

POTENSI SUMBERDAYA AIR TANAH DI SURABAYA BERDASARKAN SURVEI GEOLISTRIK TAHANAN JENIS

Oleh : Mardi Wibowo ^{*)}

Abstrak

Surabaya merupakan salah satu kota terbesar di Indonesia dan sebagai pusat kegiatan (baik kegiatan industri, kependudukan, ekonomi maupun pemerintahan) di Jawa Timur khususnya dan Indonesia bagian timur pada umumnya. Seiring dengan hal tersebut maka Surabaya menghadapi banyak permasalahan khususnya yang berkaitan dengan air tanah. Akibat ketidakseimbangan antara pengisian (**recharge**) dengan pengambilan (**discharge**) air tanah akan menurunkan tinggi muka air tanah yang pada gilirannya mengakibatkan intrusi air laut, amblesan tanah dan kekurangan air bersih bagi masyarakat. Geometri, distribusi dan kedalaman akifer harus diketahui untuk dapat memecahkan permasalahan sumberdaya air tanah. Salah satu cara untuk mengetahui karakteristik akifer adalah dengan survei geolistrik tahanan jenis. Metode ini pada dasarnya adalah mengukur tahanan jenis material yang ada di bawah tanah dengan melewatkan arus listrik tertentu kedalam tanah dan kemudian mengukur perbedaan potensial antara dua titik. Berdasarkan survei ini, kondisi bawah tanah Surabaya terdiri dari 4 jenis batuan yaitu lapisan tanah (soil), batulempung, batulempung pasir, dan batupasir. Akifer di Surabaya terbagi menjadi akifer dangkal/ akifer bebas (< 20 m) yang terdiri dari endapan alluvial dan akifer dalam/ akifer tertekan (> 60 m) yang terdiri dari batupasir. Akifer ini tersebar merata di seluruh Surabaya hanya ketebalannya yang berbeda.

Katakunci : geolistrik, tahanan jenis, akifer

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Daerah peneliti berada di Kotamadya Surabaya, Jawa Timur, dengan batas barat : Kelurahan Lakarsantri, selatan : Kabupaten Sidoarjo, timur : daerah Rungkut dan utara : Kompleks angkatan Laut (Gambar 1).

Surabaya merupakan salah satu kota terbesar dan terpadat di Indonesia. Surabaya juga merupakan pusat pertumbuhan dan kegiatan industri, kependudukan, ekonomi maupun pemerintahan di Jawa Timur. Seiring dengan pertumbuhan tersebut kebutuhan akan air bersih juga semakin meningkat, tercatat tahun 1983 kebutuhan air bersih 62,2 juta m³ dan tahun 2000 diperkirakan 323 juta m³ ⁽¹⁾. Air Tanah sebagai salah satu sumber utama air bersih akan semakin besar pemanfaatannya dan jika pengambilan itu berlebihan akan terjadi ketidakseimbangan antara air yang masuk ke dalam tanah dengan air tanah yang diambil. Akibat ketidakseimbangan tersebut akan terjadi penurunan tinggi tekan air tanah yang pada akhirnya dapat menyebabkan terjadinya

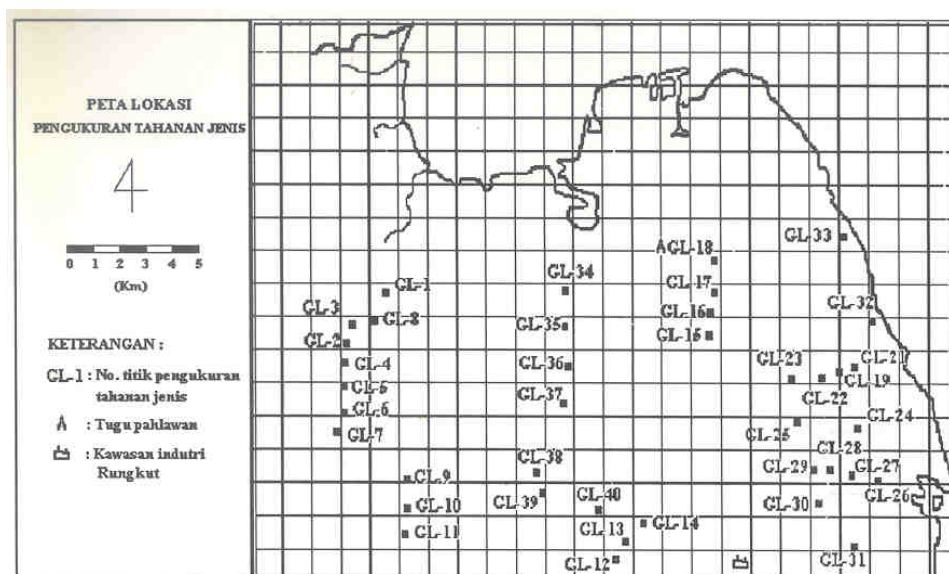
intrusi air laut, amblesan, dan yang paling penting adalah kurangnya persediaan air bersih bagi penduduk. Satu hal yang harus diketahui terlebih dahulu untuk memecahkan masalah tersebut adalah karakteristik dari akifer seperti geometri, penyebaran dan kedalaman. Survei geolistrik tahanan jenis saat ini merupakan cara terbaik untuk mengetahui hal tersebut.

Penelitian masalah air tanah di Surabaya telah banyak dilakukan tetapi pada umumnya berupa pemetaan hidrogeologi maupun penelitian lain yang bersifat kualitatif dan interpretatif sedangkan survei ini lebih bersifat kuantitatif dan interpretatif.

1.2. Tujuan

Mengumpulkan data-data kedalaman, ketebalan, dan nilai tahanan jenis lapisan batuan di bawah permukaan. Kemudian dipakai untuk mengetahui penyebaran dan geometri akifer (lapisan pembawa air) di basin Surabaya yang akhirnya dipakai untuk membantu dalam perencanaan, pengelolaan dan pengembangan sumberdaya air tanah.

^{*)} Peneliti di Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan - BPPT



Gambar 1. Peta lokasi pengukuran tahanan jenis

2. PERALATAN DAN METODOLOGI

2.1. Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah Martiel Geophysics Resistivity Meter (modifikasi dari ABEM SAS 300) dengan segala perlengkapannya, seperti :

- Dua buah kabel penghubung 500 m.
- Dua buah tali pengukur 100 m.
- Dua buah elektroda arus dan 2 buah elektroda potensial.
- Dua buah sumber arus searah.
- Satu buah AV-meter.
- Kalkulator
- Kertas bilogaritma.

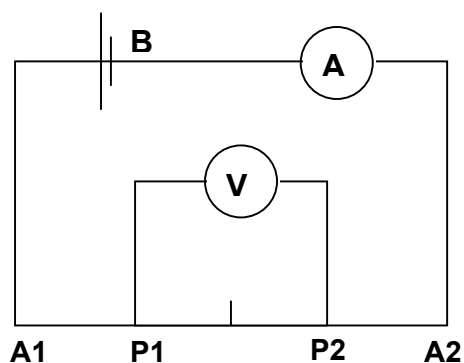
2.2. Metode Pengukuran

Geolistrik yang dipakai disini adalah geolistrik tahanan jenis. Survei geolistrik tahanan jenis ini pada dasarnya mengukur/mengetahui nilai tahanan jenis semua (ρ) material bawah permukaan dengan cara menyuntikkan arus listrik searah dengan besar tertentu ke dalam tanah.

Sebagai akibat dari penyuntikan ini akan timbul medan listrik yang pada akhirnya menyebabkan terjadinya perbedaan potensial antara dua titik yang ada di dalam medan listrik tersebut dan nilai beda potensial inilah yang diukur dalam survei geolistrik ini.

Tahap pengukuran ini meliputi pengambilan data nilai tahanan jenis batuan di bawah permukaan pada 40 titik pengukuran yang telah ditentukan serta pemetaan (*plotting*) nilai tahanan jenis vs $\frac{1}{2}$ jarak

elektroda arus pada kertas skala *bilog* untuk mengecek validitas data yang terukur.



Gambar 2. Pengukuran geolistrik dengan konfigurasi Schlumberger

Keterangan :

- B : Baterai
A : Amperemeter
A1, A2 : Elektroda arus
V : Voltmeter
P1, P2 : Elektroda potensial
 $P1P2 \lll A1A2$

Pengukuran dilaksanakan dengan sistem grid meskipun tidak ideal agar supaya data lebih merata dan hasil interpretasinya bias lebih optimal. Pengukuran lapangan dilakukan dengan menggunakan konfigurasi/aturan Schlumberger (Gambar 2). Tiap titik pengukuran sebaiknya mempunyai panjang bentangan sekitar 500 m. Data-data pengukuran dicatat dalam bentuk table seperti Tabel 1.

Tabel 1. Contoh hasil pengukuran nilai beda potensial dan tahanan jenis di lapangan

No. Sta : 02, Desa Lakarsantri Arah : N 10 °E
 Tanggal : 1 Pebruari 2000 Konfigurasi : Schlumberger
 Cuaca : Cerah Morfologi : Datar

½ A1A2	½ P1P2			V (volt)	I (Amp)	ρ (ohm)
	0,5	5	10			
2	11,8			169,4	392	5,1
3	27,5			85,8	328	7,2
4	49,5			47,8	282	8,4
5	77,7			13	93	10,8
6	112,3			6,3	6,1	11,7
8	200,3			15,1	225	13,5
10	313,2			15,6	303	16,2
12	451,4			888,2	205	18,8
15	705,7	62,8		7,9	325	16,7
20	1255,2	117,8		3,6/ 44,1	238/ 232	18,9/ 22,4
25		188,4				
30		274,8		27,3	452	16,6
40		494,6		11,9	402	14,7
50		777,2		5,3	317	13,2
60		1122,6		5,6	470	13,5
75		1758,4		1,5	280	14
100		3132,2	1554,3	2,3/ 4,9	522/ 517	14,1/ 4,88
125			2437,4	3,6	555	16,1
150			3516,8	1,5	4887	19,2
200			6264,3	1,4	497	23,9
250			9796,8	1,7	557	30,8

Keterangan :

½ P1P2 : bentangan elektroda potensial I : kuat arus listrik
 ½ A1A2 : bentangan elektroda arus ρ : tahanan jenis
 V : beda potensial

2.3. Pengolahan Data dan Interpretasi

Pengolahan data adalah mengolah data beda potensial terukur menjadi nilai tahanan jenis semu, menentukan jumlah lapisan batuan dan menginterpretasikannya. Interpretasi ini meliputi jenis litologi dan kedalaman serta ketebalan masing-masing lapisan litologi dengan didasarkan pada perbedaan harga tahanan jenisnya. Nilai tahanan jenis semu diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

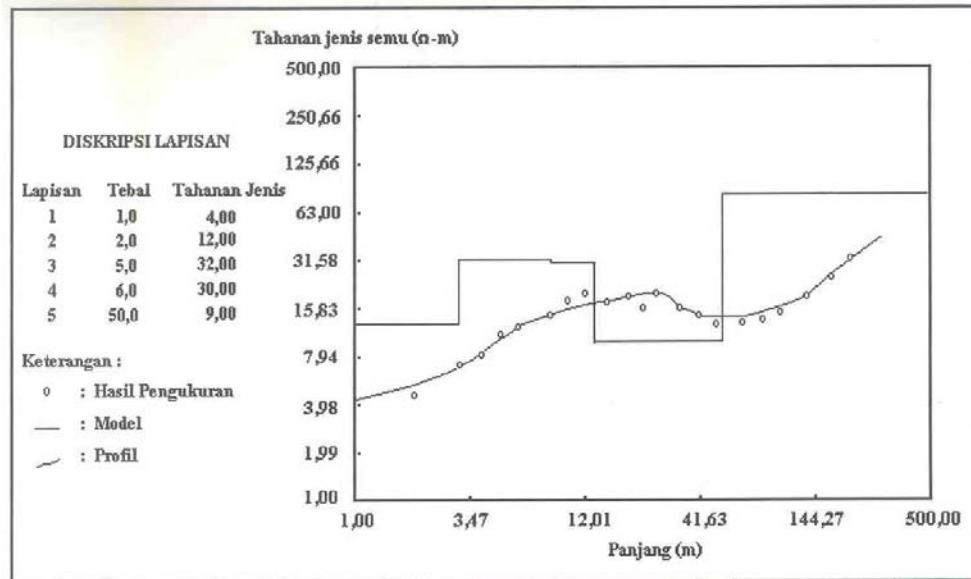
$$\rho = K \cdot V / I$$

dimana :

- ρ : tahanan jenis semu (ohm-m)
- V : beda potensial (m-volt)
- I : kuat arus (m-A)
- K : faktor geometric

Dari hasil tersebut kemudian dibuat penampang bawah permukaannya.

Pengolahan data dilakukan dengan cara *Curve Matching* yaitu kurva hasil pemetaan antara nilai tahanan jenis dengan ½ jarak electrode arus pada kertas bilog di lapangan di-match-kan dengan kurva baku dua lapisan yang telah dihitung secara teoritis. Dalam proses pengolahan data dengan cara ini, telah disediakan pula kurva Bantu untuk membantu menyelaraskan kurva lapangan dengan kurva baku. Dengan cara ini akan dapat ditafsirkan jumlah lapisan batuan yang ada, nilai tahanan jenis tiap lapisan batuan dan kedalaman dari tiap lapisan batuan. Kemudian untuk menafsirkan jenis litologi dari tiap lapisan dipakai dasar-dasar sebagai berikut :



Gambar 3. Contoh grafik hasil pengolahan data pada titik pengukuran 2 (Ds. Lakarsantri)

- Batuan sedimen yang lepas akan mempunyai harga tahanan jenis yang lebih kecil dibandingkan dengan yang kompak pada batuan yang sama.
- Batuan mengandung air akan mempunyai harga tahanan jenis yang lebih kecil dibandingkan dengan yang tidak mengandung air.
- Harga tahanan jenis semakin kecil bila air yang ada mempunyai kandungan garam yang lebih besar.

Meskipun pada kenyataannya sukar untuk menarik kesamaan secara umum antara batuan dengan tahanan jenis karena sering terjadi dalam satu lapisan terdapat harga tahanan jenis yang berbeda menyolok dan selain itu harga tahanan jenis ini dipengaruhi oleh jenis air yang mengisi batuan tersebut. Hubungan antara jenis batuan dengan harga tahanan jenisnya terlihat pada Gambar 4.

Sedangkan untuk menafsirkan adanya lapisan batuan yang berpotensi sebagai lapisan pembawa air didasarkan pada tekstur dan struktur dari tiap satuan batuan yang ada, cirri-ciri dan sifat kelistrikan dari tiap jenis batuan. Sifat-sifat kelistrikan ini misalnya lapisan yang berpotensi sebagai akifer mempunyai nilai tahanan jenis semu yang lebih besar dari satuan batuan yang berbutir halus (lempung) dan mempunyai penyebaran yang cukup luas.

3. PEMBAHASAN

3.1. Geologi Daerah Penelitian

Keadaan geologi daerah penelitian telah banyak diteliti, urutan perlapisan batuan dari yang tertua sampai yang termuda di daerah penelitian adalah ^{(2), (3)} :

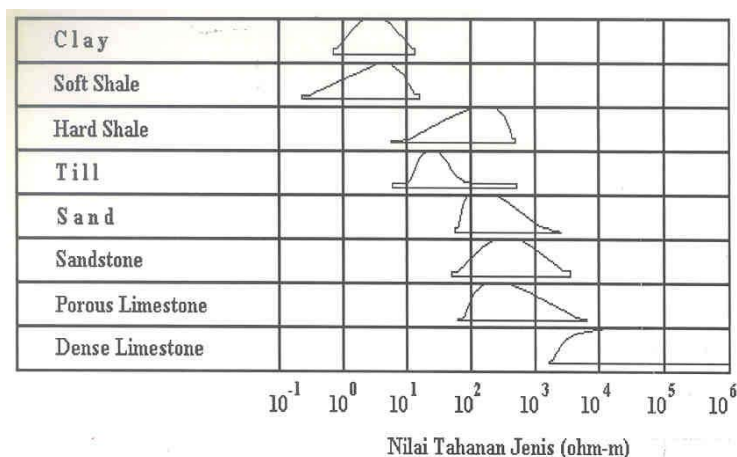
a. Formasi Lidah

Merupakan formasi tertua yang tersingkap di daerah penelitian, tersebar di bagian selatan daerah penelitian. Formasi ini terdiri dari batulempung biru, yang setempat-setempat kehitaman, kenyal dan pejal, bila kering menjadi keras dan terkadang mengandung fosil. Formasi ini diperkirakan berumur Pliosen.

b. Formasi Pucangan

Formasi ini diendapkan selaras di atas Formasi Lidah dan terdiri dari 2 anggota :

- **Anggota Lempung Bawah**, terdiri dari lempung berwarna biru tua hingga biru abu-abu, berlapis.
- **Anggota Pasir Tufaan**, terdiri dari lapisan pasir tufaan, batupasir selang-seling tufa, kerikil, konglomerat dan sisipan-sisipan batupasir napalan, perlapisan kurang baik, tebal antara 50 – 100 m. Anggota inilah yang diperkirakan berlaku sebagai akifer dalam di Surabaya. Formasi ini berumur Plistosen Bawah.



Gambar 4. Hubungan jenis batuan dengan harga tahanan jenis ⁽⁴⁾.

c. Formasi Kabuh

Terdiri dari batulempung, batulempung lanauan dan batupasir lempungan, sering terdapat lensa batupasir dengan tebal antara puluhan cm – 10 m. Formasi ini diendapkan selaras di atas Formasi Pucangan dan diperkirakan berumur Plistosen Atas.

d. Endapan Aluvial

Terdiri dari dua bagian yaitu endapan alluvial sungai dan endapan alluvial pantai. Ukurannya lempung sampai berangkal dan umumnya bersifat lepas dan mengandung air tawar. Endapan ini diendapkan tidak selaras di atas formasi-formasi sebelumnya dan masih terus terbentuk sampai sekarang.

batulempung pasiran dan batupasir (Gambar 5). Dengan cara yang sama data 40 titik pengukuran diolah dan dibuat penampangnya. Dari 40 titik pengukuran yang dibuat diketahui bahwa lapisan batuan yang ada di bawah permukaan Surabaya terdiri dari 5 –6 lapisan dengan harga tahanan jenis yang sangat bervariasi. Kemudian dari 40 titik pengukuran tersebut dibuat lima buah penampang korelasi tahanan jenis dengan cara menghubungkan titik-titik pengukuran yang saling berdejetan (Gambar 5). Dari ke-5 buah penampang tersebut, lapisan batuan yang ada dapat disederhanakan menjadi 4 lapisan batuan seperti terlihat di Tabel 2. Untuk lebih memperjelas penyebaran akifer di Surabaya dibuatlah diagram pagar (Gambar 6) untuk mengetahui gambaran secara 3 dimensi.

3.2. Analisis & Interpretasi Data Geolistrik

Hasil analisis dan pengolahan data ini berupa variasi harga tahanan jenis per lapisan batuan untuk setiap titik sounding serta kedalaman batas dimana terjadio perubahan harga tahanan jenis. Sebenarnya hasil interpretasi akan lebih baik dan meyakinkan bila ada penampang litologi hasil pengeboran sebagai titik ikat tetapi karena berbagai hal data pemboran tidak bias diperoleh. Oleh karena itulah sebagai titik ikat di sini dipakai Peta Geologi yang telah ada. Dari hasil akhir pengolahan data diperoleh jumlah lapisan, ketebalan dan nilai tahanan jenis (Gambar 3). Kemudian diinterpretasikan jenis litologinya dengan berdasarkan pada Gambar 4 yang menyatakan hubungan antara nilai tahanan jenis dan jenis batuan. Dari hasil pengolahan tersebut maka diketahui bahwa titik pengukuran ke-2 (Desa Lakarsantri) kondisi bawah permukaannya terdiri dari 4 lapisan batuan yaitu soil, batulempung,

3.3. Hasil Analisis & Interpretasi

Dari hasil analisis dan interpretasi data geolistrik kemudian dikaitkan dengan kondisi geologi yang ada dapat diinterpretasikan bahwa :

Tabel 2. Korelasi nilai tahanan jenis dengan jenis litologi

Tahanan jenis (ohm-m)	Perkiraan Litologi
Sangat variasi	Lapisan tanah (soil)
< 1	Batulempung
1 - 10	Batulempung pasiran
> 10	Batupasir, Batupasir konglomeratan

a. Lapisan 1 :

Merupakan tanah penutup (soil) dengan ketebalan 1 – 20 m dan mempunyai harga tahanan jenis yang sangat bervariasi. Bagian bawah lapisan ini merupakan endapan sungai yang merupakan akifer dangkal/bebas.

b. Lapisan 2 :

Merupakan batulempung dengan ketebalan antara 20 – 50 m dan harga tahanan jenisnya berkisar antara 0,4 – 10 ohm-m. Di beberapa tempat pada lapisan ini dijumpai lensa-lensa batupasir. Lapisan ini ditafsirkan merupakan bagian Formasi Kabuh.

c. Lapisan 3 :

Merupakan batulempung pasiran dengan ketebalan 50 – 85 m dengan nilai tahanan jenis berkisar antara 1 – 10 ohm-m, tetapi di beberapa tempat dijumpai nilai yang berbeda cukup menyolok hal ini kemungkinan disebabkan perbedaan kadar garam airnya. Lapisan ini ditafsirkan merupakan bagian bawah dari Formasi Kabuh.

d. Lapisan 4 :

Merupakan lapisan terbawah yang mampu terdeteksi, lapisan ini berupa batupasir dengan ketebalan 50 – 100 m dan harga tahanan jenisnya cukup bervariasi tergantung pada jenis air yang terandung di dalamnya. Lapisan ini diperkirakan sebagai akifer dalam (tertekan) bagi Surabaya dan ditafsirkan sebagai bagian dari Formasi Pucangan.

4. KESIMPULAN

- a. Kondisi bawah permukaan di Surabaya diperkirakan terdiri dari 4 lapisan batuan yaitu soil, batulempung, batulempung pasiran dan batupasir.
- b. Akifer di Surabaya dapat dibagi menjadi 2 yaitu akifer dangkal (akifer bebas) yang berupa endapan alluvial dengan kedalaman < 20m dan akifer dalam (akifer tertekan) yang berupa batupasir konglomeratan dengan kedalaman >60m.
- c. Akifer dangkal dan akifer dalam di Surabaya tersebar merata tetapi dengan kedalaman dan ketebalan di setiap lokasi berbeda.
- d. Lapisan yang baik dan potensial sebagai akifer ditemukan cukup dalam dan untuk pembuatan sumur bor disarankan di titik 1, 2, 3, 15, 19, 20, 21, 22, 24, 26, dan 28.

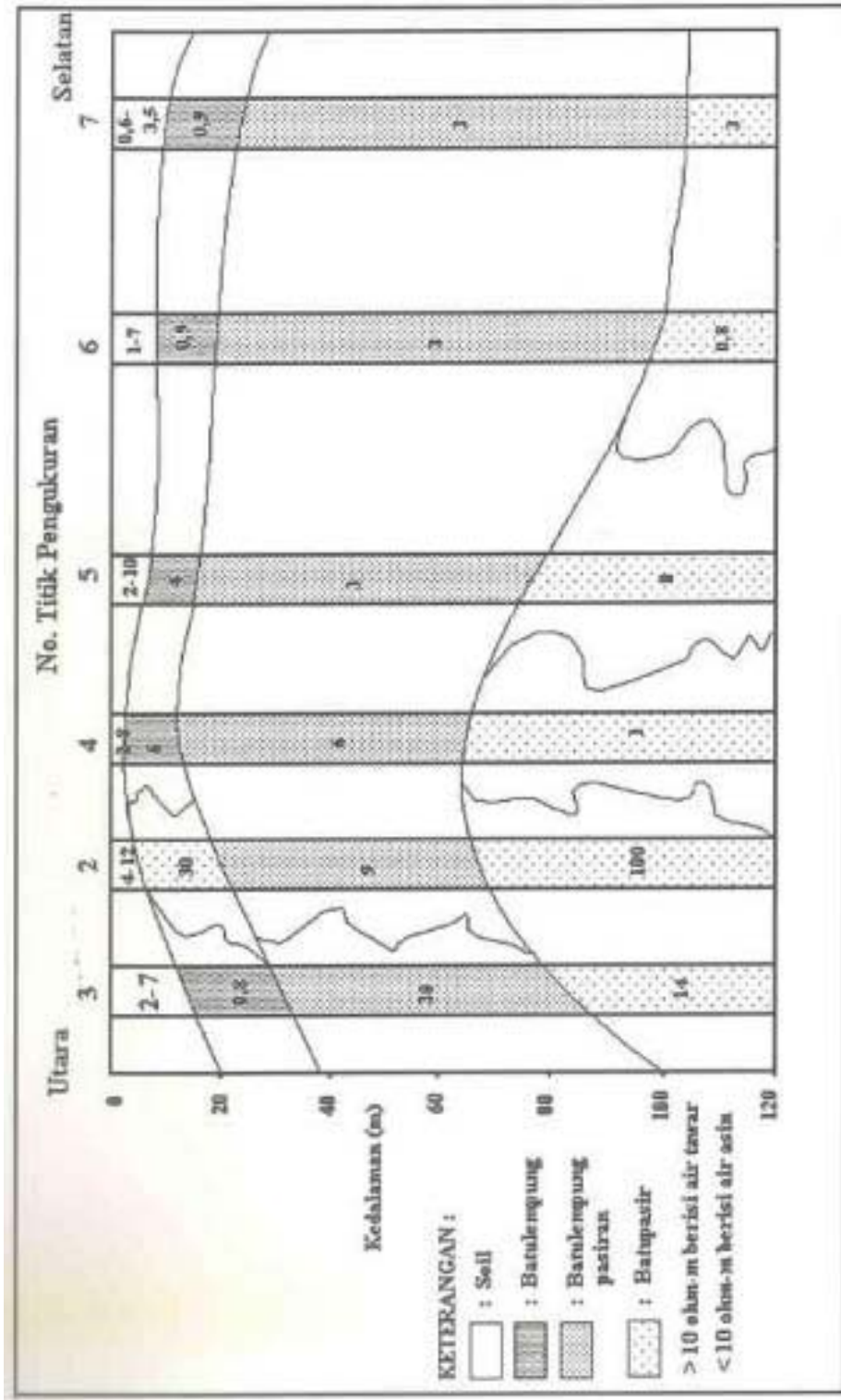
DAFTAR PUSTAKA

1. Achmad, U.T. dan H. Setiadi, 1992, *Peta Hidrologi Indonesia Lembar Surabaya dan Sapulu skala 1 : 100.000*, Sub-Dit Hidrogeologi, Dit. Geologi Tata Lingkungan, Bandung.
2. Sukardi, 1986, *Peta Geologi Bersistem Indonesia Lembar Surabaya dan Sapulu skala 1 : 100.000*, PUSLITBANG Geologi, Bandung.
3. Wongsosantono, 1978, *Latar Belakang Geologi Perkembangan Kota Surabaya*, PUSLITBANG Geologi, Bandung.
4. Todd, D.K, 1976, *Groundwater Hydrology*, John Wiley & Sons, Inc., New York.

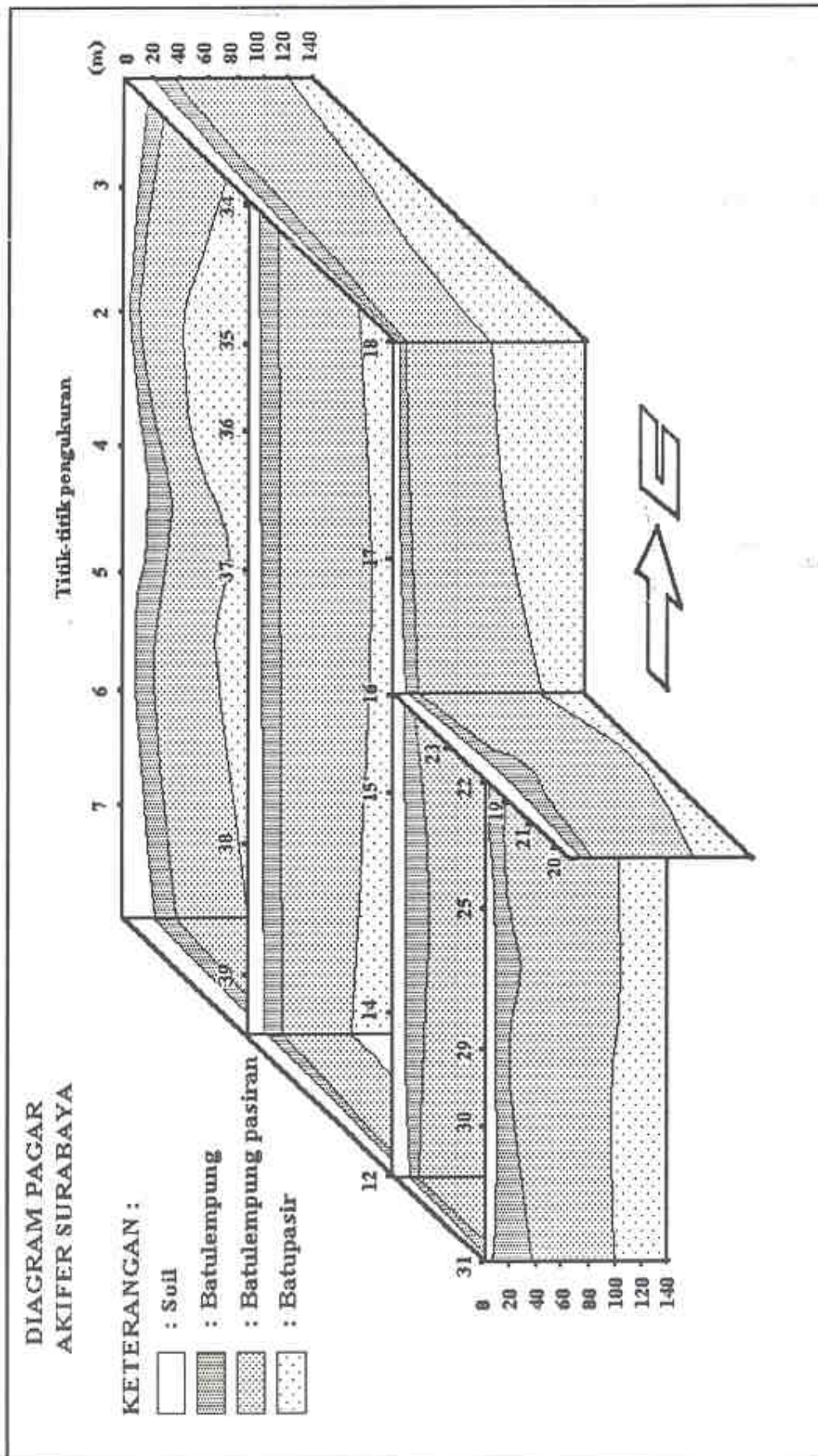
RIWAYAT PENULIS

Mardi Wibowo, lahir di Sragen pada 7 Oktober 1968, Menamatkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Geologi UGM dan S2 di Jurusan Teknik Lingkungan ITB. Saat ini bekerja sebagai peneliti di Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT.

LAMPIRAN



Gambar 5. Contoh Penampang batuan hasil korelasi pada jalur pengukuran Lakarsantri



Gambar 6. Diagram pagar kondisi batuan di bawah permukaan Surabaya