

PREDIKSI CADANGAN AIR TANAH BERDASARKAN HASIL PENDUGAAN GEOLISTRIK DI KABUPATEN GROBOGAN, JAWA TENGAH

PREDICTION OF GROUNDWATER STORAGE BASED ON GEOELECTRIC ESTIMATION IN GROBOGAN DISTRICT, CENTRAL JAVA

Ngudi Aji Jaka Yuwana¹⁾ Nora Herdiana Pandjaitan¹⁾ Roh Santoso Budi Waspodo¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

E-mail: ngudiaji@yahoo.com

ABSTRAK

Pendayagunaan air tanah menjadi salah satu solusi dalam mengatasi masalah kekurangan air di Kabupaten Grobogan. Pengambilan air tanah yang berlebihan akan menyebabkan penurunan muka air tanah dan turunnya permukaan tanah, sehingga perlu dilakukan kajian hidrogeologi untuk mengetahui besarnya cadangan air tanah di daerah tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi hidrogeologi, karakteristik akuifer serta potensi cadangan air tanah di Kabupaten Grobogan. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik dengan konfigurasi schlumberger untuk mengidentifikasi karakteristik batuan. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa Kabupaten Grobogan terbentuk dari satuan geologi yang terdiri dari formasi Qa, Tmpk, Tmpl, Tps, Tmw dan Qp. Kabupaten Grobogan terdiri dari daerah dengan kategori akuifer produktif kecil, sedang, setempat, akuifer produktif dengan penyebaran luas dan daerah air tanah langka. Lapisan akuifer tersusun oleh lapisan pasir, napal pasiran, pasir lempungan dan pasir gampingan. Akuifer bebas berada pada kedalaman antara 1,2 - 58 m bmt dengan ketebalan rata-rata sebesar 13,54 m dan konduktivitas hidraulik sebesar 3,54 m/hari. Akuifer tertekan berada pada kedalaman antara 29 - 174 m bmt dengan ketebalan rata-rata sebesar 37,4 m dan konduktivitas hidraulik sebesar 3,87 m/hari. Prediksi potensi cadangan air tanah pada akuifer bebas adalah 401,33 l/dt dan pada akuifer tertekan adalah 1.804,95 l/dt.

Kata Kunci: akuifer bebas, akuifer tertekan, air tanah, Grobogan, metode geolistrik

ABSTRACT

One of the solutions for water shortage in Grobogan District is groundwater utilization. Excessive groundwater pumping will decrease groundwater level and trigger a landsubside. It is necessary to conduct hydrogeological study to determine the groundwater storage in this area. The purpose of this research were to determine the hydrogeological conditions, aquifer characteristics and potential of groundwater storage in Grobogan district. This research used geoelectrical method to identify rock characteristics. The results showed that the geological formation in Grobogan district consisted of Qa, Tmpk, Tmpl, Tps, Tmw and Qp. Grobogan district had 5 aquifers system, there are: poorly productive aquifers, moderately productive aquifers, locally productive aquifers, extensive productive aquifers and region without exploitable groundwater. The aquifer layer consisted of sand, marl sandy, silty sand and calcareous sand. The unconfined aquifer was located at 1,2 - 58 m from soil surface with average thickness of 13,54 m and the hydraulic conductivity of 3,54 m/day. The confined aquifer depth can be estimated between 29 - 174 m from soil surface with average thickness of 37,4 m and the hydraulic conductivity of 3,87 m/day. The predicted groundwater storage in Grobogan district of unconfined aquifer was 401,33 l/sec and confined aquifer was 1.804,95 l/sec.

Keywords: confined aquifer, geoelectrical method, Grobogan, groundwater, unconfined aquifer

PENDAHULUAN

Sumber daya air merupakan sumber daya yang vital dan strategis karena menyangkut kebutuhan pokok hajat hidup orang banyak dalam berbagai aktivitas masyarakat. Kebutuhan air bersih tidak dapat diganti dan ditinggalkan, oleh sebab itu pengolahan dan pelestarian air merupakan hal yang mutlak diperlukan (Putranto dan Kusuma, 2009).

Kabupaten Grobogan merupakan salah satu daerah kering di Provinsi Jawa Tengah. Kabupaten ini memiliki relief daerah pegunungan kapur dan perbukitan serta dataran. Kabupaten yang terletak di antara daerah Pantai Utara bagian Timur dan daerah Bengawan Solo hulu ini mempunyai tipe iklim D yang memiliki 1- 6 bulan kering dan 1- 6 bulan basah (Rahayu dan Irianto, 2013).

Kabupaten Grobogan merupakan daerah dengan kegiatan perekonomian terutama berada pada sektor pertanian dan merupakan lahan kering (Munawaroh dkk, 2013). Kabupaten ini termasuk ke dalam wilayah Daerah Aliran Sungai Jragung, Tuntang, Serang, Lusi dan Juwana (Jratunseluna) yaitu pada sub DAS Tuntang, Serang dan Lusi hilir. Pada Sub DAS tersebut banyak dibangun bangunan irigasi, diantaranya: Waduk Butak, Simo, Nglangon, Bendungan Kedungombo, Bendung Dumpil, Sidorejo, Sedadi, Lanang serta jaringan irigasi lainnya. Meskipun pendistribusian airnya belum optimal, namun keberadaan waduk-waduk tersebut sangat berarti bagi daerah-daerah yang berada di bawah aliran waduk.

Kenyataan yang ada sekarang ini pada musim kemarau Kabupaten Grobogan mengalami kekeringan yang cukup tinggi (Rahayu dan Irianto, 2013). Salah satu upaya untuk menanggulangi permasalahan tersebut adalah dengan pendayagunaan air tanah secara maksimal. Pendayagunaan air tanah akan menjadi solusi dalam memenuhi kebutuhan air bersih untuk rumah tangga, perkantoran, perdagangan, pertanian, peternakan, dan industri di wilayah Kabupaten Grobogan. Pengambilan air tanah yang berlebihan dan tidak terkendali akan menyebabkan penurunan muka air tanah dan dapat memicu turunnya permukaan tanah. Agar pemanfaatan air tanah dapat dilakukan secara berkelanjutan dan tidak menimbulkan dampak negatif yang berarti bagi air bawah tanah maupun lingkungan disekitarnya, maka pemanfaatan air tanah harus diusahakan tetap mempertimbangkan potensi ketersediaannya. Sebagai langkah awal untuk konservasi air tanah di Kabupaten Grobogan diperlukan informasi mengenai potensi ketersediaan airtanah yang dapat dijadikan

pedoman bagi perencanaan pengembangan wilayah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi hidrogeologi, karakteristik akuifer serta potensi cadangan air tanah bebas dan tertekan di Kabupaten Grobogan. Lingkup penelitian meliputi 19 kecamatan yang mencakup penentuan batas wilayah berdasar peta topografi, geologi dan hidrogeologi, penentuan titik pengukuran geolistrik, analisis satuan geologi, analisis akuifer dan perhitungan potensi cadangan air tanah. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi awal tentang potensi air tanah di Kabupaten Grobogan sehingga dapat bermanfaat bagi pemerintah daerah dalam menyusun perencanaan, pengembangan dan pembangunan wilayah.

KAJIAN PUSTAKA

Kajian Hidrogeologi

Hidrogeologi dapat diartikan sebagai geologi air (*the geology of water*), adalah suatu studi mengenai interaksi antara kerangka batuan dan air tanah (Kodoatie, 2010). Air tanah adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat di dalam ruang antar butir-butir tanah yang meresap ke dalam tanah dan bergabung membentuk lapisan tanah yang disebut akuifer (Todd, 1995). Akuifer merupakan suatu lapisan yang dapat meloloskan air yang berada di dalam tanah (Kodoatie dan Sjarief, 2008). Akuifer dibedakan menjadi akuifer bebas (*unconfined aquifer*) dan akuifer tertekan (*confined aquifer*).

Air dapat mengalir dengan mudah di dalam tanah yang mempunyai pori-pori besar dan mempunyai hubungan antar pori yang baik. Parameter atau ukuran yang dapat menggambarkan kemampuan tanah dalam melewatkan air disebut sebagai konduktivitas hidraulik (*hydraulic conductivity*) atau sebagai permeabilitas tanah (Klute dan Dirksen, 1986). Menurut Tood dan Mays (2005), konduktivitas hidraulik atau kelolosan air merupakan kemampuan batuan untuk meloloskan air di dalam rongga-rongga batuan tanpa mengubah sifat-sifat airnya. Konduktivitas hidraulik diperlukan untuk mengetahui kecepatan air dalam memasuki suatu permukaan tanah. Susunan tanah yang berbeda-beda pada tiap lokasi mempengaruhi kecepatan air dalam mengisi air tanah. Jika nilai konduktivitas hidraulik dan gradien hidraulik telah diketahui, besar kecepatan air tanah (v), dapat dihitung menggunakan hukum Darcy (Dawson dan Istok, 1991).

Kajian Geolistrik

Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika untuk mengetahui perubahan tahanan jenis (resistivitas) lapisan batuan di bawah permukaan tanah dengan cara mengalirkan arus listrik DC (*direct current*) yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah (Rolia, 2011). Pada metode ini arus listrik diinjeksikan ke dalam tanah melalui dua buah elektroda arus dan dilakukan pengukuran beda potensial melalui dua buah elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial listrik akan dapat dihitung variasi nilai tahanan jenis pada lapisan permukaan bumi di bawah titik ukur (*sounding point*). Berdasarkan letak elektroda arus dan potensial, dikenal beberapa jenis konfigurasi pengukuran geolistrik, antara lain: *Schlumberger*, *Wenner* dan *dipole sounding* (Jackson dkk, 2001).

Hasil data pengukuran geolistrik berupa tahanan jenis dapat dimanfaatkan untuk beberapa kebutuhan, diantaranya dalam bidang geologi, pertambangan, arkeologi dan hidrologi. Metode geolistrik digunakan untuk mengetahui persebaran mineral di dalam lapisan tanah, mengetahui lapisan lapuk dalam penentuan pemasangan bor, mengetahui situs peninggalan sejarah, menduga adanya panas bumi (geotermal), menduga lapisan litologi batuan di bawah permukaan dan untuk mencari akuifer atau sumber air tanah.

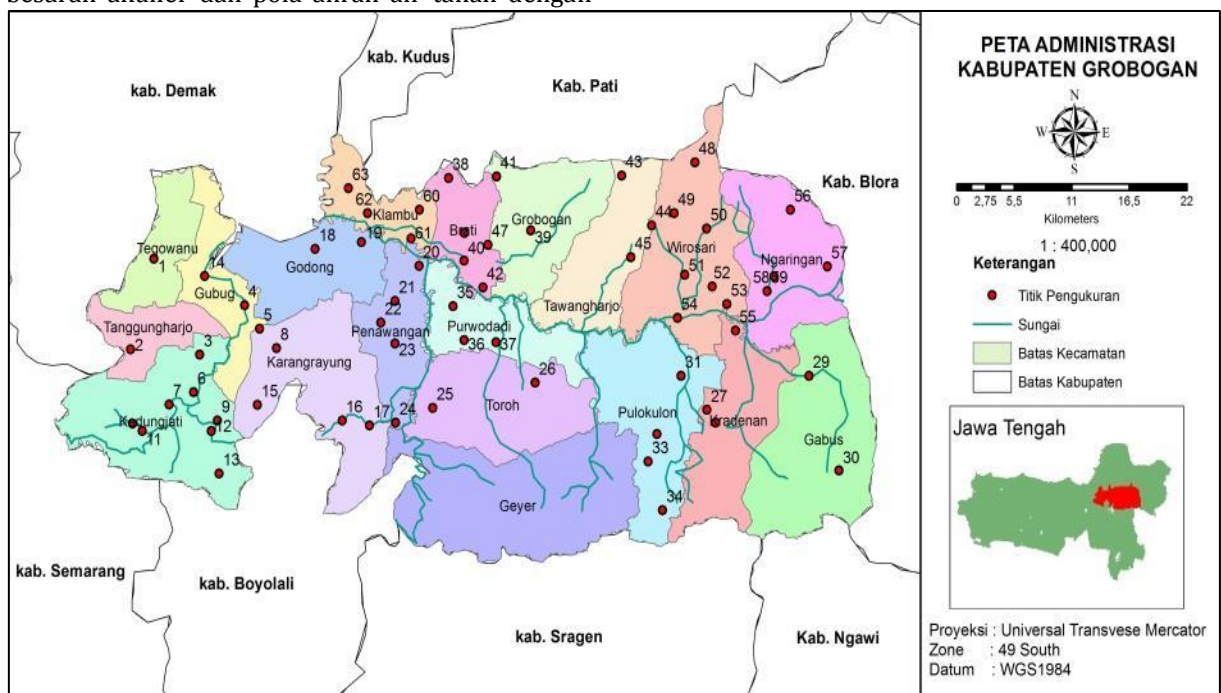
Metode geolistrik dapat digunakan untuk mendeteksi perlapisan batuan sampai kedalaman sekitar 500 meter (Alile dkk, 2008). Penentuan besaran akuifer dan pola aliran air tanah dengan

metode geolistrik memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode yang lain (Pryambodo dkk, 2014). Keunggulan pengukuran tahanan jenis dengan alat geolistrik yaitu teknik pengukuran yang relatif mudah, pengolahan data yang dapat diprediksi langsung, alat dan bahan yang relatif murah, waktu pengerjaan yang relatif singkat, dan tidak membutuhkan banyak orang dalam pengerjaannya.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah dari bulan Juli sampai September 2016. Penelitian dilakukan di 63 titik pengukuran yang terletak antara $7^{\circ}1'58.321''$ - $7^{\circ}12'48.316''$ LS dan $110^{\circ}35'59.125''$ - $110^{\circ}49'46.138''$ BT (Gambar 1). Lokasi titik tersebut didasarkan pada kondisi hidrogeologi, metode proporsional sampling dan kondisi tata ruang serta rencana pengembangan wilayah Kabupaten Grobogan.

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu pengumpulan data, pengolahan data, analisis data, serta pengambilan kesimpulan. Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan adalah data geolistrik. Data sekunder yang digunakan berupa peta administrasi, topografi, hidrologi, geologi dan hidrogeologi Kabupaten Grobogan. Peralatan yang digunakan adalah alat pengukuran geolistrik *earth resistivity meter type SAZ 3000 G100* dan komputer yang dilengkapi *software ArcGIS, Surfer* dan *Progress v3.0*.



Gambar 1 Peta lokasi penelitian

Data sekunder berupa peta didapatkan dari sumber terkait. Data primer didapatkan dengan pengukuran tahanan jenis batuan di lapangan menggunakan metode geolistrik dengan konfigurasi *Schlumberger*. Secara sederhana, metode ini dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik searah (DC) ke dalam bumi melalui sepasang elektroda arus (AB), yang kemudian diterima oleh sepasang elektroda potensial (MN). Elektroda potensial akan menentukan nilai perbedaan potensial yang ditimbulkan oleh sifat batuan yang dilalui arus listrik seperti terlihat pada Gambar 2.

Data survei geolistrik yang diperoleh dari pengukuran merupakan data tahanan jenis semu (*apparent resistivity*). Nilai tahanan jenis semu diperoleh dari rumus:

$$\rho_a = K \frac{V}{I} \quad (1)$$

Keterangan:

ρ_a : nilai tahanan jenis semu (Ωm)

K : faktor geometri (m)

V : tegangan listrik pada elektroda MN (mV)

I : arus listrik pada elektroda AB (mA)

Pada perhitungan nilai tahanan jenis semu diperlukan suatu bilangan faktor geometri (K) yang tergantung pada jenis konfigurasi yang digunakan

(Zohdydkk, 1980). Faktor koreksi geometri konfigurasi *Schlumberger* didefinisikan sebagai:

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} + \frac{1}{BM} + \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}} \quad (2)$$

Keterangan:

K : faktor geometri (m)

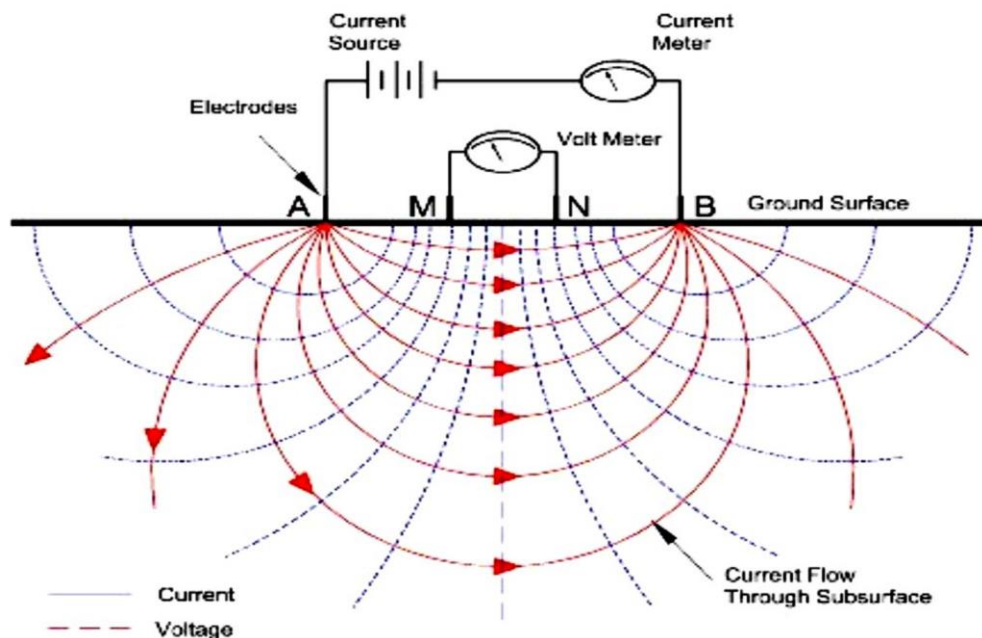
AM : jarak elektroda arus (A) dan tegangan (M) (m)

BM : jarak elektroda arus (B) dan tegangan (M) (m)

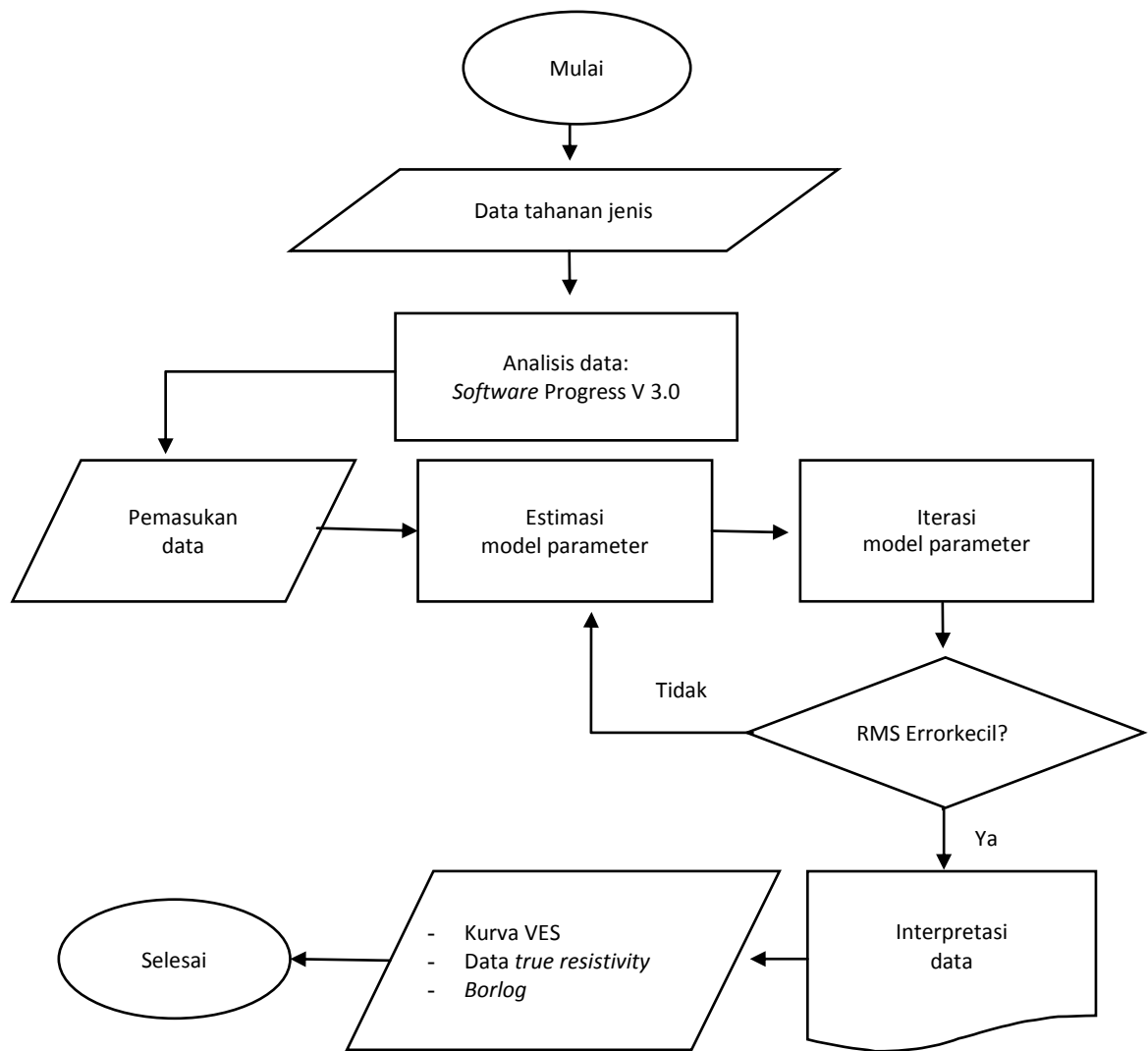
AN : jarak elektroda arus (A) dan tegangan (N) (m)

BN : jarak elektroda arus (B) dan tegangan (N) (m)

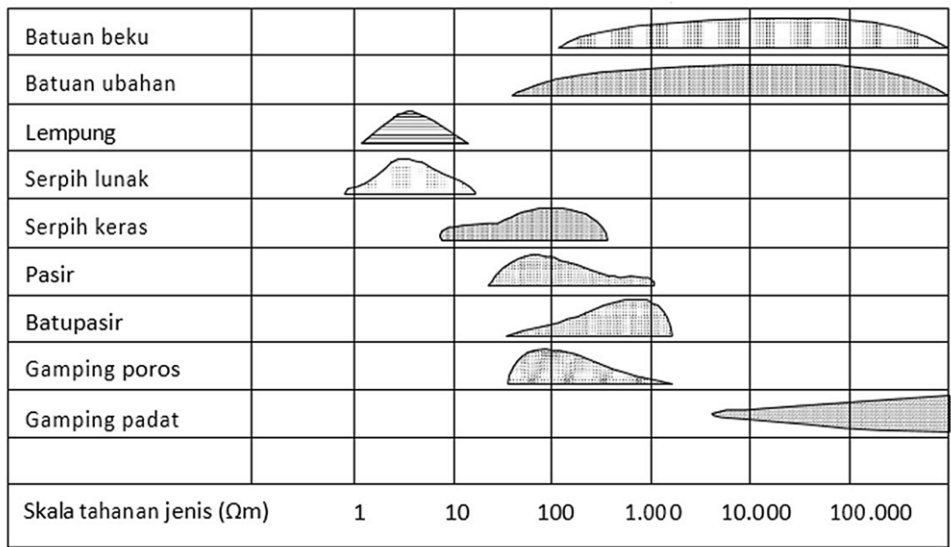
Data tahanan semu (*apparent resistivity*) yang didapat kemudian diolah menggunakan *software Progress v 3.0* yang terdiri dari empat tahapan, yaitu pemasukan data (*input data*), estimasi model parameter (*matching curve*), iterasi model parameter (*inverse modelling*), dan interpretasi data yang telah diiterasi (*interpretating data*) (Gambar 3). Pengolahan data dengan program akan menghasilkan penampang vertikal lapisan tanah atau sering disebut *borlog*, yang menggambarkan nilai tahanan jenis (*true resistivity*) pada setiap lapisan. Hubungan antara tahanan jenis dan jenis batuan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 2 Prinsip pengukuran geolistrik konfigurasi *Schlumberger* (Flathe dan Leibold, 1976)



Gambar 3 Pengolahan data geolistrik (Irawan, 2012)



Gambar 4 Nilai tahanan jenis batuan (Todd, 2005)

Akuifer pada suatu lapisan biasanya terdapat pada lapisan berpasir atau *porous*. Karakteristik akuifer dapat diketahui dari analisis *borlog* hasil interpretasi data tahanan jenis hasil pendugaan geolistrik. Setelah lapisan akuifer diketahui, data kedalaman akuifer dan ketebalan akuifer pada lokasi penelitian dapat ditentukan. Penampang akuifer ditentukan untuk mengetahui nilai panjang penampang akuifer (W) dan panjang lintasan air tanah (δL) pada persamaan Darcy (Persamaan 3). Cara menentukan penampang akuifer pada suatu lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan gambar tersebut, dapat diketahui jika aliran mengalir dari Timur ke Barat maka panjang lintasan akuifer berada pada arah aliran x dan memiliki penampang akuifer $abcd$, sedangkan jika aliran mengalir dari Selatan ke Utara, maka panjang lintasan akuifer berada pada arah aliran y dan memiliki penampang $cdef$ (Fetter, 1994).

Pola sebaran air tanah dianalisis dengan *software Surfer 10* sehingga didapatkan kontur tanah dan aliran air tanah (*flownet*). Aliran air tanah berfungsi untuk menunjukkan arah air mengalir. Nilai debit dari cekungan air tanah dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 3. Parameter yang digunakan untuk mengisi persamaan tersebut adalah konduktivitas hidraulik, gradien hidraulik serta luas penampang akuifer. Luas penampang akuifer diperoleh dengan mengalikan panjang penampang akuifer (W) dengan ketebalan akuifer (b). Gradien hidraulik diperoleh dengan membagi beda kedalaman muka airtanah (δh) dengan panjang lintasan air tanah (δL). Debit air tanah kemudian dapat dihitung dari perkalian antara konduktivitas hidraulik dengan luas penampang akuifer dan gradien hidraulik.

$$Q = K \times A \times i \quad (3)$$

$$i = \frac{\delta h}{\delta L} \quad (4)$$

$$A = W \times b \quad (5)$$

Keterangan:

Q = debit (m³/hari)

K = konduktivitas hidraulik (m/hari)

A = luas penampang akuifer (m²)

I = gradien hidraulik

W = panjang penampang akuifer (m)

B = ketebalan akuifer (m)

Δh = beda kedalaman muka air tanah (m)

δL = panjang lintasan air tanah (m)

HASIL DAN PEMBAHASAN

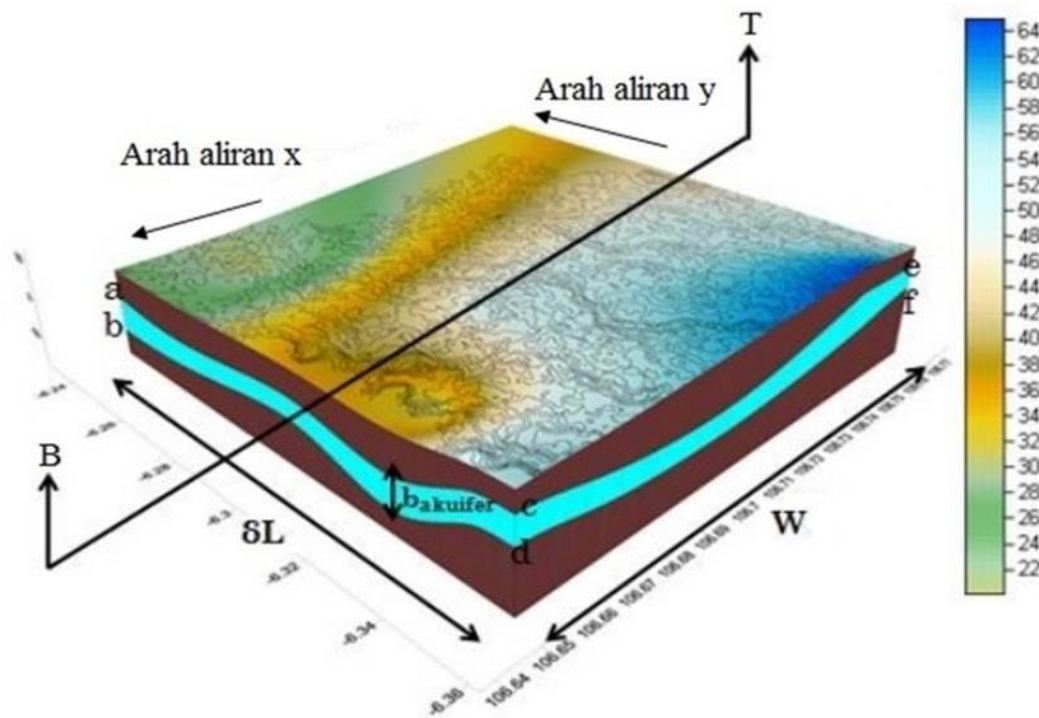
Analisis Geologi Daerah Penelitian

Kabupaten Grobogan terletak pada suatu lembah antara dua pegunungan kapur, yaitu Pegunungan Kendeng dan Pegunungan Kapur Utara (Srijono dan Nadia, 2013). Bentang alam dapat dikelompokkan menjadi dua satuan morfologi, yaitu satuan morfologi perbukitan lipatan dan satuan morfologi dataran. Pada umumnya litologi pada daerah penelitian adalah batuan sedimen yang mencakup formasi tambakromo, formasi selorejo, formasi mundu, formasi ledok, formasi wonocolo, formasi bulu, formasi tawun, formasi kalibeng dan endapan aluvial.

Secara fisiografi daerah Grobogan dapat dibagi menjadi tiga daerah, yaitu Antiklinorium Rembang (bagian Utara), Antiklinorium Kendeng (bagian Selatan) dan daerah dataran di bagian tengah yang dikenal sebagai Depresi Randublatung. Secara regional daerah Kabupaten Grobogan telah terpetakan dalam peta geologi skala 1: 100.000 yang terliput pada dua lembar peta, yaitu Peta Geologi Lembar Salatiga dan Lembar Ngawi.

Struktur geologi yang terdapat pada daerah ini adalah pelapisan batuan yang telah mengalami perlipatan dan pensesaran yang cukup intensif. Perlapisan di daerah ini mempunyai kemiringan dengan arah bervariasi. Perlipatan yang terjadi pada batuan di bagian Utara dan Selatan Grobogan menghasilkan beberapa antiklin dan sinklin, diantaranya Antiklin G. Manyar, Mojolegi, G. Kapung, dan G. Jatikuwung pada batuan berumur Miosen Awal - Miosen Akhir dengan sumbu antiklin berarah Timur-Barat, serta sinklin Karang tengah dan G. Mrica pada batuan berumur Miosen Akhir dengan arah sumbu relatif sinklin Timur-Barat.

Sesar yang terdapat pada daerah ini adalah sesar geser dan sesar naik. Sesar geser yang dapat dijumpai pada daerah ini adalah sesar geser kanan (*dextral fault*) G. Partapan dan sesar geser kiri (*sinistral fault*) yang berada di G. Manyar, sebelah Timur Gundih, dan Kedungjati. Sesar naik di daerah Grobogan bagian Utara memanjang dari Timur ke arah Barat, mulai dari Selatan Gundih hingga Kedungjati.



Gambar 5 Ilustrasi persamaan Darcy di lapangan (Fetter, 1994)

Gambaran peta geologi Kabupaten Grobogan ditunjukkan pada Gambar 6. Formasi geologi yang terdapat di Kabupaten Grobogan terdiri dari alluvium (Qa), miosen fasies batu gamping (Tm_{pk}), miosen fasies sedimen (Tm_{pl}), pliosen fasies batu gamping (Tps), pliosen fasies sedimen (Tm_w) dan plistosen fasies sedimen (Qp). Uraian formasi dan urutan stratigrafi dari formasi tersebut adalah sebagai berikut:

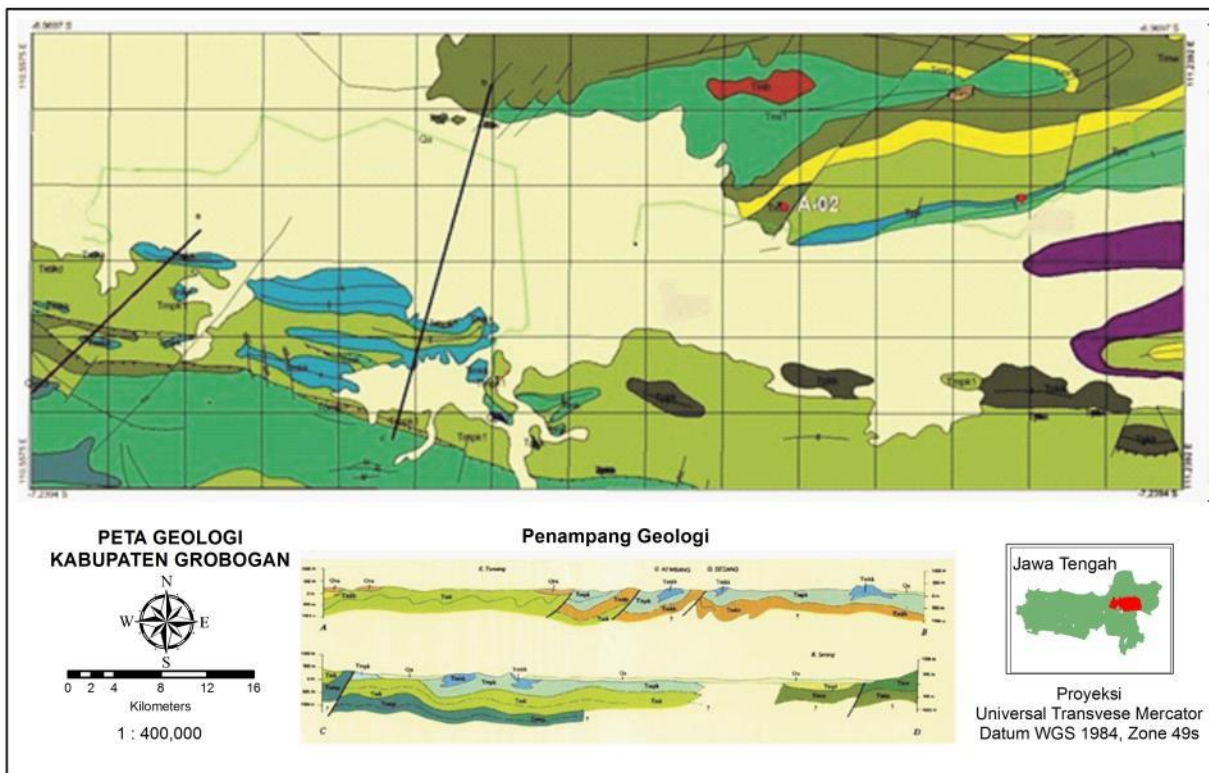
- 1) Qa : formasi aluvium, berumur holosen yang terdiri atas kerakal, kerikil, pasir, lempung, lumpur dan sisa tumbuhan, merupakan hasil endapan sungai dan endapan banjir dari sungai-sungai yang ada, berwarna abu-abu kekuningan, keruh agak kehitaman.
- 2) Tps : formasi selorejo, munda dan tambakromo, berumur pliosen, terdiri atas formasi batulempung, napal dan batugamping.
- 3) Tm_{pl} : formasi ledok, berumur miosen atas, terdiri atas selang seling kalkarenit batupasir dan napal.
- 4) Tm_{pk} : formasi kalibeng dan bulu, berumur miosen, terdiri atas napal pejal di bagian atas dan di bagian bawahnya adalah batu gamping.
- 5) Tm_w: formasi wonocolo, berumur miosen, terdiri atas napal bersisipan batu pasir gampingan di bagian atas dan batugamping pelat di bagian bawah

- 6) Qp : formasi pucangan, berumur pliosen akhir hingga pleistosen, terdiri atas breksi, batupasir dan batulempung.

Analisis Hidrogeologi Daerah Penelitian

Kondisi hidrogeologi di suatu daerah dipengaruhi oleh jenis litologi yang tersusun pada lapisan akuifer. Daerah Kabupaten Grobogan pada umumnya tersusun atas litologi yang berupa batuan, batugamping, napal, batu gamping pasir, batulempung dan endapan aluvial yang membentuk depresi randublatung. Keberadaan air tanah pada suatu batuan dipengaruhi oleh sifat fisik batuan, yaitu keserasan dan kelulusannya. Tingkat keserasan dan kelulusan suatu batuan ditentukan oleh tingkat konsolidasinya.

Berdasarkan tingkat konsolidasi ini batuan di daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi batuan padu dan batuan lepas atau setengah padu. Hidrogeologi daerah Grobogan sangat terkontrol oleh sebaran litologi, topografi dan struktur geologi yang ada di daerah tersebut. Pembagian wilayah hidrogeologi secara umum tercermin dari kondisi satuan-satuan morfologinya. Kondisi topografi yang khas, dimana daerah Grobogan merupakan daerah perbukitan lipatan dan sebagian daerah berupa dataran yang dapat digunakan sebagai dasar perkiraan, bahwa aliran air bawah tanah akan mengalir dari perbukitan lipatan ke arah Utara dan Selatan (dataran).



Gambar 6 Peta Geologi Kabupaten Grobogan (Direktorat Geologi, 1992)

Berdasarkan peta hidrogeologi regional (Gambar 7), wilayah air tanah di daerah Grobogan dapat dibagi menjadi tiga kelompok besar, yaitu:

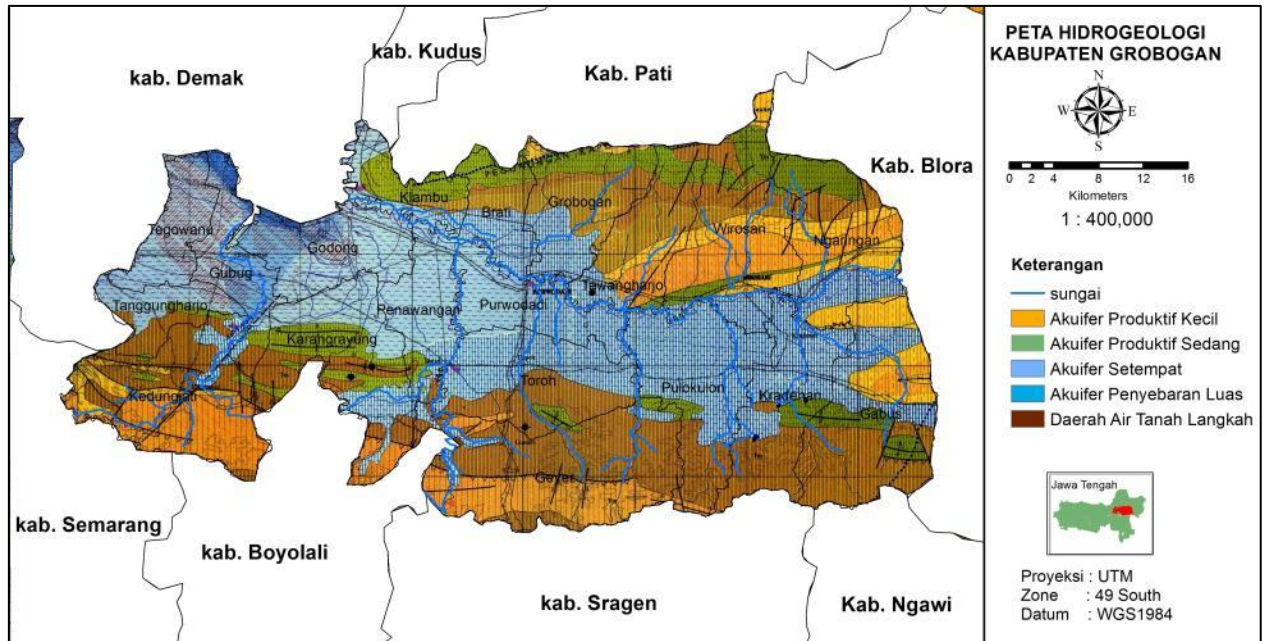
- 1) Wilayah air tanah dengan aliran air melalui ruang antar butir menempati satuan litologi aluvial dengan produktivitas sedang hingga tinggi.
- 2) Wilayah air tanah dengan aliran air melalui celahan, rekahan dan saluran menempati satuan litologi batu gamping dengan produktivitas rendah hingga sedang.
- 3) Wilayah air tanah berproduksi kecil dan daerah air tanah langka dengan aliran celahan dan ruang antar butir menempati satuan litologi lempung dan batu gamping.

Setiap satuan wilayah air tanah tersebut, tersusun atas beberapa sistem akuifer, yaitu antara lain sistem air tanah bebas dan sistem air tanah tertekan. Hasil observasi lapangan menunjukkan bahwa sistem air bawah tanah bebas tersebar pada hampir seluruh wilayah Kabupaten Grobogan yang ditunjukkan dengan banyaknya pengambilan air bawah tanah dengan sistem sumur gali dan muka air tanah yang dangkal.

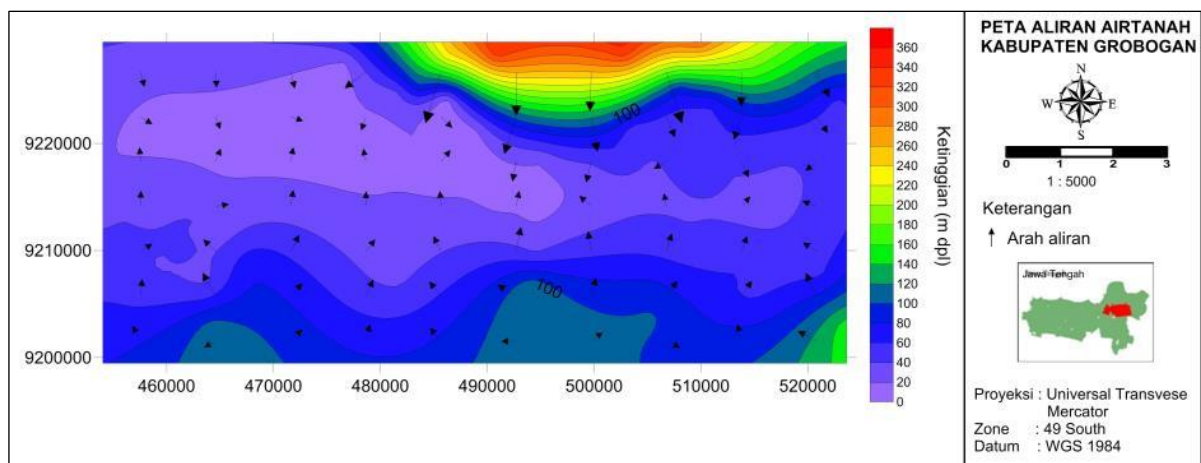
Garis Aliran Air tanah (*Flownet*)

Pola aliran (*flownet*) adalah jejaring yang menggambarkan aliran air yang bergerak dari bagian hulu ke bagian hilir melalui media tanah yang tembus air (*permeable*). *Flownet* ditujukan untuk mengetahui arah pergerakan air tanah sehingga dapat diketahui daerah resapan (*recharge area*) dan daerah tangkapan air (*discharge area*) di suatu daerah. Pola aliran air tanah dibuat dengan *software Surfer 10* dengan data masukan berupa koordinat dan elevasi titik pengukuran yang disajikan pada Gambar 8.

Topografi yang khas di wilayah Kabupaten Grobogan yang berada pada suatu lembah antara perbukitan (*intermountain basin*), menyebabkan konsentrasi air bawah tanah bebas berada di bagian tengah pada daerah dataran aluvial. Air tanah mengalir dari satuan perbukitan lipatan di bagian Selatan (Pegunungan Kendeng) ke arah Utara menuju lembah, dan dari Pegunungan Kapur Utara di bagian Utara mengalir ke Selatan menuju lembah pula. Berdasarkan arah dan pola aliran air tanah bebas ini, maka daerah *recharge* air tanah bebas berada pada perbukitan di sebelah Selatan dan Utara sedangkan daerah *discharge* berada pada daerah dataran aluvial.



Gambar 7 Peta Hidrogeologi Kabupaten Grobogan (Direktorat Geologi Tata Lingkungan, 1988)



Gambar 8 Analisis pola aliran air tanah (*Flownet*) di Kabupaten Grobogan

Karakteristik Akuifer

Akuifer merupakan suatu lapisan yang dapat meloloskan air yang berada di dalam tanah (Kodoatie dan Sjarief, 2008). Akuifer di Kabupaten Grobogan dibedakan menjadi dua, yaitu akuifer bebas (*unconfined aquifer*) dan akuifer tertekan (*confined aquifer*). Akuifer bebas merupakan akuifer air tanah bebas yang mempunyai lapisan dasar kedap air, tetapi bagian atas muka air tidak kedap air, sehingga kandungan air tanah bertekanan sama dengan tekanan udara bebas atau atmosfer. Akuifer tertekan merupakan akuifer yang mempunyai lapisan kedap air pada lapisan dasar dan bagian atas muka air tanah sehingga tekanan air tanah lebih besar dari tekanan udara bebas atau

atmosfir, biasanya terdiri dari tanah liat atau batuan keras.

Hasil pengolahan data geolistrik dengan *software Progress version 3.0*, didapatkan nilai tahanan jenis batuan di daerah penelitian berkisar antara 0,07 - 725 Ω m. Pada kisaran tersebut, interval nilai tahanan jenis dapat dikelompokkan berdasarkan perbedaan nilai tahanan jenis dan sifat hantaran listrik batuan yang disajikan pada Tabel 1. Interpretasi batuan yang berupa *borlog* disajikan pada Gambar 9 dan 10. Hasil analisis *borlog* memberikan gambaran bahwa secara umum daerah penelitian tersusun oleh empat satuan batuan, yaitu batuan napal, batuan gamping, batuan pasir, dan endapan aluvial.

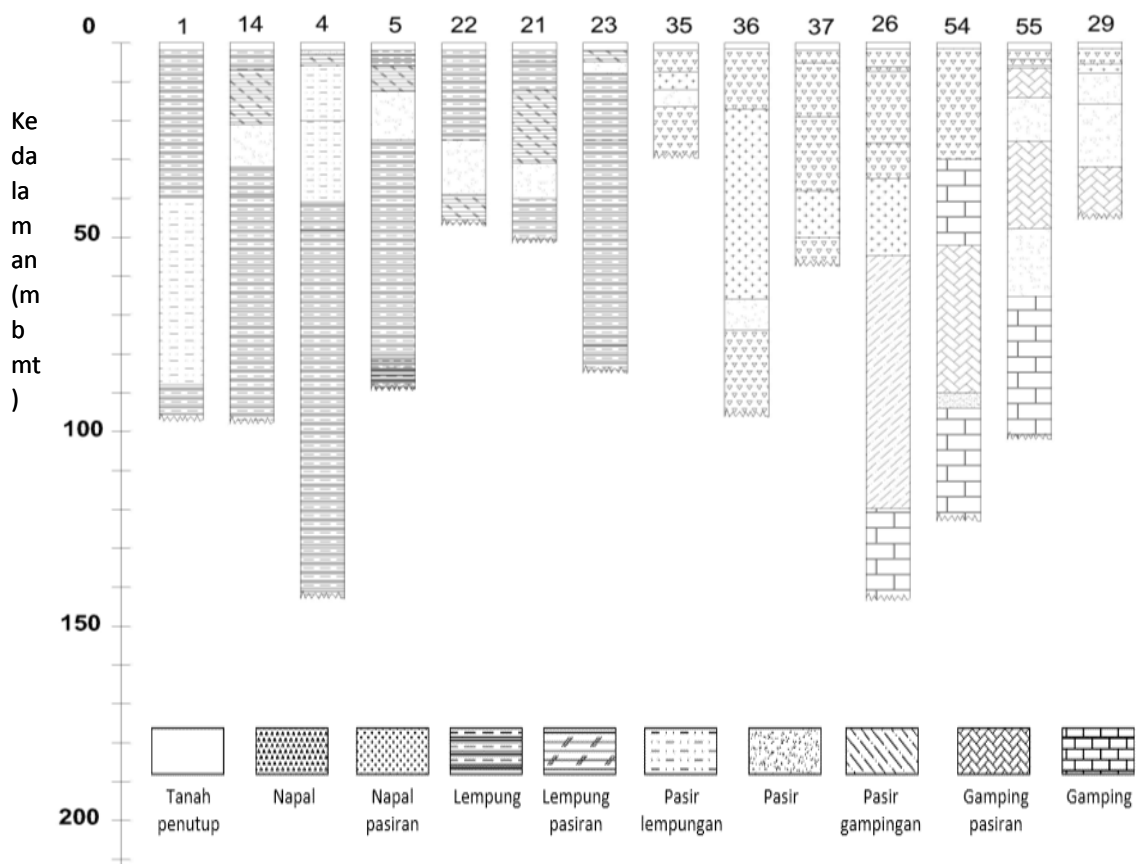
Karakteristik akuifer diketahui dari analisis *borlog* hasil interpretasi data geolistrik dengan *software Progress version 3.0*. Lapisan batuan penyusun akuifer diperoleh dari pendugaan litologi data tahanan jenis pada *borlog*. Ketebalan akuifer diperoleh dari selisih antara batas atas dan batas bawah lapisan akuifer. Nilai konduktivitas hidraulik diperoleh dari hasil rata-rata nilai konduktivitas hidraulik litologi batuan penyusun lapisan akuifer di lokasi penelitian.

Tabel 1 Dugaan tahanan jenis di Kabupaten Grobogan

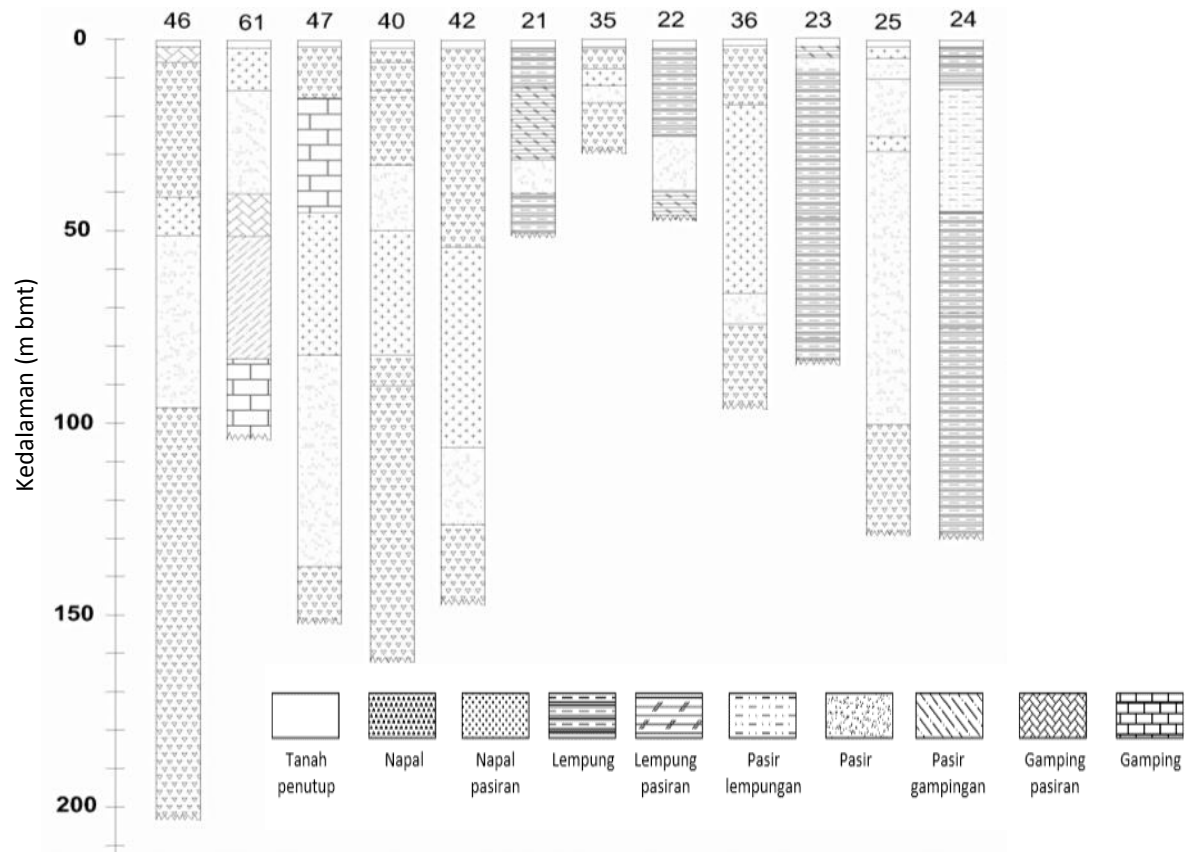
Tahanan Jenis (Ωm)	Perkiraan Jenis Batuan
0,07 - 8,90	lempung
1,55 - 15,2	lempung pasiran
0,32 - 14,0	napal
1,62 - 10,5	napal pasiran
6 - 9	pasir lempungan
9,3 - 39	Pasir
7,6 - 54	pasir gampingan
6,25 - 182	gamping pasiran
46,8 - 725	batugamping

Akuifer bebas tersusun oleh lapisan pasir, napal pasiran dan pasir lempungan. Lapisan akuifer diperkirakan dapat ditemui pada kedalaman antara 1,2 - 58 m bmt. Ketebalan akuifer berkisar antara 0,5 - 46 m. Nilai konduktivitas hidraulik berkisar antara 0,49 - 12 m/hari dan dari hasil perhitungan didapatkan nilai rata-rata konduktivitas hidraulik akuifer bebas di lokasi penelitian adalah sebesar 3,54 m/hari.

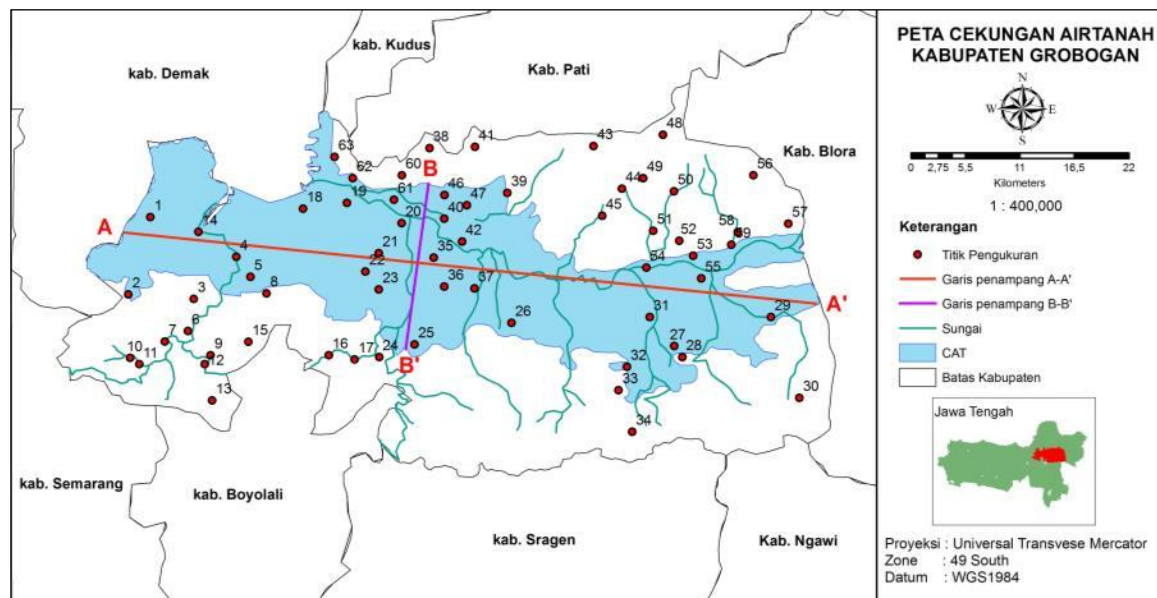
Akuifer tertekan tersusun oleh lapisan pasir, pasir kasar, lempung pasiran dan pasir gampingan. Lapisan akuifer diperkirakan dapat ditemui pada kedalaman antara 29 - 174 m bmt. Ketebalan akuifer berkisar antara 4 - 145 m. Nilai konduktivitas hidraulik berkisar antara 2,1 - 12 m/hari dan dari hasil perhitungan didapatkan nilai rata-rata konduktivitas hidraulik akuifer tertekan di lokasi penelitian adalah sebesar 3,87 m/hari.



Gambar 9 Borlog potongan A-A'



Gambar 10 Borlog potongan B-B'



Gambar 11 Peta CAT Kabupaten Grobogan dan gambaran analisis lintasan penampang akuifer

Potensi Cadangan Air Tanah

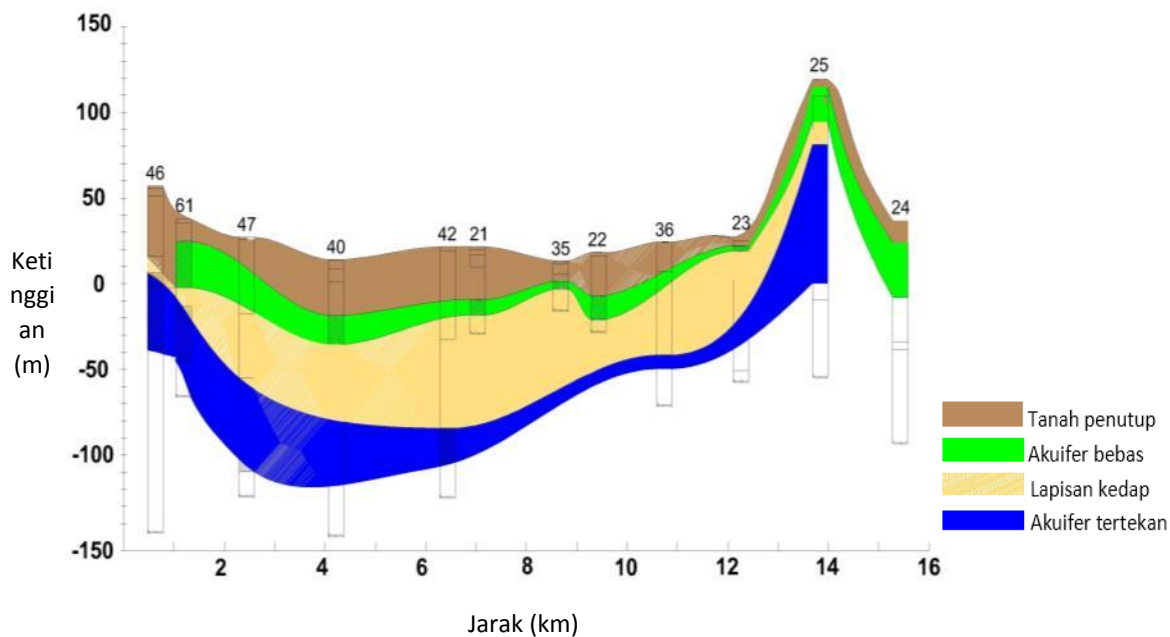
Persamaan Darcy digunakan dalam proses analisis data untuk menduga cadangan air tanah pada akuifer bebas dan tertekan. Nilai parameter persamaan Darcy didapatkan dari hasil analisis karakteristik akuifer di daerah penelitian. Panjang

penampang akuifer (W) digambarkan dengan garis A-A' sedangkan lebar akuifer digambarkan dengan garis B-B' (Gambar 11). Panjang penampang akuifer adalah sebesar 70.500 m sedangkan lebar akuifer adalah 17.749 m. Berdasarkan perhitungan, ketebalan akuifer pada akuifer bebas dan tertekan

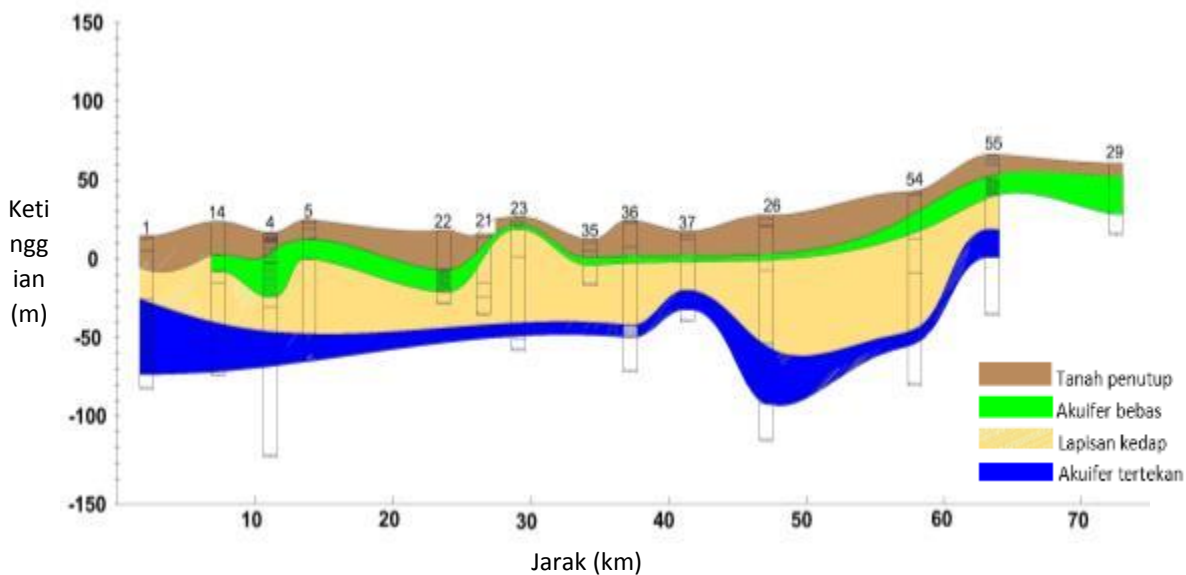
adalah sebesar 13,54 m dan 37,40 m. Dengan demikian luas penampang akuifer (A) pada akuifer bebas adalah sebesar 954.393,75 m² sedangkan pada akuifer tertekan adalah 2.636.791,65 m².

Penarikan garis A-A' dan B-B' didasarkan pada jejeran aliran (*flownet*), luasan daerah aliran sungai (DAS) dan cekungan air tanah (CAT) Kabupaten Grobogan. Garis A-A' dan B-B' digunakan untuk mengetahui penampang akuifer

dengan menganalisis titik geolistrik yang berada di sekitar garis tersebut. Garis A-A' menunjukkan potongan melintang akuifer dari Barat ke Timur sedangkan garis B-B' menunjukkan potongan penampang melintang akuifer dari Utara ke Selatan. Hasil analisis gambaran penampang melintang akuifer dari Utara ke Selatan dan Barat ke Timur disajikan pada Gambar 12 dan 13.



Gambar 12 Hasil analisis penampang melintang akuifer dari Utara ke Selatan (B-B')



Gambar 13 Hasil analisis penampang melintang akuifer dari Barat ke Timur (A-A')

Tabel 2 Hasil perhitungan nilai parameter persamaan Darcy

Variabel	Akuifer Bebas	Akuifer Tertekan	Satuan
Konduktivitas hidraulik (k)	3,54	3,87	m/hari
Ketebalan lapisan akuifer (b)	13,54	37,40	m
Panjang penampang akuifer (W)	70.500	70.500	m
Luas penampang akuifer (A)	954.393,75	2.636.791,65	m ²
Beda kedalaman muka air tanah (δh)	133,9	175	m
Panjang lintasan air tanah (δL)	13.043	11.457	m
Gradien hidraulik (i)	0,01	0,015	

Gambar 12 dan 13 menunjukkan nilai gradien hidraulik didapatkan dari titik pengukuran yang berbeda karena sebaran akuifer bebas dan tertekan tidak merata disetiap titik pengukuran. Titik pengukuran yang digunakan untuk menentukan nilai gradien hidraulik adalah tegak lurus dengan panjang penampang akuifer (W) searah dengan arah *flownet*. Berdasarkan perhitungan, pada akuifer bebas diperoleh nilai beda kedalaman muka air tanah (δh) sebesar 133,9 m dan panjang lintasan akuifer (δL) sebesar 13.043 m sehingga nilai gradien hidraulik adalah sebesar 0,01. Pada akuifer tertekan diperoleh nilai beda kedalaman muka air tanah (δh) sebesar 175 m dan panjang lintasan akuifer (δL) sebesar 11.457 m sehingga nilai gradien hidraulik adalah sebesar 0,015. Tabel 2 menunjukkan nilai parameter persamaan Darcy. Perhitungan nilai potensi cadangan air tanah dihitung dengan persamaan Darcy (Persamaan 3). Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai potensi cadangan air tanah di Kabupaten Grobogan yaitu pada akuifer bebas sebesar 34.674,58 m³/hari atau 401,33 l/dt dan pada akuifer tertekan sebesar 155.947,46 m³/hari atau 1.804,95 l/dt.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Kabupaten Grobogan diduga memiliki harga tahanan jenis berkisar antara 0,07 - 725 Ωm dengan jenis batuan yang terdiri dari endapan aluvial, batulempung, napal, batupasir gampingan dan batugamping. Kabupaten Grobogan terdiri dari daerah dengan kategori akuifer produktif kecil, sedang, setempat, akuifer produktif dengan penyebaran luas dan daerah air tanah langka. Akuifer bebas tersusun oleh lapisan pasir, napal pasir dan pasir lempungan dengan kedalaman antara 1,2 - 58 m bmt dan ketebalan akuifer berkisar antara 0,5 - 46 m serta konduktivitas hidraulik sebesar 3,54 m/hari dan gradien hidraulik 0,01. Akuifer tertekan tersusun oleh

lapisan pasir, pasir kasar, lempung pasir dan pasir gampingan dengan kedalaman antara 29 - 174 m bmt dan ketebalan akuifer berkisar antara 4 - 145 m serta konduktivitas hidraulik sebesar 3,87 m/hari dan gradien hidraulik 0,015. Prediksi potensi cadangan air tanah di Kabupaten Grobogan yang berada pada akuifer bebas adalah sebesar 401,33 l/dt dan pada akuifer tertekan sebesar 1.804,95 l/dt.

DAFTAR PUSTAKA

- Alile, M.O., Jegede, S.I., Ehigiatior. 2008. Underground Water Exploration Using Electrical Resistivity Method in Edo State, Nigeria. *Asian Journal of Earth Sciences*. 1(1): 38-42.
- Dawson, K.J. dan Istok, J.D. 1991. *Aquifer Testing: Design and Analysis of Pumping and Slug Tests*. Lewis Publishers, Michigan.
- Direktorat Geologi Tata Lingkungan. 1988. *Peta Hidrogeologi Lembar Semarang 1 : 250,000*. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Direktorat Geologi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. 1992. *Peta Geologi Lembar Salatiga 1408-6*. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Direktorat Geologi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. 1992. *Peta Geologi Lembar Ngawi 1508-4*. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Fetter, C.W. 1994. *Applied Hydrogeology* 3rd ED. Merrill Publishing Company, Ohio.
- Flathe, H. dan Leibold, W. 1976. *The Smooth Sounding Graph A Manual for Field Work in Direct Current Resistivity Sounding*. Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, Jerman.

- Irawan, P. 2012. Potensi Cadangan Air Tanah di DAS Ciliwung. Tesis. Program Pascasarjana, IPB, Bogor.
- Jackson, P.D., Earl, S.J., Reece, G.J. 2001. 3D Resistivity Inversion Using 2D Measurement of the Electric Field. *Geophysical Prospecting*. 49(1): 26-39.
- Klute, A. dan Dirksen, C. 1986. *Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory method. Methods of Soil Analysis Part 1. Physical and Mineralogical Methods 2nd edition*. ASSA Inc, Madison Wisconsin.
- Kodoatie, R.J. 2010. *Pengantar Hidrogeologi*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Kodoatie, R.J. dan Sjarief, R. 2008. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Munawaroh, N.F., Rahayu, E.S., Ani, S.W. 2013. Analisis Daya Saing Jagung di Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah. *Jurnal Agroekoteknologi UNS*. 11(2).
- Pryambodo, D.G., Kusumah, G., Sudirman, N. 2014. Pendugaan Akuifer Air Tanah di Pesisir Pulau Solor, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*. 10(2): 147-155.
- Putranto, T.T. dan Kusuma, K.I. 2009. Permasalahan Air Tanah pada Daerah Urban. *Jurnal Teknik*. 30(1): 48-57.
- Rahayu, E.S. dan Irianto, H. 2013. Kajian Keragaan Pasar dan Daya Saing Komoditas Tembakau sebagai Dampak Perubahan Iklim di Kabupaten Grobogan. *Jurnal SEPA*. 9(2).
- Rolia, E. 2011. Penggunaan Metode Geolistrik untuk Mendeteksi Keberadaan Air Tanah. *Jurnal Tapak*. 1(1).
- Srijono dan Nadia, N. 2013. Pengembangan Lingkungan Kars Gua Urang sebagai Lokasi Wisata. *Jurnal Forum Geografi*. 27(2): 99-110.
- Todd, D.K. 1995. *Groundwater Hydrology*. Second Edition. John Wiley & Sons, Danvers.
- Todd, D.K. dan Mays, L.W. 2005. *Groundwater Hydrology*. 3th ed. John Wiley & Sons, Danvers.
- Zohdy, A.A., Eaton, G.P., Mabey, D.R. 1980. *Application of Surface Geophysics to Groundwater Investigation*. United States Department of The Interior, Washington.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan Republik Indonesia yang telah memberikan dana bantuan untuk melakukan penelitian.