

ARTIKEL RISET

Analisis Geometri dan Konfigurasi Sistem Akuifer Air Tanah berdasarkan Data Geofisika di Kabupaten Sleman Bagian Timur

Budiarjo* and Heru Hendrayana

Ringkasan

Penelitian Metode Geolistrik Resistivitas konfigurasi Wenner-Schlumberger dengan bentangan 360 m. kedalaman 75 m. di Kabupaten Sleman Bagian Timur menggambarkan satuan hidrostratigrafi. Model 3D konseptual model sistem akuifer air tanah digunakan untuk menganalisis geometri dan konfigurasi. Geometri akuifer air tanah secara horizontal, sisi utara batas antara akuifer dan non-akuifer dibedakan secara jelas berupa batuan resistivitas rendah 20 – 50 ohm.m (akuifer minor), 51 – 140 ohm.m (akuifer utama) dengan batuan resistivitas tinggi > 140 ohm.m (akuifug). Berdasarkan pola aliran muka air tanah sisi timur dibatasi oleh Sungai Gendol, sisi barat Sungai Boyong dan sisi selatan Sungai Opak. Di bagian bawah akuifer hasil 3D Konseptual model sistem akuifer air tanah menunjukkan kemenerusan keluar daerah penelitian. Secara vertikal terlihat batas antara akuifer dan non akuifer, namun batas bawah menerus di bawah jangkauan pengukuran.

Berdasarkan data Geofisika Geolistrik Resistivitas, konfigurasi sistem akuifer air tanah di Kabupaten Sleman Bagian Timur, tersusun oleh satu akuifer diselingi oleh lapisan non-akuifer yang tidak menerus.

Kata Kunci : Geolistrik Resistivitas, Wenner-Schlumberger, Geometri dan Konfigurasi sistem akuifer air tanah.

Abstract

Research on the Geoelectric Resistivity Method of the Wenner-Schlumberger configuration with a stretch of 360 m. depth of 75 m. in the Eastern District of Sleman, depicts hydrostratigraphic units. The conceptual 3D model of a groundwater aquifer system model is used to analyze its geometry and configuration. Geometry of groundwater aquifers horizontally, the north side of the boundary between aquifers and non-aquifers is clearly distinguished in the form of low resistivity rocks 20 – 50 ohms.m (minor aquifers), 51 – 140 ohms.m (main aquifers) with high resistivity rocks > 140 ohm.m (aquifuge). Based on the pattern of groundwater flow the east side is bounded by the Gendol River, the west side of the Boyong River and the south side of the Opak River. At the bottom of the aquifer 3D Conceptual models of groundwater aquifer systems show continuity out of the study area. Vertically, the boundary between aquifer and non-aquifer is visible, but the lower limit is continuously below the measurement range.

Based on the Geophysical Resistivity Geophysical data, the configuration of the groundwater aquifer system in the Eastern District of Sleman, is composed of one aquifer interspersed with non-aquifer layers that are not continuous.

Keywords: Resistivity Geoelectric; Wenner-Schlumberger; Geometry and Configuration of groundwater aquifer systems.

1 PENDAHULUAN

Air tanah mempunyai peranan penting bagi kehidupan dan penghidupan rakyat Indonesia. Sampai saat

ini, sebagian besar masyarakat menggantungkan kebutuhan air dari air tanah, baik untuk keperluan minum dan rumah tangga maupun untuk memenuhi kebutuhan pertanian, industri, perkantoran, serta pelayanan umum.

Keberadaan air tanah di Indonesia cukup melimpah, tetapi tidak setiap tempat terdapat air tanah. Menurut

*Correspondence: budiarjo@mail.ugm.ac.id

Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Full list of author information is available at the end of the article

†Equal contributor

Danaryanto, dkk., (2010) [1] keberadaan air tanah di suatu tempat sesuai dengan kondisi geologi dan curah hujannya. Air tanah terdapat di bawah permukaan tanah, pada suatu wadah alami yang disebut Cekungan Air Tanah (CAT). Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral tentang Pedoman Teknis Penyelenggaraan Pemerintah di Bidang Pengelolaan Air Bawah Tanah menyatakan bahwa pengelolaan air bawah tanah harus berlandaskan satuan wilayah CAT [2]. CAT Yogyakarta-Sleman secara alamiah dibatasi oleh batas-batas hidrolika yang dikontrol oleh kondisi geologi dan hidrogeologi wilayah setempat [3].

Berdasarkan peta trasmisivitas CAT Yogyakarta-Sleman [4], Kabupaten Sleman bagian Timur memiliki jumlah air yang mampu dialirkan untuk tiap satuan geometri dan konfigurasi sistem akuifer air tanah pada batas-batas serta susunan perlapisan penyusun akuifer. Menurut Hendrayana (2013) [5] geometri menentukan kuantitas atau jumlah air tanah yang terkandung di dalam cekungan akuifer, terutama dari ketebalan dan luas penyebaran akuifer. Konfigurasi sistem akuifer air tanah menggambarkan satuan-satuan hidrostratigrafi.

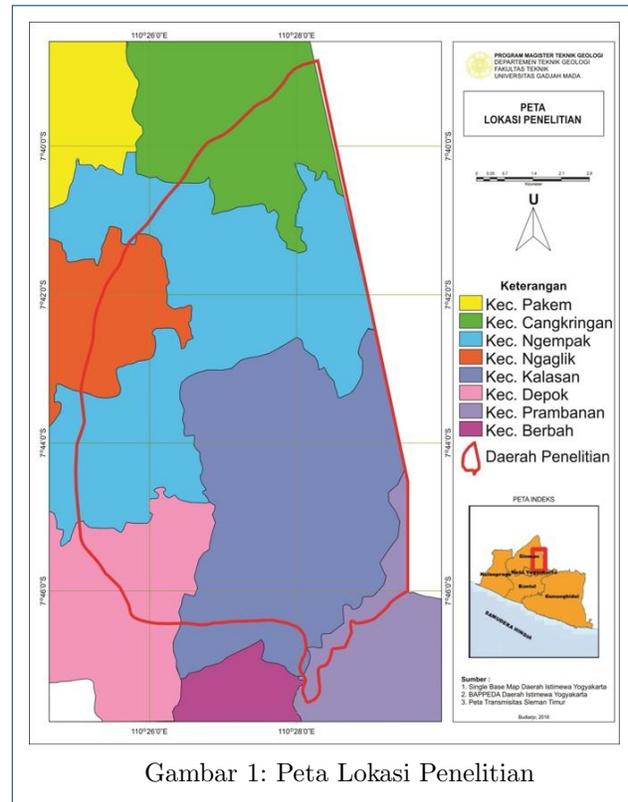
Analisis geometri dan konfigurasi sistem akuifer air tanah dilakukan untuk mengetahui batas-batas dan lapisan penyusun akuifer air tanah lebih rinci secara lokal. Dengan menggunakan metode geofisika geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner-Schlumberger, penelitian ini bertujuan memberikan masukan, saran, dan rekomendasi teknik pada pengelolaan air tanah di Kabupaten Sleman bagian Timur pada khususnya dan umumnya Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan pembuatan model konseptual sistem akuifer air tanah. Hal ini dapat digunakan sebagai acuan dalam manajemen air tanah berbasis cekungan air tanah guna pemenuhan kebutuhan air bersih di daerah Yogyakarta-Sleman.

2 LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di sub-Cekungan Air Tanah Yogyakarta-Sleman, lereng selatan Gunung Merapi, Kabupaten Sleman bagian Timur, mencakup Kecamatan: Cangkringan Bagian Selatan, Ngaglik Bagian Timur, Depok Bagian Timur, Ngemplak, Kalasan dan Prambanan Bagian Utara (Gambar 1).

3 METODE PENELITIAN

Secara umum, metodologi yang dilakukan adalah observasi dan pengukuran lapangan yang dibagi menjadi tiga aspek utama, yaitu observasi hidrogeologi, Geologi, dan pengukuran Geofisika dengan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner-Schlumberger.



Gambar 1: Peta Lokasi Penelitian

3.1 Observasi Hidrologi

Observasi hidrogeologi dilakukan dengan melakukan pengukuran kedalaman muka air tanah. Pengukuran tersebut dilakukan pada mata air, sungai dan sumur gali yang berada di daerah penelitian. Teknik pengukuran kedalaman muka air tanah diukur dari elevasi topografi hingga elevasi muka air tanah dengan menggunakan meteran, mencatat posisi dan melengkapinya dengan keterangan yang diperlukan.

3.2 Observasi Geologi

Observasi aspek geologi permukaan dilakukan dengan pengamatan/*groundcheck* litologi, morfologi, maupun struktur geologi. Pengamatan tersebut dimaksudkan untuk meng-*cross check* keadaan sesungguhnya di lapangan dengan kajian geologi regional.

3.3 Pengukuran Geofisika

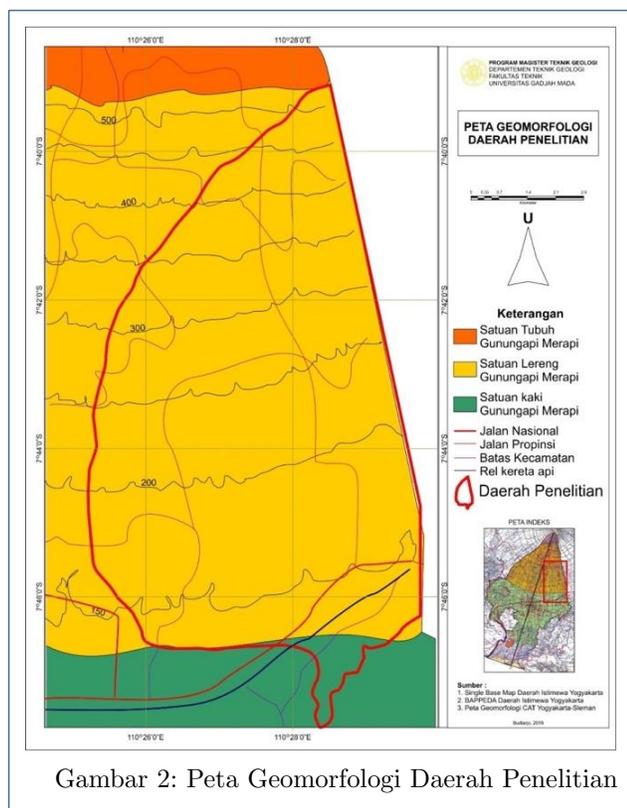
Pengukuran geofisika dengan metode geolistrik 2D merupakan metode utama dalam penelitian ini. Pengukuran data geolistrik di daerah penelitian dilakukan dengan arah bentangan barat-timur, relatif tegak lurus terhadap arah pengendapan material/sedimentasinya (utara-selatan). Konfigurasi elektroda yang digunakan adalah Wenner-Schlumberger dengan panjang setiap lintasan ± 360 m dengan mendapatkan kedalaman

± 75 m. Konfigurasi ini merupakan konfigurasi yang baik dan biasa dipakai dalam penggambaran model 2D. Dengan menggunakan spasi antar elektroda 5 m akan mendapatkan hasil pengukuran di bawah permukaan dengan jarak kerapatan data pengukuran 2,5 m. Dengan kerapatan data tersebut akan dihasilkan model 2D yang baik. Model 2D hasil pengukuran Geolistrik di lapangan memberikan informasi mengenai litologi bawah permukaan. Litologi bawah permukaan inilah yang kemudian digunakan untuk memberikan gambaran konfigurasi akuifer di bawah permukaan di Kabupaten Sleman Bagian Timur.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Geomorfologi

Daerah penelitian termasuk dalam bentang alam vulkanik dengan ketinggian 100 m hingga 500 m di atas permukaan laut (m-dpl.) (Gambar 2). Terletak pada satuan tubuh gunung api, lereng gunung api, dan kaki gunung api. Berdasarkan zona fasiesnya berada pada zona fasies Proksimal, Medial dan Distal. Fasies proksimal berada pada lereng atas dan fasies medial berada di lereng bawah. Fasies distal berada di kaki gunung yang ditandai dengan daerah yang mulai landai, yang ditemui setelah selokan mataram ke arah selatan.

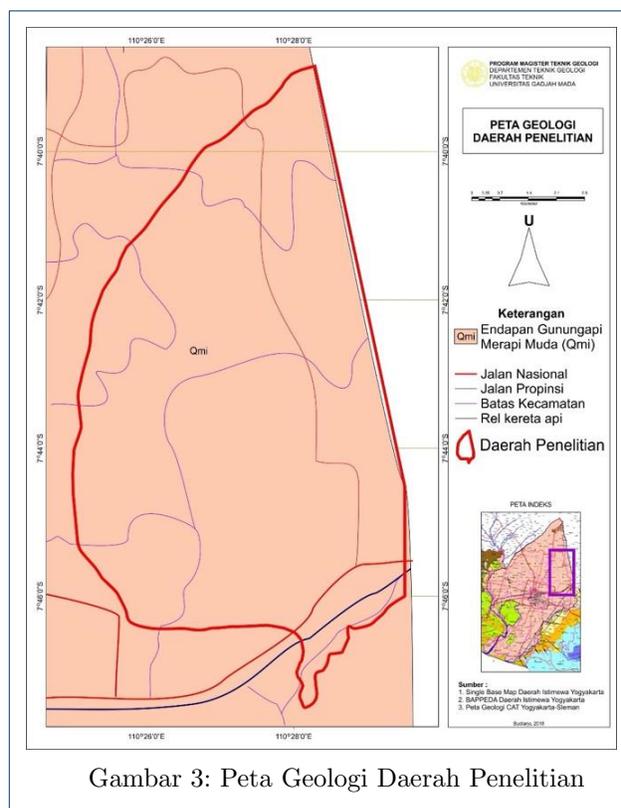


Gambar 2: Peta Geomorfologi Daerah Penelitian

4.2 Geologi Permukaan

Secara geologi, daerah penelitian berada pada endapan Gunung Merapi Muda (Qmi) (Gambar 3). Formasi Gunungapi Merapi Muda tersusun atas material aktivitas vulkanik berupa endapan tuf, pasir, dan breksi serta endapan lahar. Formasi ini dibedakan menjadi dua formasi sesuai ciri litologi dan sifat-sifat terhadap kandungan air tanah, yaitu Formasi Sleman dan Formasi Yogyakarta [6]. Formasi Sleman merupakan kenampakan bagian bawah dan Formasi Yogyakarta merupakan kenampakan bagian atas. Pada kenampakan bagian atas ini umumnya berupa tuf, pasir, kerikil, breksi, dan endapan laharik. Tuf dan pasir menyebar hampir di seluruh lokasi penelitian, di bagian utara daerah penelitian endapan laharik dapat terlihat di permukaan berupa bolder-bolder.

Batas antara Formasi Sleman dan Formasi Yogyakarta, secara fisik peneliti tidak menemukan keberadaan dan perselingan antara keduanya.

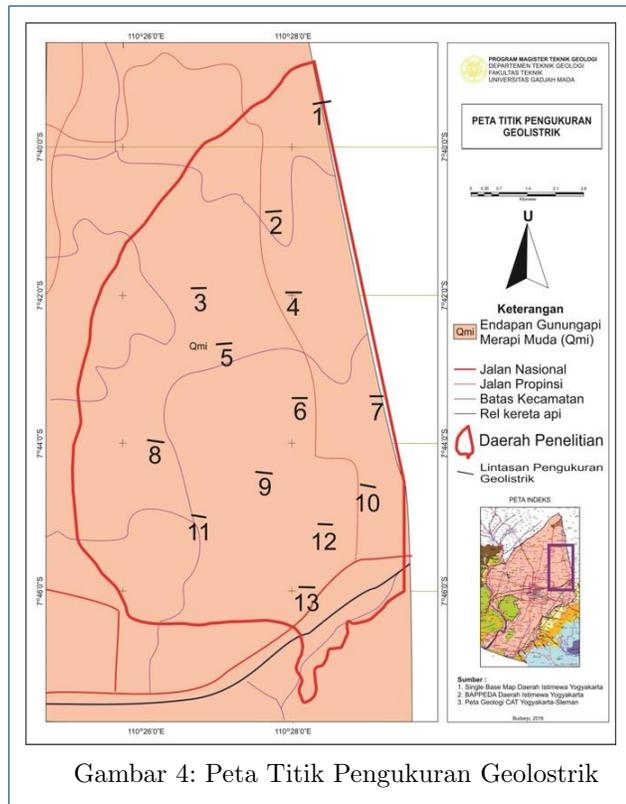


Gambar 3: Peta Geologi Daerah Penelitian

4.3 Pengukuran Geofisika

Pengukuran geofisika dilakukan pada tanggal 9 Agustus – 30 September 2017 di 13 lintasan tersebar di daerah penelitian (Gambar 4). Data lapangan yang didapat dari pengukuran geolistrik adalah nilai tahanan jenis yang memperlihatkan variasi jenis

batuan, struktur geologi dan kandungan air yang ada di dalamnya. Nilai-nilai tahanan jenis pada pseudosection 2-D membentuk gambaran penampang vertikal 2D, menunjukkan warna tertentu yang memperlihatkan nilai resistivitas dalam satuan $\Omega.m$ (Ohm.meter/ Ohm.m).



Gambar 4: Peta Titik Pengukuran Geolistrik

Nilai resistivitas di lapangan diproses dengan bantuan perangkat lunak MS.Excel dengan persamaan fisika untuk memperoleh nilai resistivitas nyata (*true resistivity*). Nilai resistivitas nyata (ρ), posisi, jarak elektroda, jumlah elektroda dan konfigurasi pengukuran yang digunakan dimasukkan dalam perangkat lunak notepad, sebagai data input dalam pengolahan RES2DInv. Inversi dilakukan oleh perangkat RES2DInv guna memperoleh model penampang resistivitas yang lebih mendekati antara model hasil pengukuran dan hasil perhitungan. Pada hasil akhir proses ini diperoleh penampang resistivitas listrik semu, penampang resistivitas nyata dan penampang resistivitas listrik hasil inversi, dan tabel warna nilai resistivitasnya. Contoh keluaran dalam pengolahan menggunakan RES2DInv ditunjukkan pada Gambar 5.

Hasil pembuatan model konseptual Penampang 13 lintasan pengukuran geolistrik resistivitas bawah permukaan disusun menjadi satu untuk mengidentifikasi persebaran nilai resistivitas (Gambar

Tabel 1: Pembagian kelas resistivitas dan jenis batuan dan tingkat keterdapatan air di Kabupaten Sleman Bagian Timur

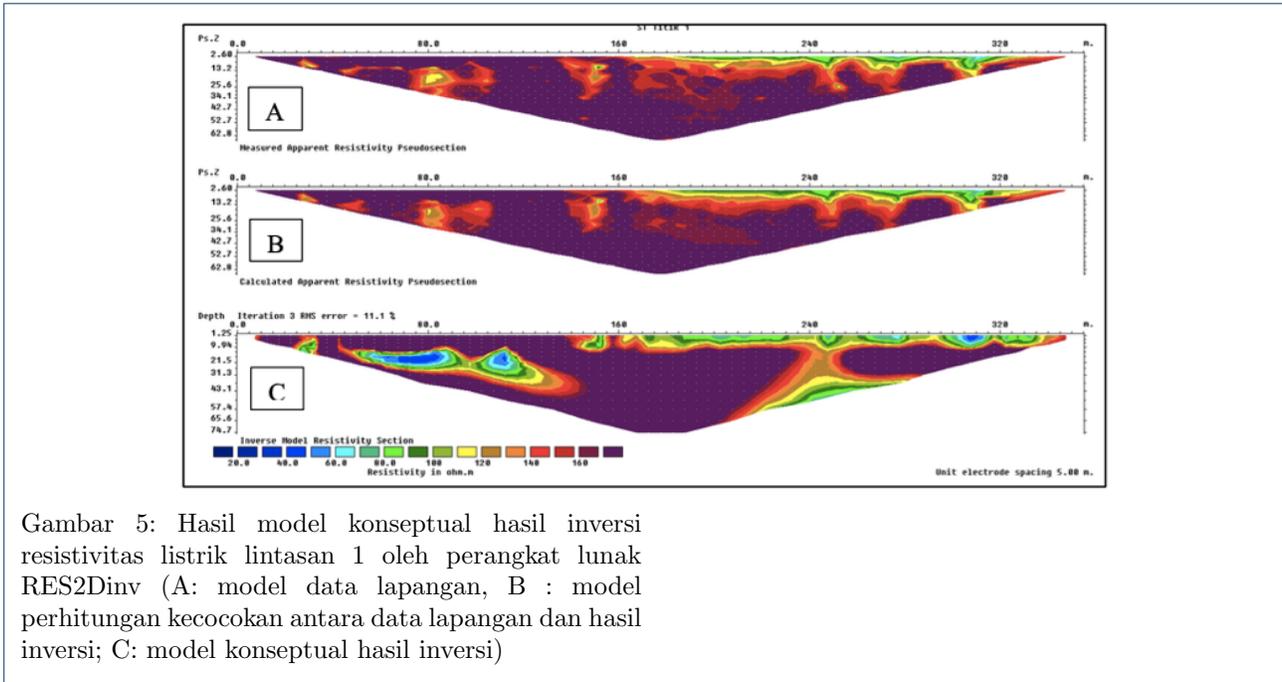
KELAS	WARNA HASIL MODEL	NILAI TAHANAN JENIS		HIDROSTRATI- GRAFI UNIT (HSU)	KETERDAPATAN AIR TANAH	INTERPRETASI LITOLOGI
I		< 20	< 20	AKUIKLUD	Mengandung air tanah namun tidak dapat mengalirkan air tanah	Lempung
II		20 - 50	20 - 30	AKUITAR. AKUIFER MINOR	Mengandung air tanah namun mengalirkan air dalam jumlah terbatas	Lempung Pasiran
			31 - 40			
			41 - 50			
III		51 - 140	51 - 60	AKUIFER UTAMA	Mengandung air tanah dan dapat mengalirkan dalam jumlah yang besar	Pasir
			61 - 70			
			71 - 80			
			81 - 90			
			91 - 100			
			101 - 110			
			111 - 120			
			121 - 130			
			131 - 140			
			141 - 150			
IV		> 140	151 - 160	AKUIFUG	Tidak mengandung air tanah	Breksi Masif
			161 - 170			
			171 - 180			
			> 180			
			> 180			

6). Dari hasil tersebut, terlihat bahwa nilai resistivitas beragam dari 0 ohm.m hingga ratusan bahkan mencapai ribuan ohm.m. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat keragaman batuan di Gunung Merapi sangatlah tinggi.

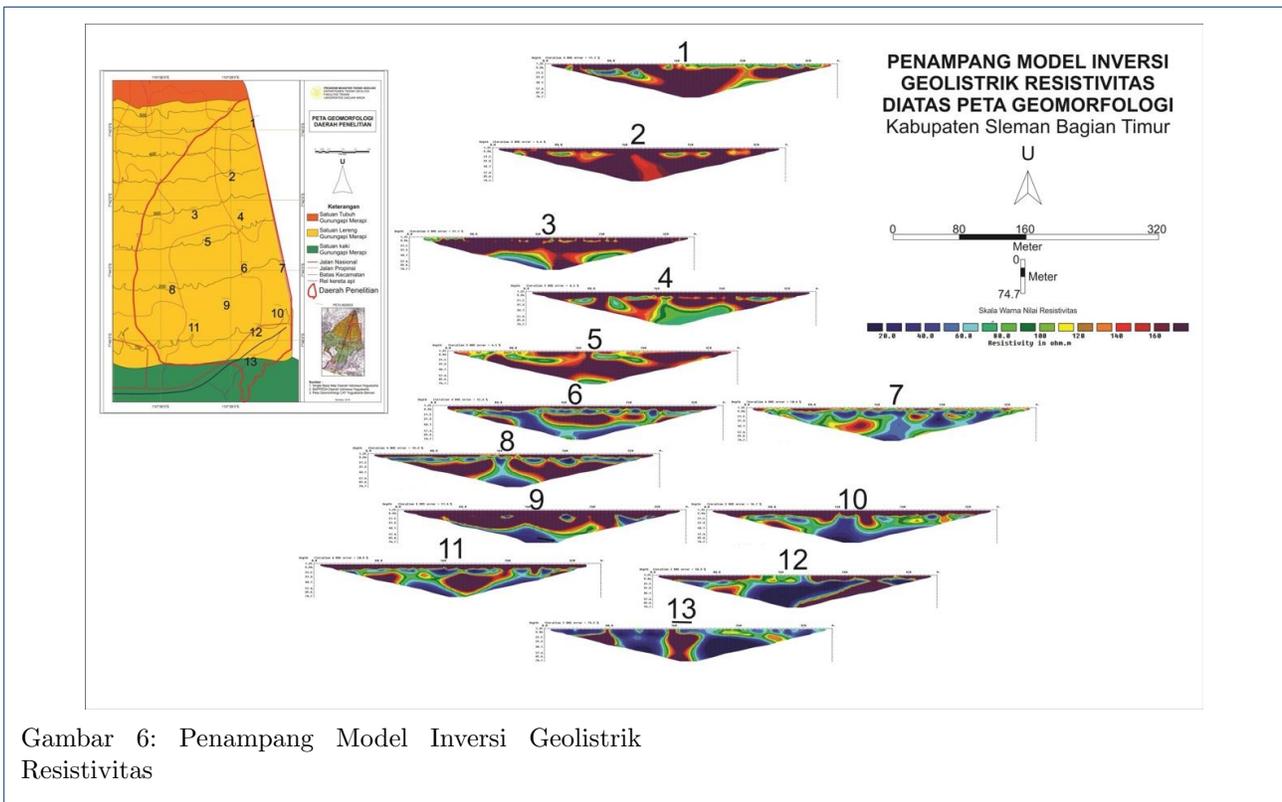
Hasil model konseptual Penampang 13 lintasan juga menunjukkan dua zona nilai resistivitas. Zona atas/utara daerah penelitian merupakan zona dengan nilai resistivitas cenderung tinggi, hal ini sesuai dengan posisi yang dekat dengan puncak Gunung Merapi dan berada pada zona proksimal. Sedang pada bagian bawah/selatan daerah penelitian cenderung memiliki nilai rendah dengan indikasi daerah lereng bawah dan kaki Gunung Merapi yang merupakan zona medial dan distal.

Berdasarkan data hasil pembuatan model konseptual pengukuran geolistrik, nilai tahanan jenis dan penyebaran distribusinya dapat diinterpretasikan penyebaran litologi dan keterdapatan air tanah. Interpretasi data hasil pengukuran geolistrik dilakukan dengan membagi nilai-nilai tahanan jenis menjadi beberapa kelompok atau kelas sesuai rentang tahanan jenis ditunjukkan pada Tabel 1, didasarkan pada hasil pengamatan lapangan serta beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Hendrayana (1993) [7] dan korelasi data sumur.

Pembuatan model satuan hidrostratigrafi (Gambar 7) didasarkan pada nilai hasil model inversi resistivitas yang diterjemahkan ke dalam satuan hidrostratigrafi



Gambar 5: Hasil model konseptual hasil inversi resistivitas listrik lintasan 1 oleh perangkat lunak RES2Dinv (A: model data lapangan, B : model perhitungan kecocokan antara data lapangan dan hasil inversi; C: model konseptual hasil inversi)

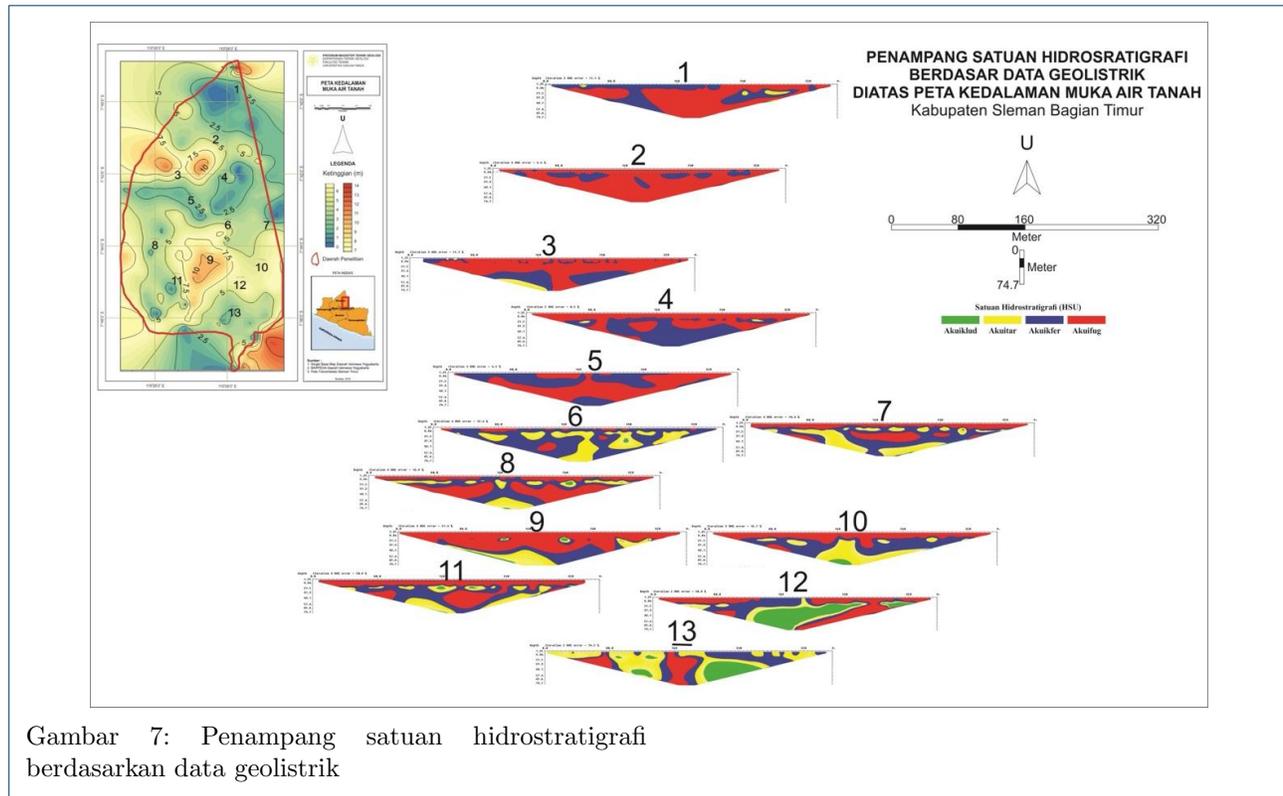


Gambar 6: Penampang Model Inversi Geolistrik Resistivitas

pada semua lintasan. Untuk mengontrol model yang dibuat, data lapangan hidrogeologi, kedalaman muka air tanah digunakan untuk melihat kecocokan air

permukaan hasil model dengan kondisi lapangan. Hasilnya menunjukkan kecocokan antara keduanya.

Model Konseptual satuan hidrostratigrafi dilakukan dengan mengkorelasikan ke-13 lintasan hasil



Gambar 7: Penampang satuan hidrostratigrafi berdasarkan data geolistrik

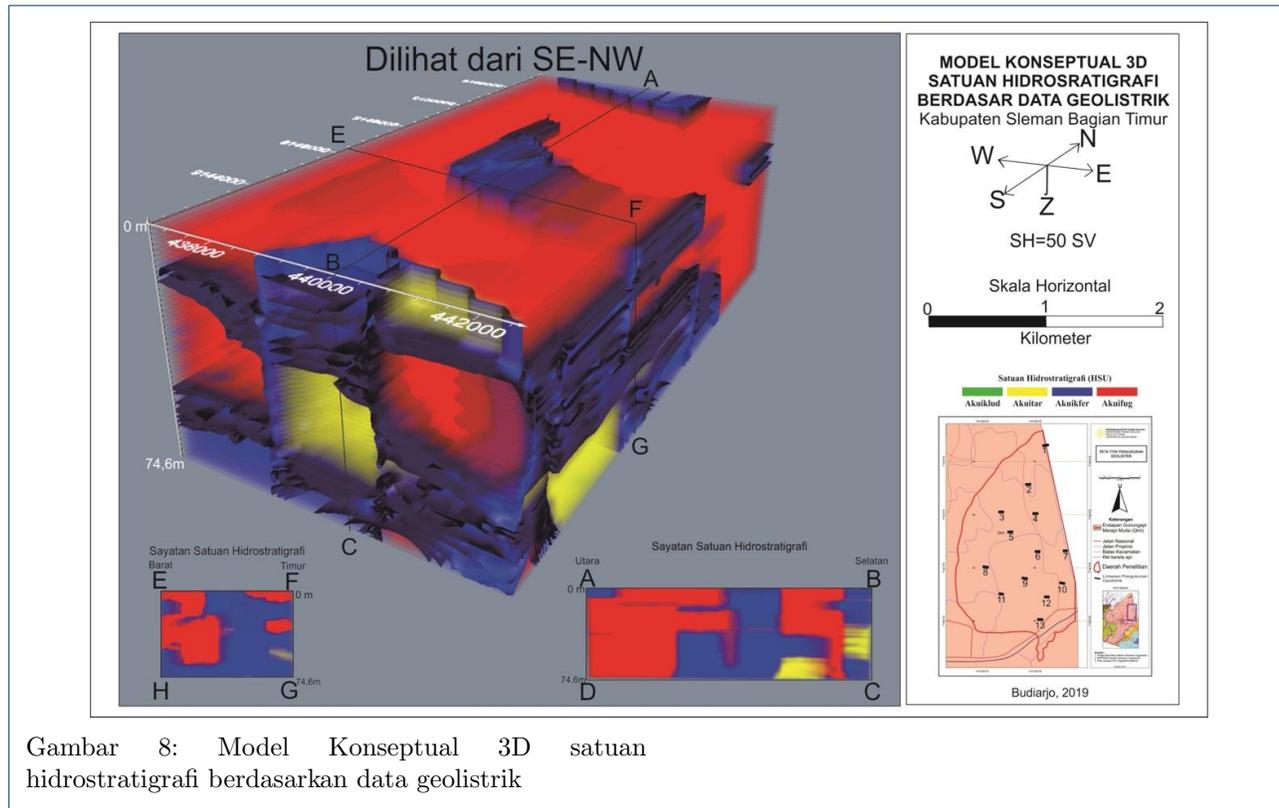
pembuatan model satuan Hidrostratigrafi unit Geolistrik Resistivitas. Dengan metode korelasi *inverse distance power* memberikan hasil model konseptual sistem akuifer air tanah 3D. Model Konseptual fisik dibuat menggunakan perangkat lunak Voxler 4.1. Hasil dari model tersebut ditunjukkan dengan Gambar 8.

Dari pembuatan model konseptual sistem akuifer air tanah didapatkan gambaran 3D akuifer dan non akuifer. Akuifer pada model tersebut (warna biru dan kuning) membentuk seperti channel-channel yang dibatasi oleh lapisan non akuifer (warna merah). Akuifer utama (warna biru) di sisi utara hanya ditemukan di bagian atas, yang sesuai dengan konsep zona fasies yang merupakan zona proksimal, dekat dengan puncak yang banyak material masif terbentuk pada daerah ini. Di bagian tengah dan bawah (selatan) dapat terlihat akuifer utama dan akuifer minor (warna biru) menyebar dan menerus hingga di bawah model konseptual yang terbentuk. Sayatan-sayatan yang dibuat memberikan gambaran bahwa sistem akuifer air tanah di Kabupaten Sleman Bagian Timur merupakan satu sistem akuifer yang dibatasi oleh lapisan-lapisan non akuifer namun tidak menerus.

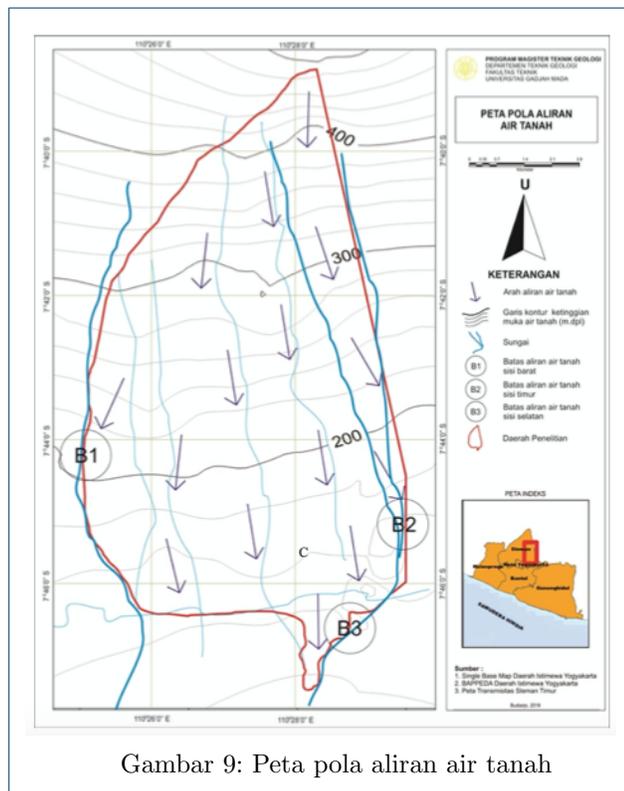
Geometri akuifer air tanah secara horizontal, sisi utara antara akuifer dan non akuifer dapat dibedakan secara jelas. Pada sisi barat, timur dan selatan

daerah penelitian menunjukkan kemenerusan yang tidak dapat diidentifikasi dari pembuatan model konseptual. Pada batas atas akuifer, dengan model pola aliran tanah (Gambar 9), menunjukkan bahwa air di bagian barat menuju ke Sungai Boyong dan di sisi timur, Sungai Gendol menjadi zona landaian turun ke arah Sungai Opak, arah yang berlawanan memperlihatkan bahwa akuifer air tanah turun di tempat tersebut. Dibawah pada kedalaman 74,6 meter, model konseptual sistem akuifer hasil geolistrik resistivitas menunjukkan kemenerusan. Namun data geolistrik di ujung-ujung masih relatif sedikit, sehingga kebenarannya masih perlu dilakukan pengujian dengan data-data yang lain, seperti sumur bor atau lainnya.

Geometri akuifer di Kabupaten Sleman bagian timur, secara vertikal berupa konfigurasi akuifer dan non akuifer. Akuifer sendiri dibedakan menjadi akuifer utama dan akuifer minor. Susunan sistem akuifer terdiri dari akuifer utama dan akuifer minor yang dibatasi oleh lapisan non-akuifer namun tidak menerus. Dari model konseptual terlihat batas akuifer bagian atas namun batas bawah dari akuifer tidak terlihat, menerus hingga kedalaman yang tidak teridentifikasi dengan model konseptual fisik hasil pengukuran geofisika.



Gambar 8: Model Konseptual 3D satuan hidrostratigrafi berdasarkan data geolistrik



Gambar 9: Peta pola aliran air tanah

5 KESIMPULAN

Geometri sistem akuifer air tanah Kabupaten Sleman bagian timur secara horizontal, sisi utara antara akuifer dan non-akuifer dapat dibedakan secara jelas. Akuifer bagian atas, sisi barat dibatasi oleh Sungai Boyong, sisi timur Sungai Gendol dan sisi selatan Sungai Opak. Konfigurasi secara vertikal berupa satu kesatuan akuifer yang dibatasi oleh lapisan non-akuifer namun tidak menerus dan merupakan akuifer bebas. Model konseptual sistem akuifer air tanah 3D berdasarkan data geofisika resistivitas dengan korelasi data penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, dapat memodelkan dengan baik berupa akuifer (20 – 140 Ohm.m) dan non-akuifer (< 20 dan > 140 Ohm.m). Namun pada daerah penelitian bagian bawah sisi barat, timur dan selatan daerah menunjukkan kemenerusan.

6 UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan ini didukung oleh Ground Water Working Group (GWWG) UGM.

Terima Kasih kepada Dr. Doni Prakasa E P, Richard, Pak Joko Riyanto, Mas Moko, Mas Asep, Mas Iwan Afandi, Suhari serta Laboratorium Geologi dan Tata Lingkungan dan juga Laboratorium Geofisika, Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik UGM dan FMIPA UGM.

PENULIS

- 1 Budiarjo
Dari :
(1) Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik,
Universitas Gadjah Mada

- 2 Heru Hendrayana
Dari :
(1) Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik,
Universitas Gadjah Mada

Pustaka

1. Danaryanto RJK, Hadipurwo S, Sangkawati S. Manajemen Air Tanah Ber asis Cekungan Air Tanah. Bandung: Pusat Lingkungan Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral; 2010.
2. Pedoman Teknis Penyelenggaraan Pemerintah di Bidang Pengelolaan Air Bawah Tanah. Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral; 2000.
3. Hendrayana H. Cekungan Air Tanah Yogyakarta-Sleman : Geometri dan Konfigurasi. Universitas Gadjah Mada; 2011.
4. Penyusunan Kajian Review Jaringan Sumur Pantau di CAT Yogyakarta-Sleman. Yogyakarta: Pemerintah Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta, Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral; 2015.
5. Hendrayana H. Cekungan Air Tanah Yogyakarta-Sleman: Potensi, Pemanfaatan dan Pengelolaan Air Tanah. Yogyakarta: National Workshop Asia Pacific Centre for Ecohydrology; 2013.
6. McDonald M. Greater yogyakarta groundwater resources study. Ministry of Public Work, Indonesia. 1984;.
7. Hendrayana H. Hydrogeologie und grundwasser gewinnung in Yogyakarta-becken, Indonesien. RWTH Aachen; 1993.