

Technical Paper

Eksplorasi Air Tanah di Jakarta

Groundwater Exploration at Jakarta

Roh Santoso Budi Waspodo¹**Abstract**

The purpose of the geoelectricity resistivity survey in DKI Jakarta, i.e. in Taman Duta Cimanggis Resident and the Ministry of Environment Office is to find out the distribution of penetration zone beneath the surface. The geoelectricity method is intended to find out the depth and spread formation of the lower layer surface of the acquired resistivity value based prediction. Based on that resistivity distribution, geological subsurface conditions can then be interpreted. Hydrogeological condition in the research site was included to the aquifer system with wide range of groundwater spreads. Rocks which are expected to be aquifer in both site are sandy clay and sand. From the geoelectricity estimation observation results, the aquifer layer can be found out, i.e. in Taman Duta Cimanggis Resident was in depth of 20-60 m below the ground surface with the lithological form of sand. While in the Ministry of Environment Office By Pass were in depth of 10-20 m (aquifer I layer with the lithological form of sandy clay) and 30-35 (aquifer II layer with the lithological form of sand).

Keyword: Aquifer, resistivity

Abstrak

Tujuan dari survei geolistrik resistivitas di DKI Jakarta, yaitu di Taman Resident Cimanggis Duta dan Kementerian Lingkungan Hidup Kantor adalah untuk mengetahui distribusi zona penetrasi di bawah permukaan. Metode geolistrik ini dimaksudkan untuk mengetahui kedalaman dan pembentukan penyebaran permukaan lapisan bawah dari prediksi nilai yang diperoleh resistivitas berbasis. Berdasarkan hal tersebut distribusi resistivitas, kondisi bawah permukaan geologi kemudian dapat diinterpretasikan. Kondisi hidrogeologi di lokasi penelitian dimasukkan ke sistem akuifer dengan berbagai menyebar tanah. Rocks yang diharapkan menjadi akuifer di situs keduanya lempung berpasir dan pasir. Dari hasil estimasi pengamatan geolistrik, lapisan akuifer dapat diketahui, yaitu di Taman Resident Cimanggis Duta berada di kedalaman 20-60 m di bawah permukaan tanah dengan bentuk litologi pasir. Sementara di Kementerian Lingkungan Hidup Kantor By Pass berada di kedalaman 10-20 m (akuifer I layer dengan bentuk litologi berpasir liat) dan 30-35 (akuifer II layer dengan bentuk litologi pasir).

Kata Kunci: akuifer, resistivitas

Diterima: 15 Agustus 2011; Disetujui: 18 Januari 2011

Pendahuluan**Latar Belakang**

Asupan air dari aliran sungai, buangan rumah tangga dan hujan perlu dikontrol secara seksama agar tidak terjadi over suply yang biasanya dicirikan dengan banjir (luapan) sehingga dengan dampak negatif tersebut perlu dilakukan penyelidikan lapisan batuan didaerah perumahan maupun perkantoran/industri agar asupan air permukaan dapat dimanfaatkan me'recharge' lapisan aquifer agar dapat menyeimbangkan antara kebutuhan/penyediaan air yang besar dan sumber air tanah yang mencukupi. Berdasarkan data-data lapisan batuan tersebut dapat dilakukan perencanaan untuk

membuat sumur resapan dilingkungan perumahan atau perkantoran.

Tahanan jenis formasi batuan mempunyai jangkauan harga yang bervariasi, tergantung atas jenis materialnya, densitas, porositas, permeabilitas, ukuran dan bentuk pori, kandungan dan kualitas air, temperatur, proses-proses geologi yang terjadi, dll. Beberapa jenis batuan mempunyai jangkauan harga tahanan jenis tertentu. Jangkauan harga tahanan jenis tersebut akan tumpang tindih antara satu jenis batuan dengan jenis batuan lainnya, sehingga akan menyulitkan identifikasi batuan, jika hanya berdasarkan harga tahanan jenisnya. Jangkauan harga tahanan jenis tersebut selain refleksi dari tekstur batuan juga merupakan akibat dari proses-

¹ Staf Pengajar Dep.. Teknik Sipil dan Lingkungan, Fateta, IPB. Email: rohsbw@yahoo.com

Tabel 1. Koordinat Titik Pengukuran Geolistrik

No.	Koordinat					
	Depok					
	Bujur			Lintang		
	0	'	“	0	'	“
1.	06	22	37	106	51	29.2
2.	06	22	36.3	106	51	30.2
3.	06	22	36.6	106	51	33.3
Kantor LH						
1.	06	14.01	7	106	52	37.7
2.	06	13	59.7	106	52	39.7
3.	06	13	55.3	106	52	37.3

proses geologi yang terjadi di daerah penyelidikan misalnya terjadinya alterasi lempung, dissolusi, intrusi air asin, pensesaran dan pelapukan akan mengurangi harga tahanan jenisnya (Ward, 1990).

Daerah survey terbagi atas dua tempat: Lokasi Pertama adalah terletak di Depok, Komplek Taman Duta, lokasi berada disekitar perempatan Jl. Taman Duta Timur Raya dan Jl. Kemuning kemudian lokasi kedua berada di Kantor KLH, Masing-masing terdiri dari masing-masing 3 titik pengukuran.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari survey geolistrik tahanan jenis di daerah ini adalah untuk mengetahui sebaran zona resapan di bawah permukaan. Metode geolistrik dimaksudkan untuk mengetahui susunan kedalaman dan penyebaran lapisan bawah permukaan dari titik pendugaan berdasarkan harga tahanan jenis yang diperoleh. Berdasarkan distribusi tahanan jenis tersebut kemudian dapat ditafsirkan kondisi geologi bawah permukaan.

Metodologi

Lokasi Pengukuran Geolistrik

Untuk mendapat gambaran yang jelas mengenai keadaan lapisan batuan dibawah tanah secara vertikal, maka dapat dibuat gambar penampang tegak tahanan jenis masing-masing titik duga geolistrik.

Pendugaan geolistrik terdiri dari tiga (3) titik duga geolistrik di lokasi Jl. Taman Duta Timur, Perum. Taman Duta, Desa Cisalak, Kecamatan Sumajaya, Kabupaten, Kota Depok, Jawa Barat dan tiga (3) titik duga geolistrik di lokasi Kantor Kementerian Lingkungan Hidup, Jl. Mayjen Panjaitan, Kav.24, Kebon Nanas, Jakarta Timur. Penyelidikan dilakukan pada tanggal 6 Januari 2006, Lokasi penyelidikan adalah sebagai berikut

Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Geolistrik ABEM DC Sas Z-2000;
2. Handy Talky 3 Pair;
3. Elektroda tembaga-besi 8 batang, Palu-Martil;
4. Empat set Kabel, panjang 360 m;
5. Notebook Fujitsu N-series Lifebook.
6. Global Positioning System (GPS) Garmin 60Cl.

Geologi daerah Penyelidikan

Secara umum sebagian besar wilayah Kota Depok dan Jakarta Timur berada pada geomorfologi satuan daerah pedataran kipas alluvial. Satuan ini terutama dibentuk oleh lempung tufaan (lanau), pasir dan kerikil. Aliran sungainya berpola sejajar dengan lembah sungai utama. Sedangkan wilayah Kota Depok berada pada satuan pedataran alluvium sungai. Daerah ini merupakan ujung dan bagian tengah dari kipas alluvial Bogor yang terbentuk dari produk gunung api dengan relief permukaan sedang dan halus. Pola pengaliran sungai menunjukkan pola "meander". Satuan ini terbentang dari barat ke timur dan terletak pada elevasi kurang dari 100 m di atas permukaan laut dan relatif datar, namun kemiringan lereng pada lembah sungai lebih terjal. Sungai-sungai yang mengalir "berpola dendritik" dengan lembah sungai berbentuk huruf "U". Batuan penyusunnya terdiri dari endapan sedimen berupa Tufa Greksi, lempung lanauan dan batu pasir tufaan. Dengan sebaran batuan lempung tufaan dan padatnya tingkat hunian disekitar aliran sungai, sering terjadi banjir dan luapan air sungai. Pola aliran sungai besarnya seperti terlihat pada gambar dibawah ini:

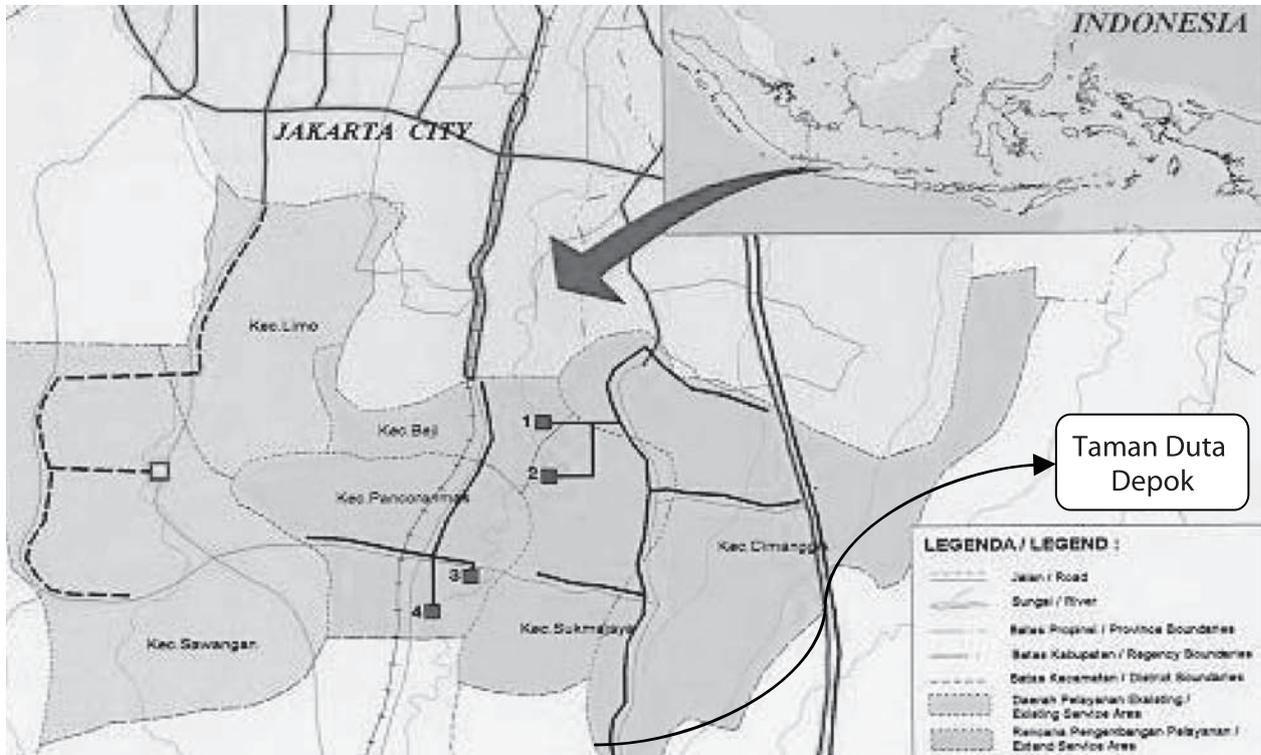
Kemiringan lereng Kota Depok mulai dari dari 0 – 3% dan merupakan dataran rendah dengan ketinggian dari permukaan laut antara 15 – 100 m, dan merupakan wilayah yang bergelombang dengan perbedaan ketinggian cukup besar. Kota Depok dengan melihat kondisi topografinya terdapt beberapa daerah yang terancam oleh karena

adanya sungai-sungai yang mengalir ke arah Utara kota, sehingga Kota Depok beberapa bagian perlu mendapat perhatian dari bahaya banjir. Kota Depok berada pada kemiringan lereng antara 0 – 15 %.

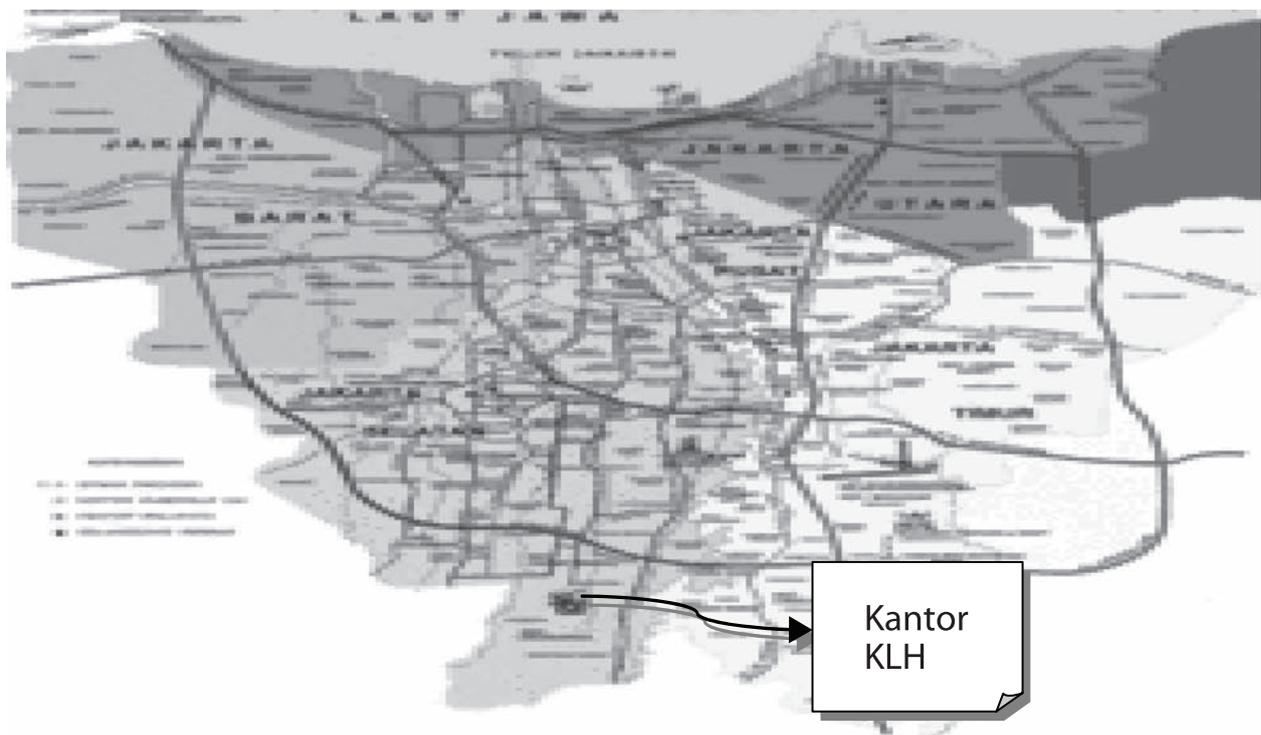
Hidrogeologi

Wilayah Jakarta Timur dan Depok termasuk

daerah beriklim tropis yang dipengaruhi oleh iklim Munson. Musim kemarau berada antara bulan April-September dan musim hujan antara bulan Oktober-Maret. Kondisi iklim di daerah Depok relatif sama, yang ditandai oleh perbedaan curah hujan yang cukup kecil. Berdasarkan data pemeriksaan hujan tahun 1998 di Stasiun Depok, Pancoran Mas,



Gambar 1a. Lokasi Taman Duta Depok



Gambar 1b. Lokasi Kantor KLH, Bypass Jakarta Timur

banyaknya curah hujan antara 1 – 591 mm, dan banyaknya hari hujan antara 10 – 23 hari, yang terjadi pada bulan Oktober dan Desember. Curah hujan rata-rata sekitar 327 mm.

Berdasarkan data Klimatologi Kabupaten Bogor Stasiun Klimatologi Klas I Darmaga, Stasiun Pemeriksaan Pondok Betung, Tahun 1998, keadaan klimatologi Kota Depok diuraikan sebagai berikut:

1. Temperatur rata-rata : 24.2°C – 33°C
2. Kelembaban udara rata-rata : 82%
3. Penguapan rata-rata : 3.9 mm/tahun
4. Penyinaran matahari rata-rata : 49.8%

Dewasa ini air tanah masih merupakan sumber utama untuk kepentingan air bersih bagi daerah Depok, Jakarta Timur dan sekitarnya. Reservoir air tanah terdapat pada batuan tersier dan kwarter. Endapan kwarter dan endapan tersier vulkanik menjari/bersilang jari/*interfingering* dengan endapan kwarter sungai/delta.

Berdasarkan Peta Hidrogeologi Indonesia Skala 1 : 250.000, dari Direktorat Geologi dan Tata Lingkungan 1986, wilayah Sungai Ciliwung Bagian Tengah berada pada Kelompok Air Tanah dan Produktivitas Akuifer. Menurut potongan melintang dapat diketahui bahwa:

- Akuifer air tanah dangkal terdapat pada kedalaman 0 – 20 m dari permukaan tanah, bersifat preatik. Kedalaman air tanah yang terbesar mengandung air tanah ini merupakan

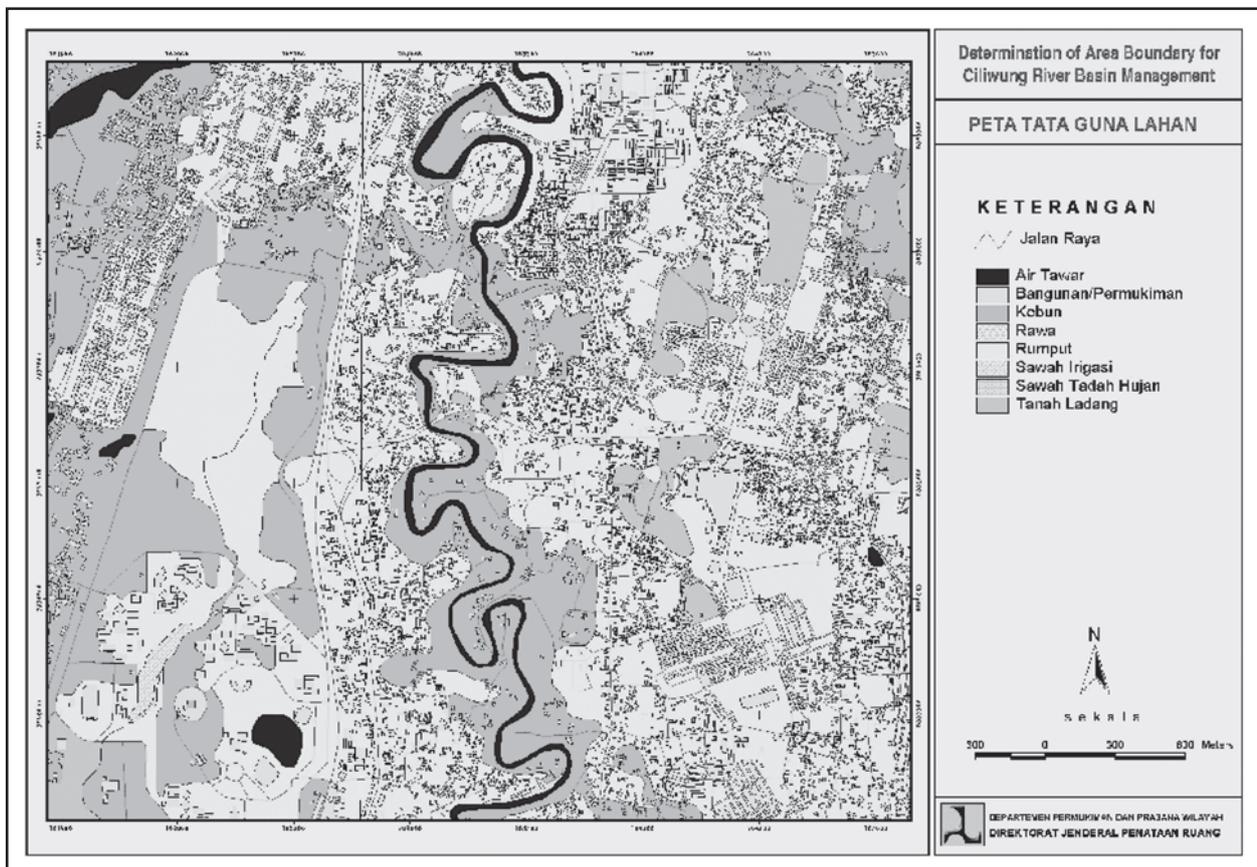
air tanah semi tak tertekan sampai tertekan.

- Pada kedalaman 0 – 250 m, akuifer dengan aliran melalui antar butir, merupakan akuifer dengan produktivitas sedang dan sebarannya luas. Debit air tanah < 5 ltr/detik.
- Pada kedalaman > 250 m, akuifer (bercelah atau bersarang) produktif kecil, daerah air tanah langka dan merupakan akuifer dengan produktivitas kecil serta setempat. Debit air tanah < 1 ltr/detik.
- Arah aliran air tanah adalah ke utara sesuai dengan arah umum sistem drainase.

Penyelidikan Geolistrik

Prinsip pengukuran dalam metoda tahanan jenis adalah dengan menginjeksikan arus listrik (dalam satuan mA) ke dalam bumi melalui dua elektroda arus, kemudian beda potensial yang terjadi (dalam satuan mV) diukur melalui dua elektroda potensial. Hasil pengukuran berupa arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda yang berbeda kemudian dapat diturunkan variasi nilai tahanan jenis (ρ) masing-masing lapisan di bawah titik ukur dalam satuan Ohm-m.

Ada beberapa variasi cara penempatan elektroda arus A dan B dan elektroda potensial M dan N, tetapi variasi yang umum digunakan dalam pendugaan geolistrik cara tahanan jenis adalah susunan elektroda simetri misalnya konfigurasi Schlumberger, Wenner dan Dipole-dipole.



Gambar 2. Peta Tata Guna Lahan dan Gambaran aliran sungai Utama yang melalui Kota Depok.

Nilai tahanan jenis semu untuk konfigurasi schlumberger ini adalah

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I} \tag{1}$$

$$\rho_a = \pi \cdot \left\{ \frac{\left(\frac{AB}{2} \right)^2 - \left(\frac{MN}{2} \right)^2}{MN} \right\} \cdot \frac{\Delta V}{I} \tag{2}$$

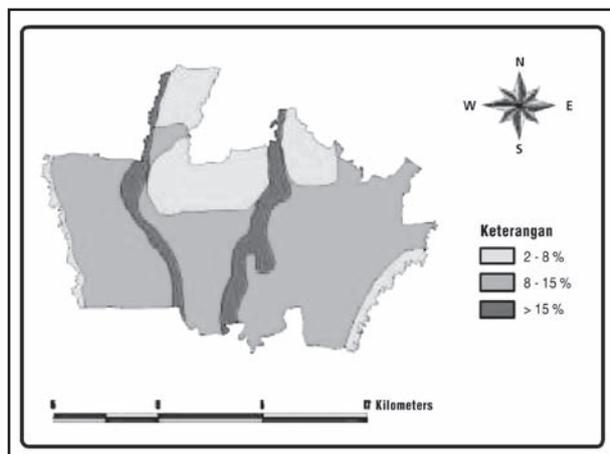
Dimana pada setiap pengukuran schlumberger, elektroda arus AB selalu dipindahkan sesuai dengan jarak yang telah ditentukan, sedangkan elektroda potensial MN hanya bisa dipindahkan pada jarak-jarak tertentu dengan syarat bahwa jarak $MN/2 \geq 1/5$ jarak $AB/2$. ρ_a adalah tahanan jenis semu (Ωm), K adalah faktor geometri, ΔV adalah beda potensial (mV), I adalah kuat arus yang dialirkan (mA), AB adalah jarak elektroda arus AB (m) dan MN adalah jarak elektroda potensial MN (m).

Ada beberapa metoda untuk memperoleh harga tahanan jenis sebenarnya dari harga tahanan jenis semu tersebut. Salah satunya adalah dengan pencocokan kurva. Pada tahap ini ada tiga tahapan penting yaitu interpretasi lapangan dengan tujuan menentukan bentangan maksimal dan menentukan tipe kurva lapangan. Tahapan yang kedua adalah interpretasi pendahuluan dengan tujuan menentukan harga tahanan jenis dan kedalaman masing-masing lapisan dengan menggunakan kurva standar dan kurva bantu. Tahapan terakhir adalah interpretasi dengan keadaan geologi daerah penelitian. Hasil interpretasi dengan pencocokan kurva ini akan diperoleh kolom elektrostratigrafi dari hasil pengukuran secara sounding ini.

Hasil dan Pembahasan

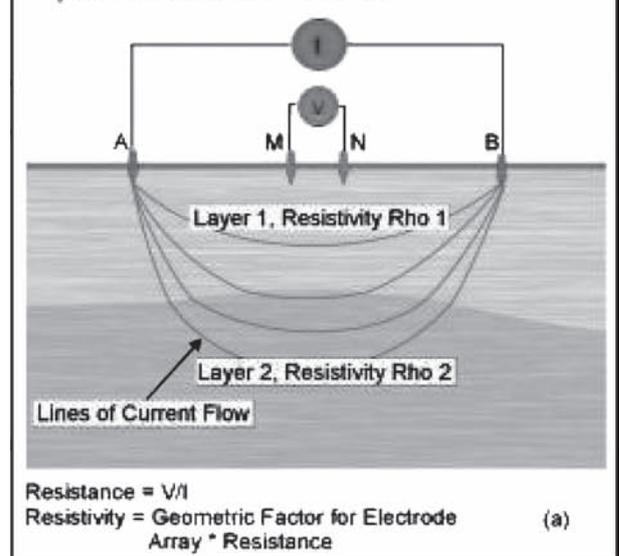
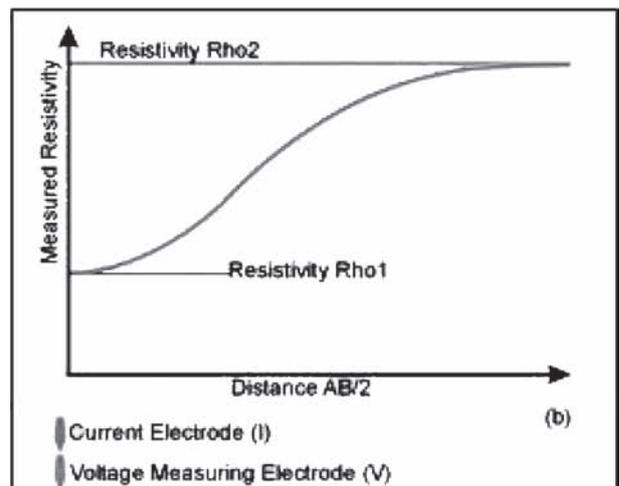
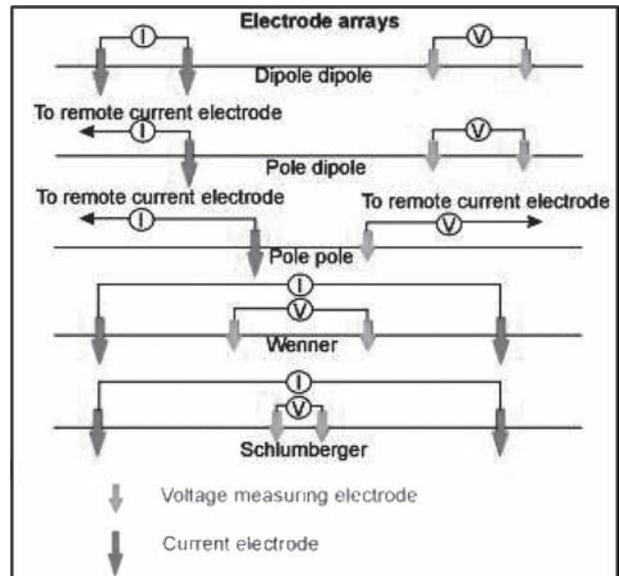
Pengukuran Geolistrik

Hasil pengukuran geolistrik di Perumahan Taman Duta Cimanggis dilakukan sebanyak 3 (tiga)



Gambar 3. Peta Sebaran lereng Kota Depok

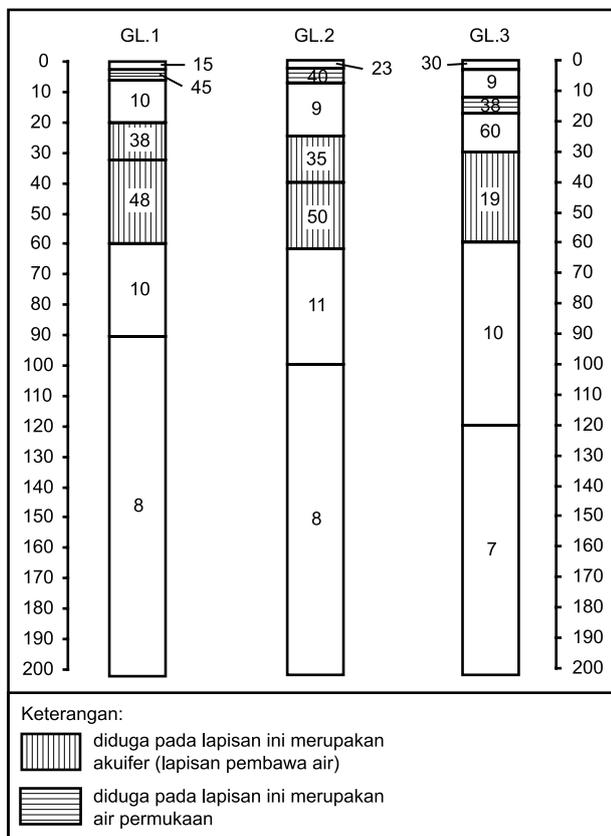
titik disajikan pada Tabel 2, sedangkan diagram penampang tegak tahanan jenisnya disajikan pada Gambar 5. Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik pada titik duga GL-1, akuifer berada pada kedalaman 20-60 m dengan litologi terdiri dari Pasir Lempungan dan Pasir. Untuk titik duga GL-2, akuifer berada



Gambar 4. Konfigurasi Elektroda Metoda Resistivity

Tabel 2. Hasil Penafsiran dan korelasi antara geologi, hidrogeologi dan pendugaan geolistrik di lokasi penyelidikan Perum Taman Duta, Cimanggis Depok

Titik Duga	Lapisan	Hasil Penafsiran		Perkiraan Litologi	Perkiraan Hidrogeologi
		Kedalaman	Tahanan Jenis		
GL.1	1	0.00 ~ 2.50	14.72	Tanah penutup	
	2	2.50 ~ 5.97	45.39	Pasir	Air permukaan
	3	5.97 ~ 20.12	9.50	Lempung	
	4	20.12 ~ 32.14	37.84	Pasir lempungan	Lapisan poros / Akuifer
	5	32.14 ~ 59.86	48.33	Pasir	Lapisan poros / Akuifer
	6	59.86 ~ 90.36	10.24	Batu lempung	
	7	90.36 ~ □	7.50	Lempung	
GL.2	1	0.00 ~ 2.50	23.16	Tanah penutup	
	2	2.50 ~ 7.28	39.74	Pasir	Air permukaan
	3	7.28 ~ 24.73	9.15	Lempung	
	4	24.73 ~ 40.12	35.10	Pasir lempungan	Lapisan poros / Akuifer
	5	40.12 ~ 62.21	49.82	Pasir	Lapisan poros / Akuifer
	6	62.21 ~ 99.86	10.50	Batu lempung	
	7	99.86 ~ □	8.26	Lempung	
GL.3	1	0.00 ~ 3.18	29.78	Tanah penutup	
	2	3.18 ~ 12.36	8.50	Lempung	
	3	12.36 ~ 17.50	38.43	Pasir	Air permukaan
	4	17.50 ~ 30.18	60.14	Tufa pasiran	
	5	30.18 ~ 59.82	19.23	Lempung pasiran	Lapisan poros / Akuifer
	6	59.82 ~ 120.29	9.79	Batu lempung	
	7	120.29 ~ □	6.50	Lempung	



Gambar 5. Penampang Tegak Tahanan Jenis di Perum Taman Duta, Cimanggis Depok.

pada kedalaman 25-62 m dengan litologi terdiri dari Pasir Lempungan dan Pasir. Sementara itu pada titik duga GL-3, akuifer berada pada kedalaman 30-60 m dengan litologi berupa Lempung Pasiran.

Hasil pengukuran geolistrik di Kantor Kementerian Lingkungan Hidup dilakukan sebanyak 3 (tiga) titik disajikan pada Tabel 3, sedangkan diagram penampang tegak tahanan jenisnya disajikan pada Gambar 6. Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik pada titik duga GL-1, akuifer berada pada kedalaman 55-100 m dan 125-175 m dengan litologi masing-masing Pasir dan Pasir Lempungan. Untuk titik duga GL-2, akuifer berada pada kedalaman 40-70 m dan 90-120 dengan litologi masing-masing Pasir dan Lempung Pasiran. Sementara itu pada titik duga GL-3, akuifer berada pada kedalaman 30-60 m dan 65-85 m dengan litologi berupa Pasir dan Lempung Pasiran.

Interpretasi Tahanan Jenis

Berdasarkan hasil interpretasi pendugaan geolistrik di daerah Cimanggis Depok dan Kantor KLH yang telah dikorelasikan dengan data geologi dan hidrogeologi setempat, di daerah penyelidikan pendugaan geolistrik ini bertahanan jenis antara 10 – 150 Ωm. Pada kisaran nilai tahanan jenis tersebut secara umum dapat dikelompokkan berdasarkan perbedaan kontras harga tahanan jenisnya yang disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5

Tabel 3. Hasil Penafsiran dan korelasi antara geologi, hidrogeologi dan pendugaan geolistrik di lokasi penyelidikan Kantor KLH, By Pass, Jakarta Timur

Titik Duga	Lapisan	Hasil Penafsiran		Perkiraan Litologi	Perkiraan Hidrogeologi
		Kedalaman	Tahanan Jenis		
GL.1	1	0.00 - 2.50	14.72	Tanah penutup	Air permukaan
	2	2.50 - 5.97	45.39	Pasir	
	3	5.97 - 20.12	9.50	Lempung	Lapisan poros / Akuifer
	4	20.12 - 32.14	37.84	Pasir lempungan	
	5	32.14 - 59.86	48.33	Pasir	
	6	59.86 - 90.36	10.24	Batu lempung	Lapisan poros / Akuifer
	7	90.36 - □	7.50	Lempung	
GL.2	1	0.00 - 2.50	23.16	Tanah penutup	Air permukaan
	2	2.50 - 7.28	39.74	Pasir	
	3	7.28 - 24.73	9.15	Lempung	Lapisan poros / Akuifer
	4	24.73 - 40.12	35.10	Pasir lempungan	
	5	40.12 - 62.21	49.82	Pasir	
	6	62.21 - 99.86	10.50	Batu lempung	Lapisan poros / Akuifer
	7	99.86 - □	8.26	Lempung	
GL.3	1	0.00 - 3.18	29.78	Tanah penutup	Air permukaan
	2	3.18 - 12.36	8.50	Lempung	
	3	12.36 - 17.50	38.43	Pasir	Lapisan poros / Akuifer
	4	17.50 - 30.18	60.14	Tufa pasiran	
	5	30.18 - 59.82	19.23	Lempung pasiran	
	6	59.82 - 120.29	9.79	Batu lempung	Lapisan poros / Akuifer
	7	120.29 - □	6.50	Lempung	

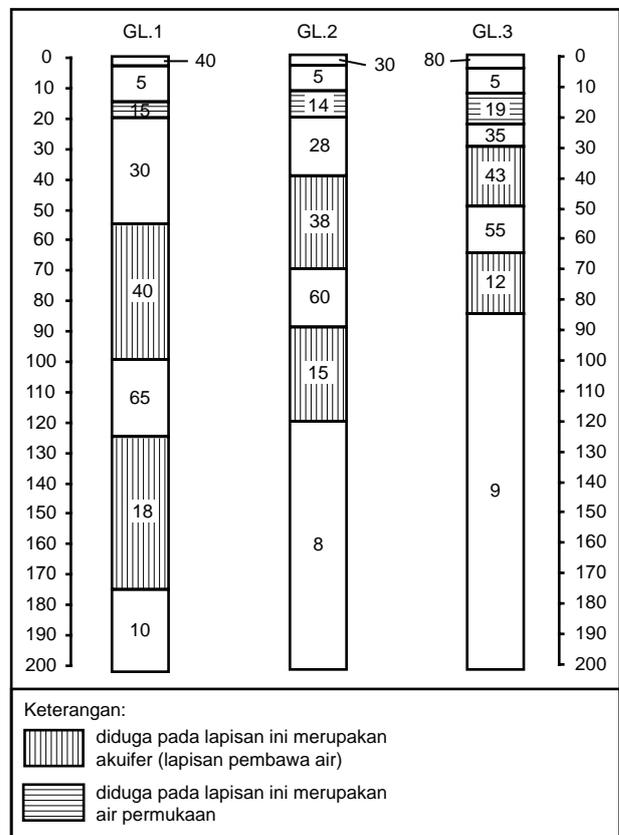
Hasil interpretasi nilai tahanan jenis, diduga lapisan akuifer di Perumahan Taman Duta Cimanggu berada pada kedalaman lebih dari 20 m di bawah permukaan tanah dengan litologi Pasir. Sedangkan hasil interpretasi di Kantor Kemneterian Lingkungan Hidup berada pada kedalaman 10 - 20 m (lapisan akuifer I dengan litologi Lempung Pasiran) dan 35 - 50 m (lapisan akuifer II dengan litologi Pasir). Sehingga untuk melakukan pemboran air tanah disarankan untuk melakukan pemboran sampai lapisan yang diduga akuifer diatas. Hasil penyelidikan selengkapnya disajikan dalam bentuk diagram penampang tegak tahanan jenis

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penafsiran dan pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Pendugaan geolistrik telah dapat memberikan gambaran tentang keadaan lapisan batuan baik vertikal maupun lateral.
2. Kondisi hidrogeologi di daerah penyelidikan, termasuk dalam sistem akuifer dengan aliran melalui ruang antar butiran batuan dengan keterdapatannya secara setempat dan tingkat



Gambar 6. Penampang Tegak Tahanan Jenis di Kantor KLH, By Pass Jakarta Timur

Tabel 4. Interpretasi nilai tahanan jenis di Perumahan Taman Duta Cimanggis

Tahanan Jenis	Perkiraan Litologi	Perkiraan Hidrogeologi
< 10	Lempung	
10 – 20	Batu Lempung	
> 20	Pasir	Lapisan poros / Akuifer

Tabel 5. Interpretasi nilai tahanan jenis di Kantor KLH

Tahanan Jenis	Perkiraan Litologi	Perkiraan Hidrogeologi
< 10	Lempung	
10 – 20	Lempung pasiran	Lapisan poros / Akuifer I
20 – 35	Lempung tufaan	
35 – 50	Pasir	Lapisan poros / Akuifer II
50 <	Tufa	

aquifer dengan tingkat produktivitas: produktif dan penyebaran luas.

- Batuan yang diharapkan dapat bertindak sebagai akuifer di dua tempat tersebut adalah Lempungan pasiran dan pasir (kerikil/kerakal).
- Hasil penyelidikan pendugaan geolistrik, dapat diketahui lapisan akuifer, yaitu:
 - Perumahan Taman Duta Cimanggis berada pada kedalaman 20 - 60 m di bawah permukaan tanah dengan litologi Pasir
 - Kantor Kementerian Lingkungan Hidup By Pass berada pada kedalaman 10 - 20 m (lapisan akuifer I dengan litologi Lempung Pasiran) dan 35 - 50 m (lapisan akuifer II dengan litologi Pasir).

Saran

- Pembuatan sumur resapan di lokasi penyelidikan ini dapat dilaksanakan dengan cara pemboran disekitar titik pengukuran GL.1, GL.2 dan GL.3 (skala prioritas) dengan kedalaman pemboran ± 60 - 90 m. Interpretasi kedalaman aquifer untuk Perum Taman Duta berada pada kedalaman 25 - 60 m. Sedangkan di Kantor KLH kedalaman berada disekitar kedalaman 35 - 60 m dan 60 - 90 m.
- Setelah pemboran selesai, disarankan untuk melakukan penyelidikan penampang sumur bor (*Well Logging*) agar dapat menentukan letak saringan pada lapisan poros/akuifer.

Daftar Pustaka

- Anonim. 2007. *Kabupaten Tangerang Dalam Angka tahun 2007*. Biro Pusat Statistik Kabupaten Tangerang,
- Appelo, C.A.J dan D. Postma. 2005. *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. A.A. BALKEMA Publisher, Amsterdam
- Asdak C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta. 1.7 - 1.25.
- A Gany, A. H., et al. 2002. *Tinjauan Umum Konservasi dan Pelestarian Sumber Daya Air di Indonesia*. Puslitbang SDA Departemen Kimpraswil. Bandung.
- Chow, V.T., Maidment, D.R. and L.W. Mays.1988. *Applied Hydrology*. Mc Graw-Hill, New York, 175 – 198.
- Dijiono. 2002. *Intrusi Air Laut pada Air bumi Dangkal di Wilayah DKI Jakarta*. Tesis. Program Pascasarjana, IPB, Bogor.
- Emch, P.G. dan W.W.G. Yeh. 1998. *Management Model for Conjunctive Use of Coastal Surface water and Groundwater*. Journal of Water Resources Planning and Management, *American Society of Civil Engineers*, 124 (3), 129
- Fetter, C.W. 1994. *Applied Hydrogeology*. 3rd Ed. Merrill Publishing Company, Ohio, USA.
- Grigg, N.S., 1996. *Water Resources Management*. Mc Graw-Hill, New York, 29 – 59.
- Maryono, A. 2005. *Eko-hidrolika*. Magister System Teknik. PPs - UGM
- Mays, L.W. 1992. *Water Resources Handbook*, McGraw-Hill, Singapore 6.32 – 6.33.
- Mays, L.W. dan Y.K. Tung (1992), *Hydrosystem Engineering & Management*, McGraw-Hill, Singapore, 1-20, 323-348
- Nemec, J. 1972. *Engineering Hydrology*. Mc Graw Hill. London
- Rusmana, E, dkk. (2001). *Peta Geologi Lembar Jakarta Skala 1:100000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- Schwab, L.O., Fangmeier, D.D. and W.J. Elliot. 1996. *Soil and Water Management Systems*. John Wiley & Sons, Inc., Ohio. 88 – 105.
- Sosrodarsono, S. Dan K. Takeda, 1993. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradnya Paramita, Jakarta, 1-5
- Suripin. 2001. *Pelestarian Sumberdaya Air dan Tanah*. Penerbit Andi, Yogyakarta
- Ward, A. D. dan W. J. Elliot. 1995. *Environmental Hydrology*. CRC Press Inc., Florida.