

SISTEM AKUIFER DI LERENG GUNUNGAPI MERAPI BAGIAN TIMUR DAN TENGGARA

Studi Kasus di Kompleks Mataair Sungsang Boyolali Jawa Tengah

Oleh
Soenarso Simoen ¹⁾

INTISARI

Mataair-mataair di lereng Gunungapi Merapi yang merupakan sabuk mataair (spring belt) dalam era "kebutuhan air bersih yang tidak tercemar" menjadi incaran Perusahaan Air Minum (PAM) dan juga Pengusaha Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). Pengambilan air langsung dari mataair ternyata sering menimbulkan konflik kepentingan dengan petani pengguna air untuk pengairan. Banyak anjuran supaya pengambilan air tidak langsung dari mataair melainkan dengan mengebor dari akuifer.

Tujuan dari penelitian sistem akuifer di sekitar mataair ini untuk mengetahui sistem akuifer sebagai dasar untuk menentukan lokasi pengeboran airtanah yang dapat digunakan untuk air bersih tanpa mengurangi debit air dari mataair.

Metode penelitian menggunakan pendugaan geolistrik tahanan jenis (resistivity geoelectric), pengukuran debit mata air, dan pengamatan geologi dan topografi disekitar mata air.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa mataair-mataair di daerah penelitian merupakan mataair artesis yang keluar dari akuifer tertekan. Pemunculan mataair dari akuifer dapat diakibatkan oleh dua sebab, yaitu i) karena akuifer tertekan terpotong oleh depresi seperti mataair Cokrotulung dan Sigedang; (ii) karena akuifer tertekan oleh lapisan lempung seperti mataair Sungsang dan Nepen. Dengan diketahuinya sistem akuifer ini dapat ditentukan bahwa di daerah antara S-2 sampai S-3 dan antara S-7 sampai S-8 dapat dibor sedalam 50 meter untuk mendapatkan sumur artesis.

PENDAHULUAN

Sejalan dengan pertambahan jumlah penduduk maka Perusahaan Air Minum (PAM) meningkat kegiatannya untuk mendapatkan sumber air bersih, demikian juga peningkatan budaya manusia mengkonsumsi air minum dalam kemasan (AMDK), maka banyak pengusaha AMDK sibuk mencari sumber-sumber air bersih untuk menambah produksinya.

¹⁾ Lektor Kepala dalam bidang Hidrologi Airtanah di Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.

Para pengusaha PAM maupun AMDK lebih banyak memilih sumber air dari airtanah daripada air permukaan. Hal ini disebabkan oleh faktor-faktor sebagai tersebut dalam Tabel 1.

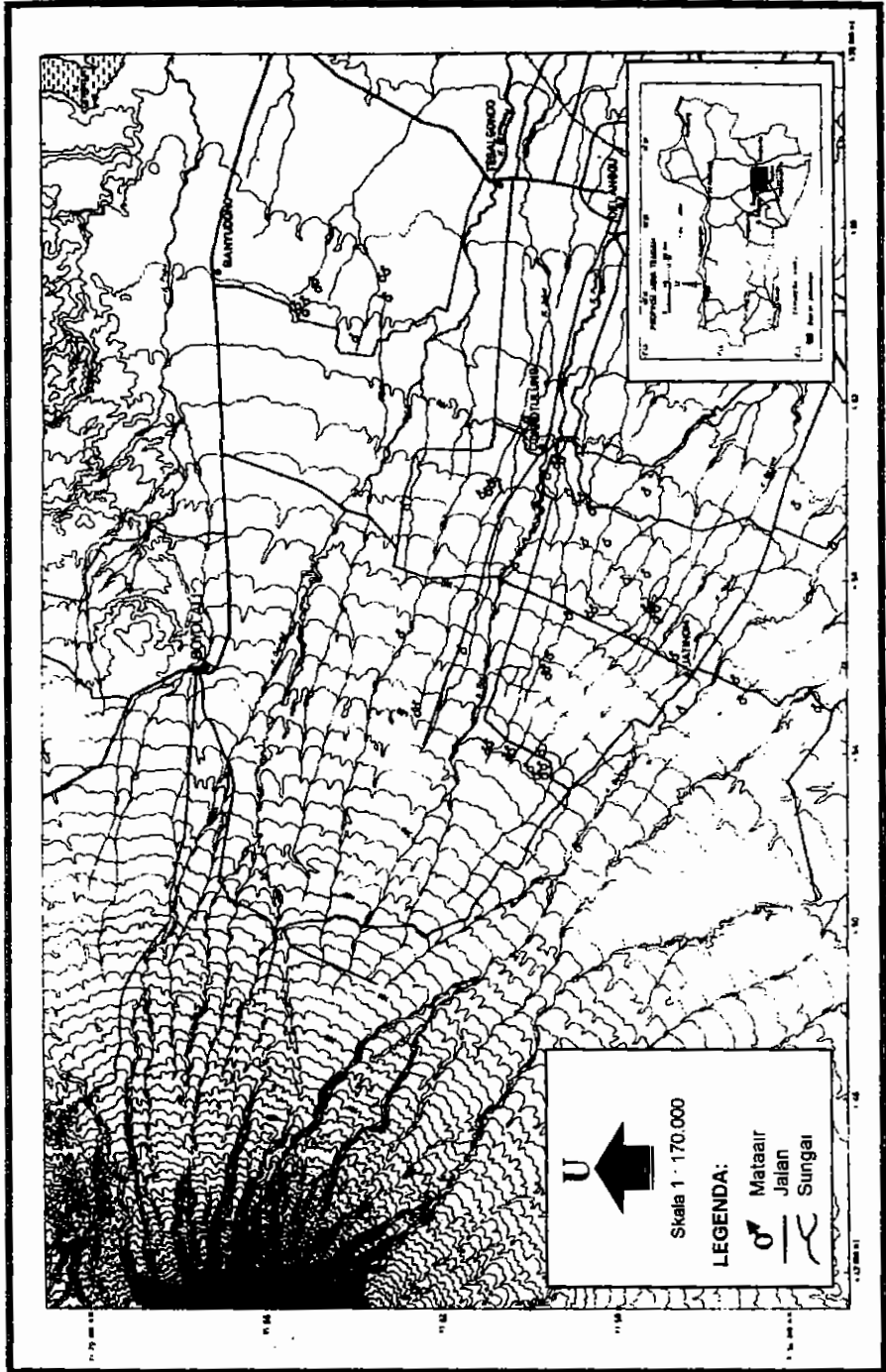
Tabel 1. Perbedaan Antara Air Permukaan dan Airtanah

No.	Air Permukaan	Airtanah
1.	Kotor, terkontaminasi udara terbuka dan/atau polusi akibat budaya manusia	Bersih, tidak terkontaminasi
2.	Mengandung bakteri dan mikroorganisme yang lain	Relatif lebih bebas bakteri
3.	Bila akan dimanfaatkan untuk air bersih atau air minum harus melalui proses pengelolaan dengan biaya tinggi	Biaya proses lebih rendah
4.	Perencanaan teknis rumit	Perencanaan teknis lebih sederhana
5.	Komposisi unsur kimia tidak stabil	Komposisi kimia lebih stabil
6.	Kuantitas susah diprediksi (sangat terpengaruh curah hujan)	Kuantitas dapat diprediksi secara terukur
7.	Cadangan terbatas	Cadangan lebih besar

Sumber : PT Tirta Investama (AQUA Group)

Memperhatikan perbandingan pada Tabel 1, maka para pengusaha lebih condong mencari sumber air dari airtanah. Air dari mataair kualitasnya lebih mendekati kualitas airtanah daripada air permukaan, sehingga mataair juga merupakan bagian yang diincar oleh pengusaha.

Di lereng timur dan tenggara G. Merapi terdapat banyak mataair yang debitnya cukup besar dan merupakan bagian dari sabuk mataair (*spring belt*). Sabuk mataair yang paling tampak di daerah ini adalah yang berada pada peralihan unit morfologi kaki gunungapi (*volcanic foot*) dengan unit dataran fluvial kaki gunungapi (*fluvio volcanic foot plain*). Di daerah penelitian sabuk mataair yang mestinya muncul antara unit dataran fluvial kaki gunungapi dengan unit dataran fluvial gunungapi tidak tampak tegas seperti lereng Merapi yang mengarah ke Yogyakarta, karena tertahan dan bercampur dengan formasi batuan tersier dari Pegunungan Baturagung dan Pegunungan Jiwo. Beberapa mataair beserta debit dan elevasinya di daerah ini disajikan pada Tabel 2 dan persebarannya disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Persebaran Mataair (Spring Belt) di Lereng Timur dan Tenggara Gunungapi Merapi

Tabel 2. Elevasi dan Debit Mataair di Lereng Timur dan Tenggara Gunungapi Merapi

No.	Nama mataair	Grid Lokasi	Elevasi (m.dpal)	Debit musim kemarau (liter/detik)
1.	Ingas **	04606-91595	210	1550
2.	Sungsang Lanang/Wadon *	04632-91654	180	1512
3.	Ponggok *	04588-91593	230	1100
4.	Doyo **		220	710
5.	Nilo **	04650-91603	228	520
6.	Nepen *	04596-91634	230	463
7.	Kapilaler *	04604-91592	205	350
8.	Kayan **		222	260
9.	Sigedang *	04605-91595	206	160
10.	Pengging *	04643-91650	180	141
11.	Kendat *	04645-91654	162	118
12.	Gedong *	04601-91595	230	75
13.	Bunder **		212	60
14.	Besuku **		220	30

Sumber * Pengukuran lapangan tahun 2000
 ** Suratman, dkk (1975)

Di samping itu masih banyak lagi mataair dengan debit antara 1 liter/detik sampai 5 liter/detik, seperti mataair Papan, Tombol, Pulengasem, Gempol I, Gempol II, Karanggeneng, Putat, Balong, Salak, Gejayan, Cino, Prigi, Widoro dan Pengilon.

Walaupun di daerah penelitian begitu banyak tersedia air dari mataair, tetapi kalau ada dari PAM ingin memanfaatkan air untuk sumber air bersih selalu saja ditentang oleh petani pengguna air untuk irigasi. Ada rencana dari PAM Surakarta yang kekurangan sumber air akan mengambil air dari Mataair Sungsang. Ternyata rencana ini ditentang mati-matian oleh petani pengguna air untuk irigasi. Dari latar belakang ini maka penulis berusaha untuk meneliti apakah dapat pengambilan air semacam itu tidak dari mataair melainkan dengan mengebor akuifer untuk dapat mengetahui dapat tidaknya pengambilan air dengan pengeboran ini. dilakukan pendugaan geolistrik untuk mengetahui sistem akuifernya. Pendugaan geolistrik di lapangan dibantu oleh mahasiswa.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sistem akuifer di sekitar mataair sungsang, untuk dapat menentukan pengambilan airtanah dari akuifer dengan pengeboran.

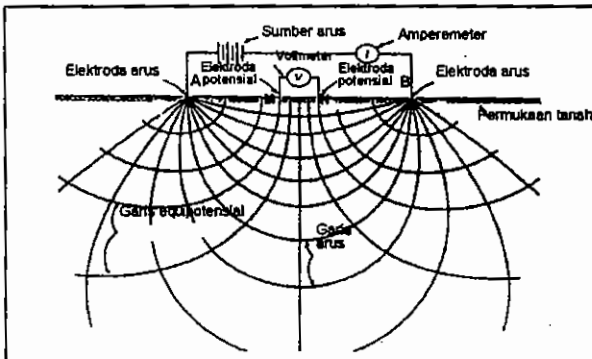
METODE PENELITIAN

Untuk mengetahui sistem akuifer di daerah penelitian digunakan pendugaan Geolistrik resistivitas (*resistivity geoelectric*), yaitu dengan metode Schlumberger (Gambar 2). Pada penelitian digunakan arus listrik 220 volt dari generator "Honda" 500 watt. Arus listrik (bolak-balik) dari generator diubah menjadi arus searah dengan 220 volt dan dialirkan kedalam tanah lewat elektrode arus (A dan B). Kuat arus (I) diukur dengan Amphere meter. Perubahan potensial yang disebabkan karena adanya arus diukur lewat dua elektrode potensial (M dan N) yang ditancapkan diantara elektrode arus A dan B dan diukur perubahan potensialnya (ΔV). Resistivitas yang terukur dapat dihitung dengan formula

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} C \dots \dots \text{Zohdy (1974)} \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- ρ_a = resistivitas terukur (dalam ohm meter)
- ΔV = perubahan potensial yang disebabkan oleh arus (I) (dalam millivolt)
- I = kuat arus (dalam milliampere)
- C = konstanta schlumberger yang besarnya ditentukan oleh konfigurasi elektrode A, M, N dan B



Gambar 2. Susunan Elektroda Pendugaan Geolistrik Cara Schlumberger (Todd, 1980)

Dari hasil pengukuran geolistrik di lapangan kemudian diinterpretasi dengan menggunakan komputer program "Schlumberger O'Neil". Hasil interpretasi yang berupa nilai resistivitas dengan kedalamannya dibuat profil (*cross section*) yang menunjukkan nilai resistivitas dengan kedalamannya.

Hasil pendugaan dan interpretasi ini dibandingkan dengan penelitian dan pengeboran yang pernah dilakukan di daerah sekitar mata air Cokrotulung oleh Suratman dkk (1975) dan Tim Laboratorium Fisika Bumi ITB (2000) dan pengeboran di Randusari

(grid 04620-91680) Boyolali oleh Dinas Pertambangan Propinsi Jawa Tengah dan pengeboran di Umbulsari Klaten (grid 04606-91594) oleh Geological Survey Team Jakarta (Lampiran) dapat diperkirakan jenis batuan penyusun akuifer di daerah sungsang.

DESKRIPSI DAERAH PENELITIAN

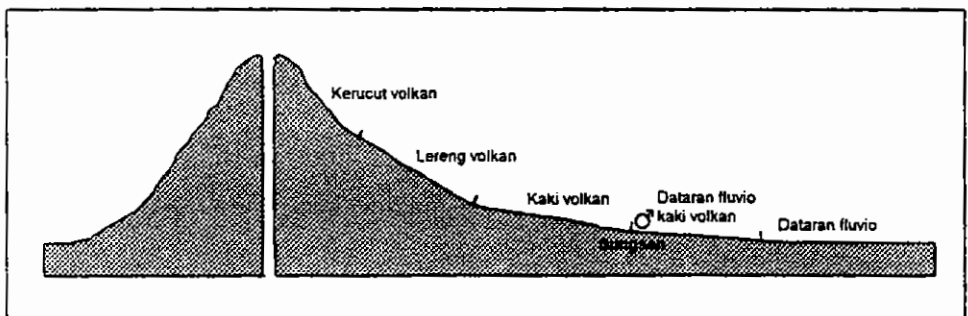
Geologi dan Geomorfologi

Daerah penelitian terletak di lereng timur sampai tenggara Gunungapi Merapi Jawa Tengah. Gunungapi Merapi merupakan gunungapi strato, material yang dikeluarkan berselang-seling antara efusiva yang berupa aliran lava dan eflata yang merupakan material lepas seperti bom, lapili, tuff, dan abu vulkanis. Erupsi Gunungapi Merapi dapat dibedakan menjadi dua (Bemmelen 1970) yaitu "Old Merapi" dan "Young Merapi".

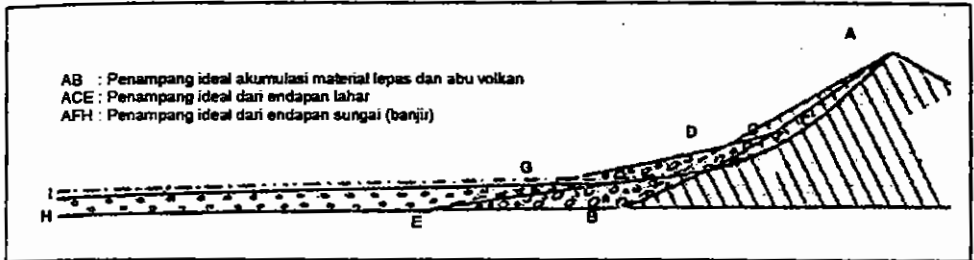
Material dari *Old Merapi* maupun *Young Merapi* erupsinya berselang-seling antara lava (*efusiva*), lahar dan eflata yang berupa batu-batu besar (*boulder*) pasir, tuff, dan abu vulkanis seperti yang tergambar pada data bor (Lampiran) terdapat selang-seling antara andesit yang masif dengan pasir atau tuff dengan pasir. Andesit dan lahar atau tuff akan menjadi *confining layer*, sedangkan pasir, krakal dan boulder akan menjadi akuifer. Akuifer yang tertutup *confining layer* membentuk akuifer tertekan atau akuifer artesis.

Erupsi *Old Merapi* terdiri dari batuan *Olivine Basalt* yang kemudian disusul dengan batuan *olivine basalt* yang disertai *augite-hypersthene-hornblende andesite*. Erupsi *Young Merapi* hanya terdiri dari *augite-hypersthene andesite* dengan sedikit *hornblende* tanpa *olivine*.

Gunungapi Merapi yang merupakan Gunungapi strato mempunyai unit-unit geomorfologi dari puncak ke bawah kerucut vulkan (*volcanic cone*), lereng vulkan (*volcanic slope*), kaki vulkan (*volcanic foot*), dataran fluvial kaki vulkan (*fluvio volcanic foot plain*), dan dataran fluvial vulkan (*fluvio volcanic plain*), seperti tergambar pada Gambar 3.



Gambar 3a. Sketsa Unit-unit Geomorfologi Gunungapi Strato (Merapi)



Gambar 3b. Sketsa Stratigrafi Lereng Gunungapi Strato Merapi (Schmidt, 1933)

Unit-unit geomorfologi tersebut ditandai oleh takik lereng (*break of slope*) dan material batuaninya, pada perubahan unit terdapat suatu zone mataair atau mataair artesis yang biasa disebut "sabuk mataair" (*spring belt*). Spring belt di daerah penelitian berada pada peralihan unit kaki gunungapi (*volcanic foot plain*) dengan dataran fluvial kaki gunungapi (*fluvio volcanic foot plain*) dengan anggota mataair seperti tercantum pada Tabel 2. Schmidt (1933) dalam Bemmelen (1970) melakukan penelitian tentang endapan lahar di Merapi, setelah erupsi tahun 1930 dan menggambarkan profil Gunungapi Strato seperti pada Gambar 3b. Pada proses pengendapan material lahar itu terbentuklah takik-takik lereng (*break of slope*) dan stratigrafi lahar, lava, dan abu gunungapi.

Iklm

Curah hujan tahunan rata-rata di daerah penelitian berkisar antara 1000-3500 mm. Berdasarkan tipe curah hujan menurut Schmidt dan Ferguson termasuk tipe B dan tipe C Sumber (Suratman, dkk, 1975).

Tanah

Tanah di daerah penelitian terdiri dari regosol kelabu/regosol vulkanis dan kompleks regosol kelabu dan litosol. Tanah ini mempunyai porositas dan permeabilitas yang tinggi, sehingga menguntungkan untuk meresapkan air sebagai imbuhan (*recharge*) airtanah dan mataair.

HASIL DAN PEMBAHASAN

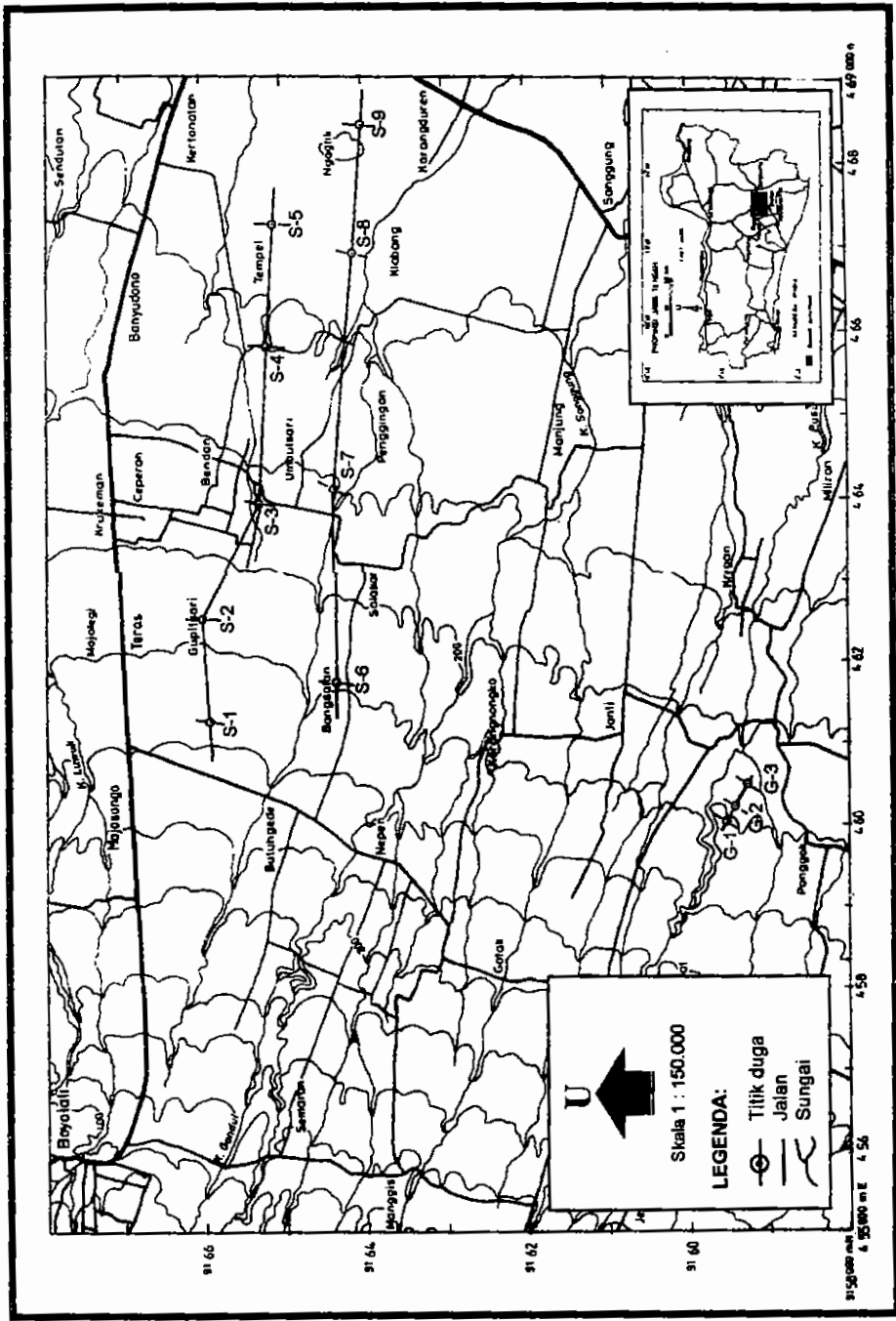
Dalam penelitian ini dilakukan pendugaan geolistrik pada 9 lokasi dengan cara Schlumberger rentangan kabel elektrode arus ($1/2 L$) antara 250-300 meter. Data pendugaan di lapangan kemudian diinterpretasi dengan program "Schlumberger O'Naill". Untuk mendapatkan nilai resistivitas dengan kedalamannya. Lokasi pendugaan geolistrik dan hasil interpretasi disajikan pada Tabel 3. Lokasi pendugaan geolistrik disajikan pada Gambar 4.

Tabel 3 Lokasi Pendugaan Geolistrik dan Hasil Interpretasi Pendugaan Geolistrik di Kompleks Mataair Sungsang, Boyolali dan Kompleks Mataair Sigedang Klaten

No.	Numa Desu	Kode	Grid UTM	Kedalaman (meter)	Resistivitas (ohm meter)
1.	Balangan/Pandusari (Boyolali)	S1	04613-91659	0-12 12-36 36-200	90 50 160
2.	Karangmojo/Teras (Boyolali)	S2	04625-91660	0-0,8 0,8-5 5-60 di bawah 60	200 25 150 9
3.	Sanggrahan (Boyolali)	S3	04639-91653	0-0,9 0,9-4,5 4,5-11 11-40 di bawah 40	600 180 30 140 9
4.	Pulangan/Jipangan (Boyolali)	S4	04658-94652	0-0,6 0,6-65 di bawah 65	91 8-40 3
5.	Karangetan (Boyolali)	S5	04672-91651	0-50 di bawah 50	7-30 3
6.	Diren (Boyolali)	S6	04647-91644	0-4 4-24 24-34 34-162 di bawah 162	35 100 150 170 9
7.	Malangan (Boyolali)	S7	04641-91643	0-2 2-6 6-14 14-62 di bawah 62	350 100 45 100 9
8.	Klabang (Boyolali)	S8	04668-94641	0-1 1-15 15-60 di bawah 60	100 14 150 8
9.	Ngaglik (Boyolali)	S9	04683-94640	0-2 2-40 di bawah 40	30 8 3
10.	Gedong (Klaten)	G1 *)	04601-91595	0-1,7 1,7-4,7 4,7-119 di bawah 119	12,3 97,9 67 18,4
11.	Sigedang (Klaten)	G2 *)	04602-91594	0-1,2 1,2-9,4 9,4-41,6 41,6-67,8 di bawah 67,8	22,3 49,2 107,7 70,7 15,8
12.	Sigedang (Klaten)	G3 *)	04605-91593	0-1,1 1,1-2,9 2,9-62,7 62,7-85 di bawah 85	35,1 35,4 119,7 55,7 11,7

Sumber : no 1 s/d no 9 pengukuran di lapangan

No 10 s/d no 12 Laboratorium Fisika Bumi Institut Teknologi Bandung



Gambar 4. Lokasi Pendugaan Geolistrik di Lereng Timur dan Tenggara Gunungapi Merapi

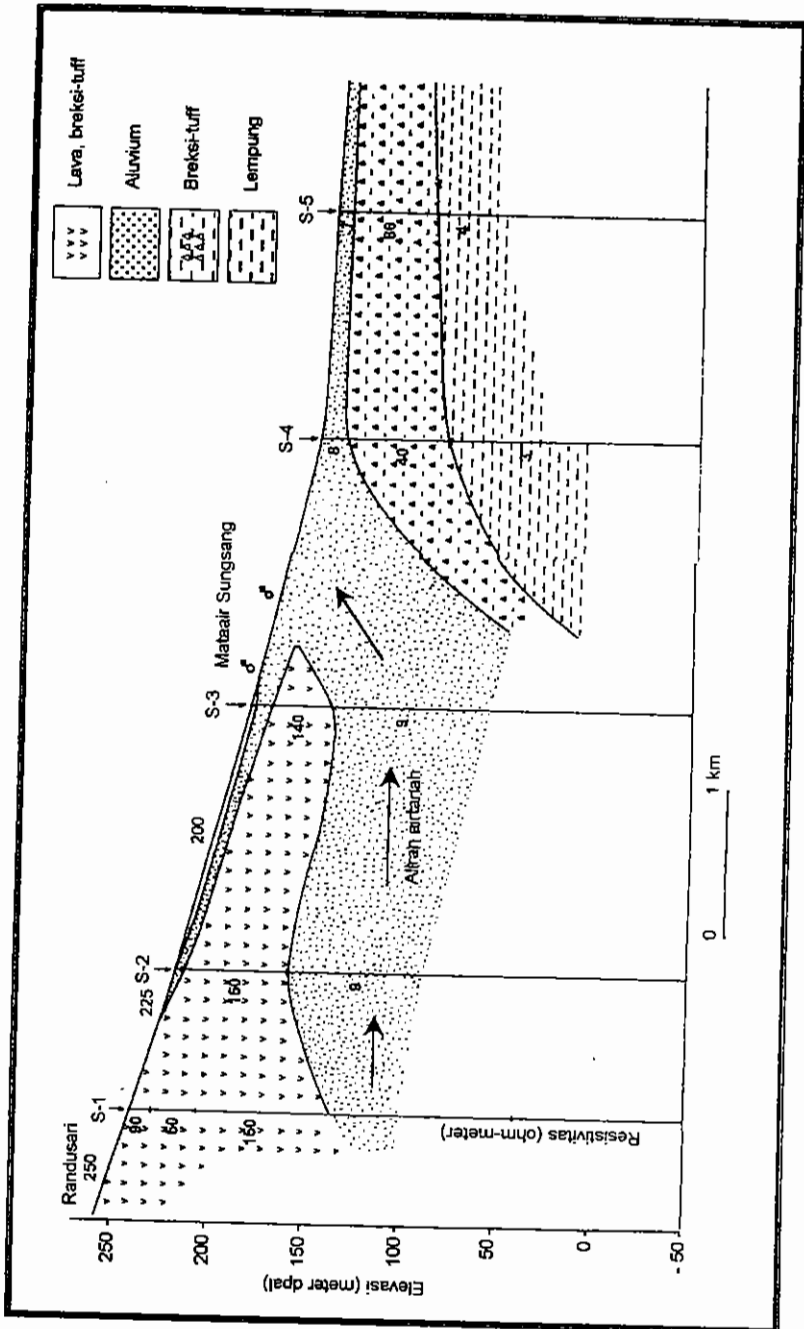
Disamping data hasil pengukuran di Kompleks Sungsang ada data hasil pengukuran Tim Laboratoium Fisika Bumi ITB yang melakukan pendugaan geolistrik di Kompleks mataair Sigedang dalam tulisan ini diberi kode G1, G2, dan G3. Resistivitas yang ada di daerah penelitian seperti tercantum dalam Tabel 3, dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok yaitu :

1. 3Ω meter merupakan lempung;
2. $8-16 \Omega$ meter merupakan pasir yang jenuh air;
3. $40-80 \Omega$ meter merupakan tuff yang kedap air;
4. 100Ω meter merupakan lahar atau lava andesit.

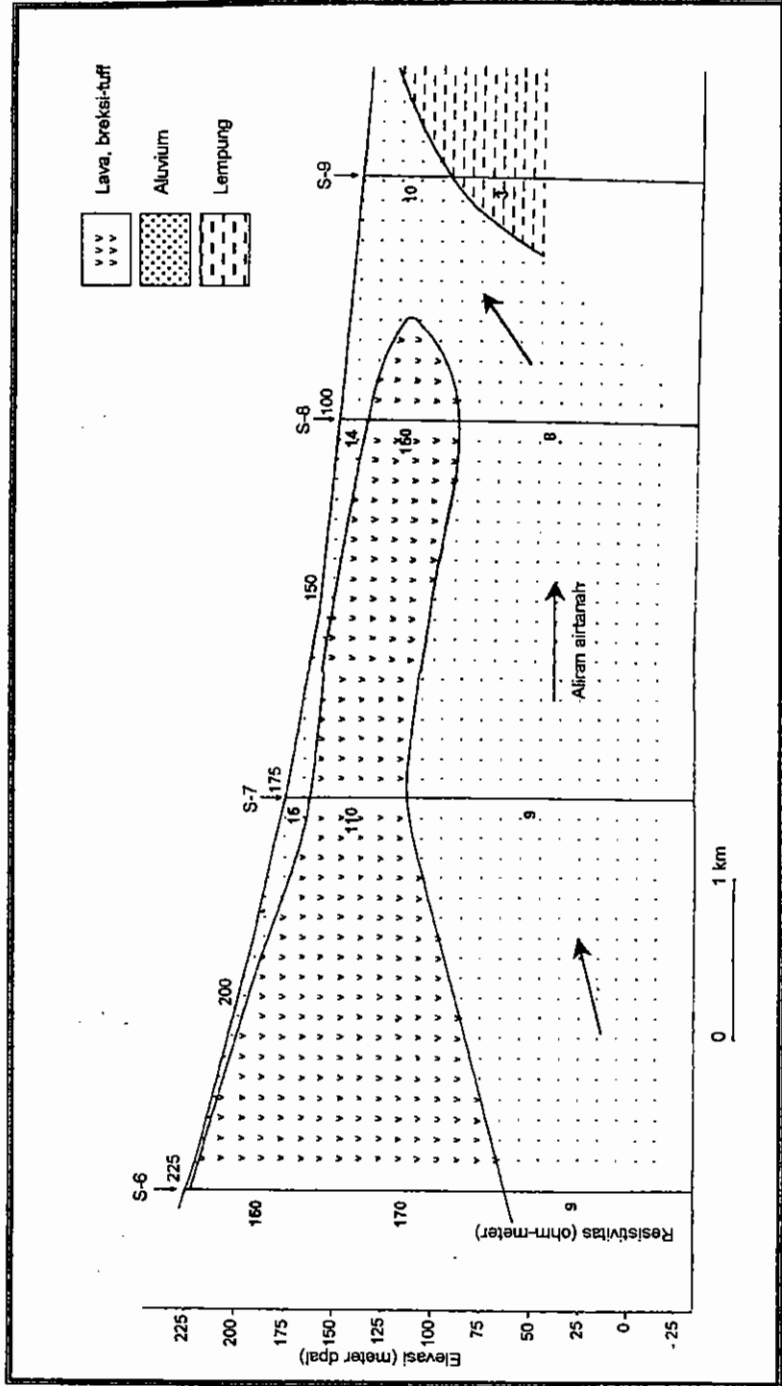
Estimasi ini didasarkan pada data bor yang terdapat di sekitar daerah penelitian. Data bor terlampir pada Lampiran 1 yaitu pengeboran di Randusari (grid 04620-91680) di sebelah barat daerah penelitian dan pengeboran di titik dekat mataair Sigedang oleh Tim Geological Survey Jakarta (grid 04606-91594).

Pembahasan

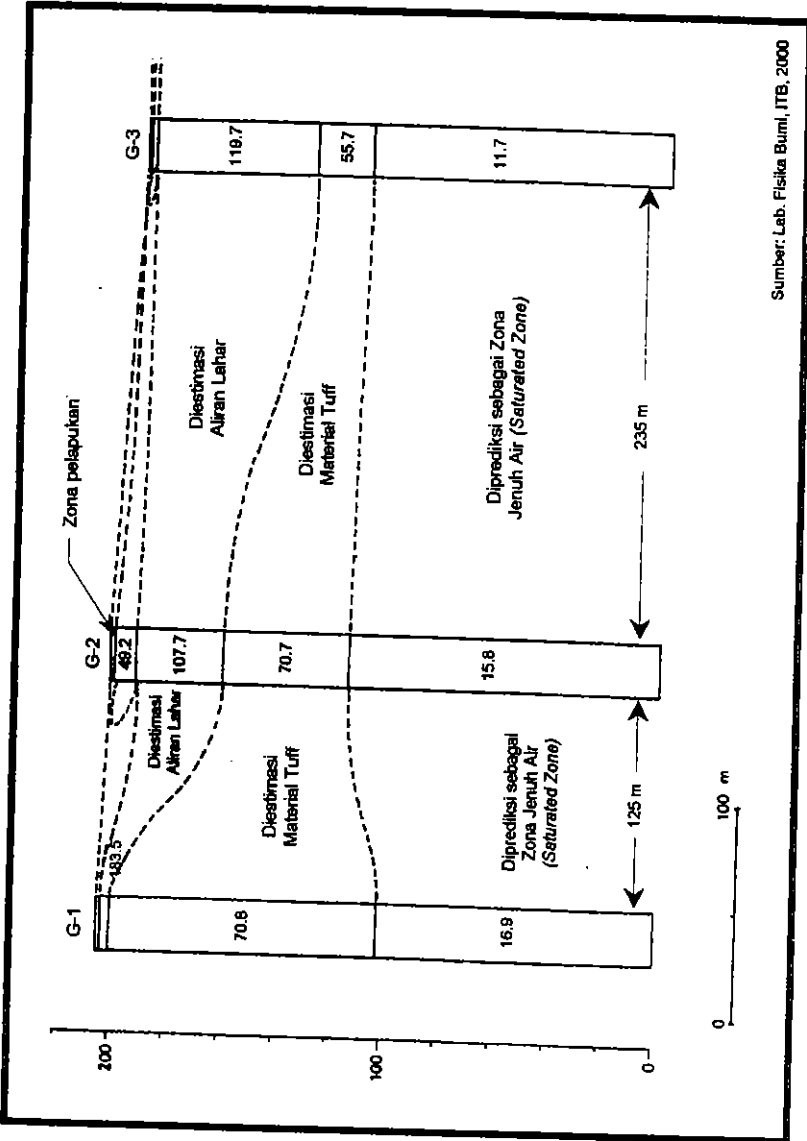
Hasil pendugaan geolistrik dapat dibuat 3 profil. Profil pertama melalui titik pendugaan S1, S2, S3, S4, dan S5 (Gambar 5) Profil kedua melalui titik pendugaan S6, S7, S8 dan S9 (Gambar 6). Profil ketiga adalah profil dari hasil pendugaan geolistrik di kompleks mataair Sigedang daerah Desa Ponggok, Kecamatan Polharjo, dengan kode G1, G2, dan G3 (Gambar 7)



Gambar 5. Profil Resistivitas Melalui Titik Pendugaan S-1, S-2, S-3, S-4 dan S-5



Gambar 6. Profil Resistivitas Melalui Titik Pendugaan S-6, S-7, S-8 dan S-9



Sumber: Lab. Fisika Bumi, ITB, 2000

Gambar 7. Profil Resistivitas Melalui Titik Pendugaan G-1, G-2 dan G-3

Profil pertama

Akuifer tertekan merupakan pasir dengan resistivitas antara 7-9 Ω meter pada kedalaman antara 40-100 meter, lapisan batuan yang berupa *confining layer* terdiri dari lava berselang seling dengan tuff dengan resistivitas antara 50-160 Ω meter. *Confining layer* ini berhenti di lokasi mata air Sungsang dan mataair Pengging. Keluarnya mataair dari akuifer karena tertahan oleh lapisan lempung di bagian timurnya, sehingga dapat diestimasi bahwa zone keluarnya mataair ini memanjang utara selatan pada grid 04645-04650 sepanjang ± 2 km.

Profil kedua

Pada profil kedua ini akuifer sama dengan pada profil pertama yaitu dengan resistivitas = 8-9 Ω meter pada kedalaman antara 60-160 meter. Batas lapisan kedap air di bawah akuifer tidak terdeteksi.

Profil ketiga

Profil ini diambil dari hasil penelitian Laboratorium Fisika Bumi ITB (2000) sepanjang 360 meter. Pada profil ini tampak di bagian paling atas terdapat tanah pucuk (*weathering layer*) di bawahnya terdapat lapisan dengan resistivitas antara 107-119 Ω meter yang diestimasi sebagai lahar. Kemudian di bagian bawahnya terdapat lapisan dengan resistivitas 55-70 Ω meter yang diestimasi sebagai tuff kedap air. Kedalaman di bawah 100 meter terdapat lapisan dengan resistivitas antara 11-16 Ω meter yang dipredeksi sebagai lapisan jenuh air. Kalau dibandingkan dengan penelitian Pulawski dan Qbro (1976) di Bandung Jawa Barat hasil pendugaan geolistrik di lereng Gunungapi Tangkuban Prau, Bandung ada dua kelompok resistivitas yaitu :

1. 5 – 20 Ω meter berupa lempung dan lumpur.
2. 40 – 80 Ω meter berupa piroklastik kasar (pasir dan krakal).

Lapisan lempung di daerah Sungsang mempunyai resistivitas = 3-4 Ω meter, sedangkan yang resistivitasnya 7-10 Ω meter merupakan akuifer. Resistivitas 11 Ω meter di Cokrotulung merupakan akuifer yang baik.

Dari profil pertama dan profil kedua dapat diperhatikan bahwa lapisan lava dan bereksituf dibagian atas (barat) ketebelannya mancapai 200 meter. Data Bok di Randusari (lampiran halaman 16) menunjukkan bahwa sampai kedalaman 150 meter masih merupakan lava andesit dan bereksi. Sumur ini tidak artesis.

Pada daerah antara lokasi pendugaan geolistrik S-2 sampai S-3 dan S-7 sampai S-8 lapisan lava bereksi menipis (50 meter) maka pada akuifer dibawahnya airtanah mengalir tertekan keatas. Dengan demikian kalau di daerah ini dibor akan mendapat sumur artesis positif (*flowing well*).

KESIMPULAN

1. akuifer pendukung mataair di lereng timur dan tenggara Gunungapi Merapi merupakan akuifer tertekan yang "*confining layer*"nya berupa lahar, lava, atau tuff, dan akuifer berupa pasir dengan resistivitas 7-11 Ω meter.
2. Keluarnya air dari akuifer di daerah mataair Sungsang disebabkan karena adanya penipisan "*confining layer*" dan tertahannya aliran airtanah oleh lapisan lempung
3. Dengan diketahui sistem akuifer dapat ditentukan bahwa di daerah antara S-2 sampai S-3 dan S-7 sampai S-8 dapat dibor sedalam 50 meter untuk mendapatkan sumur artesis.

DAFTAR PUSTAKA

- Bemmelen, R.W. Van. 1970. *The Geology of Indonesia* Vol. IA. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes. Second edition Martinus Nighoff/The Hague.
- Geological Survey Team (2001). *Final Report Spring Exploration by Core Drilling Umbulsari Village Pulauharjo, Klaten Central Java, Jakarta.*
- Pulawski, B. and Qbro, H. *Groundwater Study of Volcanic Area Near Bandung Java, Indonesia. Journal of Hydrology* 28 (1976) 53-72 Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam.
- PT Yodya Karya. 1993. *Water Supply Master Plan for Greater Surakarta.* Semarang – Surakarta Urban Development Project IBRD Loan no 3749-IND.
- Suratman, Sugeng Martopo, Soenarso Simoen, Sutanto, 1975. *Laporan Pelaksanaan Peneleitian Evaluasi Potensi Sumber Air di Daerah Cokrotulung, Klaten.* Percetakan "Pioner" Yogyakarta 1975.
- Tim Survei Geologi. 2000. *Pemetaan Geologi di Daerah Sumur Air Delanggu Kecamatan Pulauharjo Kabupaten Klaten* PT Tirta Investama Jakarta.
- Team Laboratorium Fisika Bumi 2000. *Eksplorasi Airtanah dengan Metoda Geofisika di Daerah Sigidang, Klaten Jawa Tengah.* ITB.
- Zohdy, A.A.R., Eaton, G.P., and Mabey, D.R. 1974. *Application of Surface Geophysics to Groundwater Investigations.* United states Government Printing Office, Washington.

Lampiran: Penampang Litologi dari Data Bor

