke bagian bawah ke kedalaman 41 meter dengan nilai salinitas akuifer yang berbeda. Kemudian pada akuifer selanjutnya yaitu pada kedalaman 80m dan dengan dimensi sekitar 20 meter merupakan akuifer tertekan dalam.

#### 6 Penampang Geolistrik F-F'



Gambar Penampang Geolistrik F-F'

Berdasarkan penampang geolistrik F-F' yang melalui 4 titik pengukuran yaitu TGL-02, TGL-14, TGL-16, dan TGL-13 diperoleh gambaran lapisan batuan penyusun didominasi oleh pasir dan variasi lempung yang disisipi lapisan *gravel*. Lempung terdiri dari lempung pasiran, lempung berisi air payau, dan lempung berisi air asin. Lapisan akuifer berupa pasir diketahui pada keempat titik pengamatan dengan ketebalan dan kedalaman yang bervariasi. Pada TGL-02 akuifer potensial terdapat pada kedalaman 41,1-65,3 meter dengan ketebalan 24,2 meter. Pada TGL-14 lapisan pasir terdapat pada kedalaman 9,4-61,5 meter dengan sisipan *gravel*, secara rinci lapisan pasir terdapat pada kedalaman 17,9-32,5 meter diketahui lapisan pasir dengan ketebalan 14,6 meter dan pada kedalaman 44,4-61,5 meter diketahui ketebalan lapisan pasir 17,1 meter.

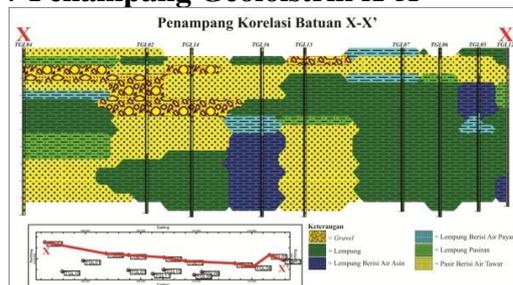
Pada TGL-16 lapisan pasir potensial terdapat pada kedalaman 10,4-31 meter dengan ketebalan 20,6 meter. Dan pada TGL-13 lapisan pasir potensial terdapat pada kedalaman 49,3-100 meter dengan ketebalan 50,7 meter. Selain lapisan akuifer yang berupa lapisan pasir diketahui pula lapisan akuiklud berupa lapisan lempung. Pada TGL-02 terdapat lapisan lempung pasiran tipis pada

kedalaman dangkal dengan ketebalan rata-rata 0,7-2,7 meter. Sedangkan pada kedalaman 65,3-100 terdapat lapisan lempung dengan ketebalan 34,7 meter. Pada TGL-14 juga dijumpai lapisan tipis lempung pasir pada kedalaman dangkal dengan ketebalan 0,8-1,3 meter. Dan pada kedalaman 61,5-100 meter terdapat lapisan lempung dengan ketebalan 38,5 meter. Pada TGL-16 terdapat lapisan lempung dengan tebal 6,8 meter pada kedalaman 3,6-10,4. Pada lapisan yang lebih dalam didapatkan variasi lempung yaitu lempung pada kedalaman 31-40,6 meter dengan ketebalan 9,6 meter, lapisan lempung berisi air payau pada kedalaman 40,6-52,8 meter dengan ketebalan 12,2 meter, dan lapisan lempung berisi air asin pada kedalaman 52,8-100 meter dengan ketebalan 47,2 meter. Pada TGL-13 lapisan akuiklud terdapat diatas lapisan pasir sebagai lapisan akuifer, lapisan lempung didapatkan pada kedalaman 16-41 meter dengan ketebalan 25 meter, serta lapisan lempung pasir pada kedalaman 41-49,3 dengan ketebalan 8,3 meter.

melampar pada kedalaman dangkal pada setiap titik geolistrik pada penampang X-X', dan beberapa terdapat pada lapisan dalam. Salah satu lapisan akuifer dangkal terdapat di kedalaman 21,7-26,6 meter dengan ketebalan 4,9 meter pada titik TGL-14, dan terdapat di kedalaman 7,8-18,6 meter dengan ketebalan 10,8 meter pada titik TGL-16. Pada titik TGL-04, TGL-02, dan TGL-14 terdapat lapisan akuifer dalam berupa lapisan pasir yang terdapat di kedalaman 65,3-100 meter dengan ketebalan 35,8 meter pada titik TGL-04, di kedalaman 41,1-65,3 meter dengan ketebalan 24,2 meter pada TGL-02, serta di kedalaman 44,4-61,5 meter dengan ketebalan 17,1 meter pada TGL-14. Pada TGL-13 terdapat lapisan pasir pada kedalaman 49,3-100 meter dengan ketebalan 50,7 meter.

Lapisan akuiklud pada penampang X-X' berupa lapisan lempung. Beberapa terdapat lempung yang berisikan air payau dan air asin yang terdapat pada semua titik geolistrik pada penampang X-X'. Lapisan lempung paling tebal teridentifikasi pada titik TGL-06 pada kedalaman 21,6-100 meter dengan ketebalan 78,4 meter dan pada titik TGL-07 pada kedalaman 22,5-100 meter dengan ketebalan 77,5 meter. Lapisan lempung berisi air payau terdapat pada titik TGL-04, TGL-16, TGL-07, dan TGL-05, dengan ketebalan paling tebal pada titik TGL-16 pada kedalaman 40,6-52,8 meter dengan ketebalan 12,2 meter. Lapisan lempung berisi air asin terdapat pada TGL-16 di kedalaman 52,8-100 meter dengan ketebalan 47,2 meter dan pada titik TGL-05 di kedalaman 24,6-41,9 meter dengan ketebalan 17,3 meter, serta pada titik TGL-12 di kedalaman

## 7 Penampang Geolistrik X-X'

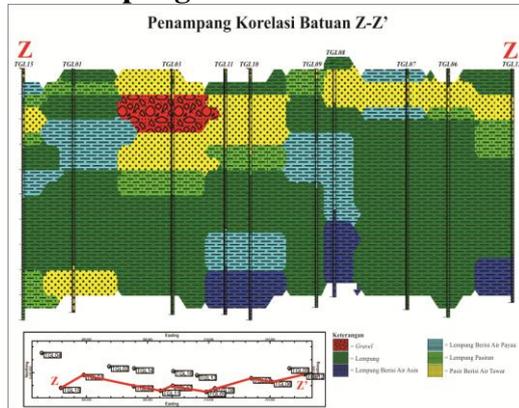


**Gambar** Penampang Geolistrik X-X'

Pada penampang geolistrik X-X' yang melalui titik geolistrik TGL-04, TGL-02, TGL-14, TGL-16, TGL-13, TGL-07, TGL-06, TGL-05, dan TGL-12 terdapat lapisan akuifer, akuitar dan akuiklud. Lapisan akuifer berupa lapisan pasir berisi air tawar yang

80,8-100 meter dengan ketebalan 19,2 meter.

## 8 Penampang Geolistrik Z-Z'



Gambar Penampang Geolistrik Z-Z'

Lapisan batuan pada penampang geolistrik Z-Z' yang melewati titik geolistrik TGL-15, TGL-01, TGL-03, TGL-11, TGL-10, TGL-09, TGL-08, TGL-07, TGL-06, dan TGL-12 diketahui didominasi oleh lapisan lempung. Akuifer pada penampang Z-Z' diketahui pada titik geolistrik TGL-15 pada kedalaman 16,7-28,2 meter dengan ketebalan 11,2 meter. Pada titik geolistrik TGL-01 akuifer lapisan pasir terdapat di kedalaman 80,8-100 meter dengan ketebalan 19,2 meter. Pada TGL-03 terdapat lapisan akuifer bebas pada kedalaman 9,6-14,1 meter dengan ketebalan 4,5 meter dan akuifer bocor pada kedalaman 41,1-65,3 meter dengan ketebalan 20,83 meter. Pada TGL-10 akuifer terdapat pada kedalaman 11,9-34,4 meter dengan ketebalan 22,5 meter. Pada titik TGL-08, TGL-07, TGL-06, dan TGL-12 lapisan pasir melampar sebagai akuifer tertekan. Pada TGL-08 terdapat pada kedalaman 9,6-22,4 meter dengan ketebalan 12,8 meter, pada TGL-07 terdapat pada kedalaman 7,7-18,2 meter dengan ketebalan 10,5 meter,

pada TGL-06 terdapat pada kedalaman 7,8-18,6 meter dengan ketebalan 10,8 meter, dan pada titik TGL-12 terdapat pada kedalaman 18,1-27,8 meter dengan ketebalan 9,7 meter.

Akuiklud pada penampang Z-Z' terdiri dari lapisan lempung, lapisan lempung pasiran, lapisan lempung air payau, dan lapisan lempung air asin. Lapisan lempung paling tebal terdapat titik TGL-06 di kedalaman 21,6-100 meter dengan ketebalan 78,4 meter dan pada titik TGL-07 di kedalaman 22,5-100 meter dengan ketebalan 77,5 meter. Lapisan Lempung pasiran dominan terdapat pada titik TGL-12 di kedalaman 27,8-42,6 meter dengan ketebalan 14,8 meter dan pada titik TGL-15 di kedalaman 80,8-100 meter dengan ketebalan 19,2 meter. Lapisan lempung berisi air payau dominan terdapat pada titik TGL-01 di kedalaman 22,5-42,6 meter dengan ketebalan 20,1 meter dan pada titik TGL-08 di kedalaman 34,4-65,3 meter dengan ketebalan 30,9 meter. Lapisan lempung berisi air asin dominan terdapat pada titik TGL-10 di kedalaman 80,8-100 meter dengan ketebalan 19,2 meter dan pada titik 65,3-100 meter dengan ketebalan 34,7 meter.

## 6.4 Karakteristik Akuifer

### 6.4.1. Kelulusan Air

Harga kelulusan air (K) litologi pada wilayah penelitian didapat dengan menjumlahkan hasil kali antara nilai K untuk masing-masing litologi pada setiap titik geolistrik yang terdapat pada wilayah penelitian dengan ketebalan dari masing-masing litologi dibagi dengan total ketebalan litologi, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel. Persamaannya dapat dilihat sebagai berikut :

$$K = \frac{(K_1 \cdot b_1 + K_2 \cdot b_2 + K_3 \cdot b_3 + \dots + K_n \cdot b_n)}{(b_1 + b_2 + b_3 + \dots + b_n)}$$

**Tabel Harga K dari Berbagai Batuan (Morris dan Johnson menurut Todd, dalam Suharyadi 1984)**

No	Nama Batuan	K (m/hari)
1	kerikil kasar	150
2	kerikil menengah	270
3	kerikil	450
4	pasir kasar	45
5	pasir menengah	12
6	pasir halus	2.5
7	batupasir menengah	3.1
8	batupasir halus	0.2
9	silt	0.08
10	lempung	2.10-4
11	batugamping	0.94
12	dolomit	1.10-3
13	sekis	0.2
14	batusabak	8.10-5
15	tuff	0.2
16	basalt	0.01
17	gabbro lapuk	0.2
18	granit lapuk	1.4

Berdasarkan perhitungan menggunakan rumus tersebut didapatkan nilai kelulusan air yang berkisar antara 1,261 m/hari sampai 42,4776 m/hari. Hal ini juga dapat digambarkan bahwa semakin kecil ukuran butir dan semakin kompak materialnya maka semakin kecil nilai kelulusan air dan semakin besar ukuran dan merupakan material lepasan maka semakin besar pula nilai kelulusan airnya. Titik pengukuran yang nilai kelulusan air yang tinggi maka debit air yang dihasilkan cukup besar, begitu pula sebaliknya.

**Tabel Harga K dan T pada Daerah Penelitian**

LOKASI	Tebal Akuifer (m)	K (m/hari)	T (m <sup>2</sup> /hari)
TGL-01	20,5	2,4647	50,52635
TGL-02	30,2	42,4776	1282,824
TGL-03	21,9	22,846	500,3274
TGL-04	47,2	18,0788	853,3194
TGL-05	11,9	1,416853	16,86055
TGL-06	11,7	14,07	164,619
TGL-07	10,5	1,261	13,2405
TGL-08	13,4	1,6097	21,56998
TGL-09	4,2	4,5607	19,15494
TGL-10	23,7	2,851	67,5687
TGL-11	19,6	2,353	46,1188
TGL-12	11,1	1,3462	14,94282
TGL-13	54,7	18,871	1032,244
TGL-14	35,7	32,186	1149,04
TGL-15	13	1,5818	20,5634
TGL-16	22,7	2,724	61,8348

#### 6.4.2. Keterusan Air

Harga keterusan air atau (*transmissivity*) adalah jumlah air yang mengalir pada bidang vertikal setebal akuifer. Harga keterusan air yang didapat pada wilayah penelitian didapatkan dari perhitungan perkalian dari kelulusan air pada masing-masing titik dan tebal akuifernya. Untuk menghitung nilai keterusan air menggunakan rumus sebagai berikut:

$$T = K \cdot b$$

Dari perhitungan berdasarkan data dari penelitian di lapangan diperoleh hasil bahwa nilai koefisien keterusan air bervariasi, berkisar diantara 13,24 m<sup>2</sup>/hari sampai 1282,824 m<sup>2</sup>/hari. Dari hasil perhitungan ini dapat digambarkan bahwa semakin besar nilai keterusan air maka semakin tebal akuifer dan

nilai kelulusan air yang ada pada wilayah tersebut, hal itu menunjukkan bahwa semakin besar pula potensi airtanah yang ada, begitu pula sebaliknya.

### 3 Potensi Airtanah

Potensi airtanah merupakan jumlah air yang tersedia, berupa air permukaan dan airtanah yang dinyatakan dalam satu satuan waktu. Potensi airtanah ini dipengaruhi oleh banyak aspek antara lain geologi dan morfologi, serta karakteristik akuifer. Untuk mengetahui kuantitas airtanah yang berada di wilayah penelitian dapat dilakukan perhitungan debit aliran airtanah dan debit akuifer dalam.

#### a. Debit aliran airtanah

Debit aliran airtanah merupakan hasil perkalian antara nilai keterusan air (*transmissivity*), landaian hidrolika dan luas penampang akuifer. Dalam hal ini untuk mengetahui nilai dari debit aliran airtanah diperlukan rumus Darcy. Nilai keterusan air diperoleh dari tabel perhitungan, nilai landaian hidrolika diperoleh dari hasil bagi antara beda tinggi antar akuifer dan jarak antar akuifer, dan untuk mengetahui luas penampang akuifer berdasarkan Lensley (1984), disebutkan bahwa untuk menentukan luas penampang akuifer adalah lebar akuifer dikalikan ketebalan akuifer pada masing – masing lokasi.

Untuk menentukan nilai koefisien keterusan air merupakan hasil kali antara koefisien kelulusan air dan tebal akuifer, yang sudah diketahui hasilnya. Sedangkan untuk luas penampang akuifer dengan cara menghitung panjang sayatan penampang geolistrik, setelah hasilnya diketahui nilai

tersebut dikalikan dengan ketebalan akuifer di tiap – tiap lokasi.

Untuk mempermudah perhitungan debit aliran pada wilayah penelitian maka dibuat segmen – segmen sayatan penampang geolistrik berdasarkan letak terdekat. Sehingga dibuat 8 segmen sayatan geolistrik sesuai dengan hasil penampang yang telah dibuat,

**Tabel** Harga Luas Penampang Akuifer pada Wilayah Penelitian

SEGMENT	TEBAL AKUIFER (m)	LEBAR AKUIFER (m)	LUAS AKUIFER (m <sup>2</sup> )
1	11,3	4804	54285,2
2	22	2185	48070
3	16,56	6818	112906,1
4	33,85	3834	129780,9
5	21,23	4038	85740,2
6	35,83	7216	258513,2
7	26,2	22071	578015
8	14,96	20084	300456,6
RATA - RATA	22,74	8881,25	195970,9

Untuk perhitungan landaian hidrolika dapat dihitung dengan cara membagi antara selisih antar kedalaman akuifer per segmen dengan jarak antar akuifer.

**Tabel** Harga Debit Airtanah pada Wilayah Penelitian

SEG MEN	LUAS AKUIFER (m <sup>2</sup> )	LANDAIAN HIDROLIKA (m)	K (m/hari)	DEBIT (m <sup>3</sup> /hari)
1	54285,2	0,00154	4,523513	378,1621
2	48070	0,001144	2,642667	145,3258
3	112906,1	0,001701	6,84408	1314,428
4	129780,9	0,003782	10,27175	5041,697
5	85740,2	0,00161	15,50803	2140,755
6	258513,2	0,00097	24,06465	6034,399
7	578015	0,000136	14,71461	1156,716
8	300456,6	0,000602	5,49441	993,8007
RATA RATA	195970,9	0,009	10,50796	2150,66

Bedasarkan pengolahan data diatas dapat diketahui bahwa debit airtanah yang terjadi di Pantai Utara Kecamatan Kramat, Suradadi, dan Warureja Kabupaten Tegal adalah sekitar 2150,66 m<sup>3</sup>/hari. Nilai tersebut

setara dengan 24,89 liter/detik atau setara dengan 784.990,9 m<sup>3</sup>/tahun. Nilai perhitungan debit aliran yang diperoleh cenderung lebih kecil dibandingkan dengan jumlah cadangan statis, hal ini dikarenakan pada perhitungan statis parameter yang digunakan bahwa semua litologi dianggap sebagai akuifer dan juga dihitung pada kondisi air yang tidak mengalir atau terdapat pada tubuh batuan, sehingga hasil yang diperoleh besar, padahal tiap titik memiliki ketebalan akuifer yang tidak merata. Sedangkan pada perhitungan debit aliran dihitung berdasarkan kondisi akuifernya. Berdasarkan nilai debit aliran pada wilayah penelitian dapat dikatakan bahwa potensi airtanah pada Kecamatan Kramat, Suradadi dan Warureja Kabupaten Tegal masih besar dan ketersediannya masih melimpah jika dapat dimanfaatkan secara maksimal.

#### b. Debit Akuifer Dalam

Dalam perhitungan debit akuifer dalam ini dibagi ke dalam 2 segmen, yaitu segmen 1 TGL-01 dan TGL-04. Segmen 2 melalui TGL-02 dan TGL-14.

**Tabel Harga Luas Penampang Akuifer pada Wilayah Penelitian**

SEG-MEN	TEBAL AKUIFER (m)	LEBAR AKUIFER (m)	LUAS AKUIFER (m <sup>2</sup> )
1	27,5	3.834	105.435
2	20,65	2.046	42.249,9
RATA - RATA	24,075	2940	73.842,45

**Tabel Harga Debit Airtanah pada Wilayah Penelitian**

SEG-MEN	LUAS AKUIFER (m <sup>2</sup> )	LANDAIAN HIDROLIKA (m)	K (m/hr)	DEBIT (m <sup>3</sup> /hr)
1	105.435	0,003782	10,272	4095,86
2	42.249,9	0,00259	37,332	4085,779
RATA RATA	73.842,45	0,003186	23,801	4090,82

Berdasarkan pengolahan data diatas dapat diketahui bahwa debit airtanah dalam yang terjadi di Pantai Utara Kecamatan Kramat, Suradadi, dan Warureja Kabupaten Tegal adalah sekitar 4090,82 m<sup>3</sup>/hari. Nilai tersebut setara dengan 47,35 liter/detik atau setara dengan 1.493.149,3 m<sup>3</sup>/tahun.

## V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

- Kondisi geomorfologi dan litologi daerah penelitian :
  - Geomorfologi terbagi menjadi empat, yaitu Satuan Bentuklahan Bergelombang Landai Denudasional, Satuan Bentuklahan Dataran Fluvial, Satuan Bentuklahan Berbukit Bergelombang Struktural, Satuan Bentuklahan Dataran Pantai.
  - Litologi terbagi menjadi dua satuan yaitu satuan alluvium dan satuan batupasir perselingan napal.
- Hasil interpretasi litologi berdasarkan nilai resistivitas batuan, dapat dikelompokkan menjadi.

**Tabel Pembagian Litologi Berdasarkan Nilai Resisitivitas Batuan**

Nilai Tahanan Jenis $\Omega$ m	Jenis Batuan	Fungsi Batuan	Perkiraan Fluida
0,06 – 0,27	Lempung	Akuiklud	Air Asin
0,4 – 0,99	Lempung	Akuiklud	Air Payau
1,057 – 9,714	Lempung	Akuiklud	Air Tawar
10,18 – 19,87	Lempung Pasiran	Akuiklud	Air Tawar
20,44 – 119,7	Pasir	Akuifer	Air Tawar
$\geq$ 124,3	Gravel	Akuitar	Air Tawar

- Arah aliran airtanah pada daerah penelitian mengalir dari selatan ke utara dan mempunyai pola aliran effluen pada sekitar Sungai Cacaban, sungai Ketiwon, dan Sungai Rambut.
- Jenis akuifer yang berkembang pada daerah penelitian adalah akuifer

- tertekan, akuifer bocor, dan akuifer bebas.
5. Debit aliran airtanah pada akuifer tertekan pada wilayah penelitian ini adalah 4090,82 m<sup>3</sup>/hari. Nilai tersebut setara dengan 47,35 liter/detik atau setara dengan 1.493.149,3 m<sup>3</sup>/tahun.

## 5.2 Saran

Perlu dilakukan pemboran sumur di beberapa titik di daerah penelitian untuk dapat dihasilkan data bawah permukaan yang lebih akurat. Untuk pengembangan eksplorasi lebih lanjut sebaiknya dilakukan di bagian barat wilayah penelitian karena akuifernya lebih berkembang

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.2005. *Penyelidikan potensi airtanah skala 1:100.000 atau lebih besar*. Jakarta : BSN
- Anonim. 2013. *Jawa Tengah*. [http://www :wikipedia.org](http://www.wikipedia.org). Diakses tanggal 2 Oktober 2013
- Bemmelen, R.W.Van. 1949. *The Geology of Indonesia v IA*, The Hague. Gov. Printinf Office, Martinus Nijhoff, 732p.
- Boyd, T.M. 1996. *Resistivity Rock*. New York : McGray-Hill book  
URL:<http://galitzin.mines.edu/INTROGP/>
- Broto, Sudaryo dan Afifah, R.S. 2008. *Pengolahan Data Geolistrik dengan Metode Schlumberger*. Majalah Teknik, Vol. 29 No. 2 Tahun 2008, ISSN 0852-1697.
- Djuri, dkk. 1996. *Peta Geologi lembar Purwokerto dan Tegal*. Direktorat Geologi. Bandung.
- Heath, 1983, *Basic Groundwater Hydrogeology*, USGS Paper, United States of America.
- Karant, K.R. 1987. *Groundwater Assessment*. New Delhi : Tata McGraw-Hill Book Publishing Co.
- Kodoatie, Robert J. 1996. *Pengantar Hidrologi*. Yogyakarta : Andi.
- Patra, H.P dan Nath, S.K. 1999. *Schlumberger Geoelectric Sounding In Groundwater*. Kharagpur West Bengal India : Department of Geology & Geophisics, Indian Institute of Technology.
- Sasongko, Djoko. *Teknik Sumber Daya Air*. Jakarta : Erlangga.
- Soemarto. 1987. *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Sosrodarsono, S (ed), 1978, *Hidrologi Untuk Pengairan*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suharyadi. 1984. *Geohidrologi (Ilmu Air Tanah)*.Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Sulaiman, Firdaus. 2008. *Geolistrik*. Bandung : Jatinangor  
URL:<http://geolistrik/Firdaus%20Sulaiman%20Blog%20%20%20Geolistrik.htm>
- Tim Asisten Geofisika, 2003, *Buku Panduan Praktikum Geofisika*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Todd, D.K. 1959. *Groundwater Hydrology*. New York : associate Professor of Civil Engineering California University, John Wiley & Sons.
- Todd, D. K. 1980. *Groundwater Hydrology 2nd Edition*. New York : John Willey & Sons.
- Van Zuidam, R.A., 1983, *Aspects of The Applied Geomorphologic Map of Republic of Indonesia*, ITC, The Netherlands.