Identifikasi sebaran lapisan akuifer dangkal di Kecamatan Pakis Kabupaten Malang

Identification of distribution of shallow aquifer layers in Pakis District, Malang Regency

Prasetyo Rubiantoro[1*], Mohammad Bisri[1]

[1]Departemen Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang 65145, Indonesia

Article info:

Kata kunci:

air tanah; akuifer dangkal; litologi batuan; metode geolistrik; *vertical electrical sounding.*

Keywords:

Geoelectric method; groundwater, rock lithology; shallow aquifer; vertical electrical sounding.

Article history:
Received: 10-08-2021
Accepted: 27-05-2022

[*]Koresponden email:
prast_air@ub.ac.id

Abstrak

Potensi air tanah sangat dipengaruhi kondisi geologi dan hidrogeologi, sehingga sebaran lapisan akuifer sangat beragam dalam satu wilayah. Hal ini terjadi di wilayah Kecamatan Pakis Kabupaten Malang. Beberapa wilayah masih mengalami kesulitan memanfaatkan air tanah sebagai sumber air bersih. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memetakan sebaran lapisan akuifer dangkal di Kecamatan Pakis. Untuk menyelesaikan penelitian, dilakukan pengukuran dengan metode geolistrik di 43 titik dan pengamatan terhadap kedalaman sumur dangkal. Menggunakan model *Vertical Electrical Sounding* (VES) dengan konfigurasi *Schlumberger* didapatkan litologi batuan ditiap titik hingga kedalaman 50 meter. Hasil interpretasi data bahwa litologi batuan didominasi oleh lapisan batuan tufa halus (lempung), tufa, pasiran, breksi dan lava. Tufa hingga pasiran teridentifikasi sebagai lapisan akuifer dangkal. Hasil pemetaan sebaran menunjukkan bahwa potensi air tanah di wilayah Kecamatan Pakis terbagi menjadi 2 zonasi yaitu zona tidak berpotensi air tanah dangkal meliputi Desa Pakis Jajar, Bunut Wetan, Asrikaton, Saptorenggo, Tirtomoyo dan Kedungrejo. Zona berpotensi air tanah dangkal meliputi Desa Sukoanyar, Sumber Pasir, Pakis Kembar, Pucangsongo, Sumberejo, Sumberkradenan, Ampeldento, Mangliawan, dan Sekarpuro.

Abstract

Geological and hydrogeological conditions highly influence groundwater potential. The distribution of aquifer layers varies greatly in one area. This condition occurs in the Pakis Subdistrict, Malang Regency. Some areas still experience difficulties in utilizing shallow groundwater. This study aims to identify and distribute the mapping of shallow aquifer layers. Measurements were made using the geoelectric method at 43 points and observations of the depth of shallow wells. Using the Vertical Electrical Sounding model with the Schlumberger configuration, the rock lithology is obtained at each point up to 50 meters. The data interpretation results show that rock lithology is dominated by clay, tuff, sandy, breccia, and lava layers. The tuff to sandy was identified as shallow aquifer layers. The results show that the potential for groundwater in the Pakis District area is divided into two zonings: the poor zone, including the villages of Pakis Jajar, Bunut Wetan, Asrikaton, Saptorenggo, Tirtomoyo, and Kedungrejo. Good zone includes the villages of Sukoanyar, Sumber Pasir, Pakis Kembar, Pucangsongo, Sumberejo, Sumberkradenan, Ampeldento, Mangliawan, dan Sekarpuro.

Kutipan:
Rubiantoro, P., Bisri, M. (2022). Identifikasi Sebaran Lapisan Akuifer Dangkal di Kecamatan Pakis Kabupaten Malang. Jurnal Teknik Pengairan: *Journal of Water Resources Engineering*, 13(1), 116-127.
https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2022.013.01.10

1. Pendahuluan

Pemakaian air tanah global tumbuh secara eksponensial dari 100 km^3/tahun pada 1950-an hingga lebih dari 1000 km^3/tahun pada abad ke-21 (Sorensen et al. 2015), dengan perkiraan 2 miliar orang yang mengandalkan air tanah untuk memenuhi kebutuhan dasar air mereka (Morris et al. 2003). Peruntukan air tanah tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga namun juga untuk kegiatan untuk kegiatan produktif yang mendukung pembangunan sosial – ekonomi dan bagian penting ekosistem (Missi A et al. 2018).

Indonesia memiliki potensi air tanah yang cukup tinggi yaitu lebih dari 308 milyar m^3 yang tersebar di seluruh daerah cekungan air tanah (CAT) (Candra & Ewin 2016), namun hingga saat ini potensi tersebut belum dimanfaatkan secara optimal sehingga masih ada 33,4 juta penduduk kekurangan air bersih (Vania & Firsta 2018). Anomali ini juga terjadi di wilayah Kecamatan Pakis Kabupaten Malang, memiliki potensi air tanah yang melimpah namun beberapa lokasi kekurangan air bersih. 13 Kecamatan di wilayah Kabupaten Malang mengalami krisis air salah satunya adalah Kecamatan Pakis yang membutuhkan pasokan air bersih (Walhi Jawa Timur 2012).

Berdasarkan peta hidrogeologi lembar Kediri, wilayah Kecamatan Pakis berada pada daerah dengan tingkat produktivitas akuifer produktif sedang yang menyebar luas dan potensi debit sumur dangkal sebesar 5 liter per detik (Poespowardoyo 1984). Namun tidak semua wilayah di Kecamatan Pakis terdapat sumur dangkal untuk mendapatkan air bersih. Dalam usaha mengetahui keberadaan dan sebaran lapisan akuifer dibutuhkan metode penyelidikan bawah permukaan. Salah satu metode pendugaan dan ramah lingkungan yang paling umum digunakan adalah metode geolistrik (Faris et al. 2019). Metode geolistrik resistivitas mengukur sifat – sifat kelistrikan berupa perbedaan nilai resistivitas tiap batuan bawah permukaan (Vebrianto S 2016).

Metode geolistrik yang sering dilakukan untuk pengukuran adalah metode *vertical electrical sounding (*VES) dan metode *Electrical Resistivity Tomography (ERT)* atau disebut dengan *mapping*. Metode VES mempelajari perubahan resistivitas batuan terhadap kedalaman, dengan kelebihan konfigurasi ini adalah kemampunya untuk mendeteksi adanya struktur batuan bawah permukaan yang heterogen dan lebih dalam. Metode ERT atau *mapping* memiliki kelebihan mampu memetakan struktur dan sensitifitas terhadap perubahan resistivitas batuan secara horizontal (Sugito et al. 2019).

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan memetakan sebaran lapisan akuifer di Kecamatan Pakis Kabupaten Malang. Pengunaan metode VES dengan konfigurasi Schlumberger memberikan hasil yang paling optimal dan efisien dalam pelaksanaan pengambilan data (Sunaryo et al. 2018).

2. Bahan dan Metode

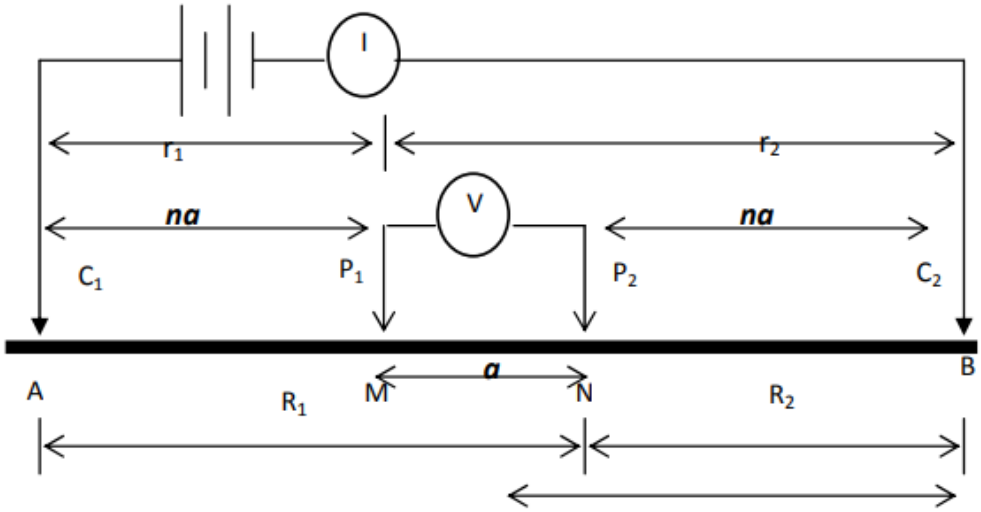
2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah administrasi Kecamatan Pakis Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur. Kecamatan Pakis terletak diantara 112,4018 hingga 112,4507 Bujur Timur dan 7,5956 hingga 7,5621 Lintang Selatan. Secara geografis luas wilayah Kecamatan Pakis sekitar 53,62 Km^2 dan secara administrasi Kecamatan Pakis terbagi menjadi 15 Desa yaitu: Pakis Jajar, Pakis Kembar, Sumber Pasir, Asrikaton, Mangliawan, Ampeldento, Sekarpuro, Sumberkradenan, Kedungrejo, Banjarejo, Pucangsongo, Sukoanyar, Tirtomoyo, Bunutwetan dan Saptorenggo (BPS 2018).

Berdasarkan peta geologi lembar Malang lokasi penelitian berada pada daerah batuan endapan gunung api kuartener (Qvtm) yang berumur Holosen–Plistosen akhir. Batuan penyusunnya didominasi oleh batuan gunung api antara lain: tuf halus, tuf lapili, tuf pasiran, tuf batu apung dan breksi. Lapisan tuf pasir yang berbutir pasir halus hingga kasar baik untuk menjadi lapisan akuifer (Santoso & Suwarti 1992).

2.2. Konfigurasi Elektroda

Metode pengukuran geolistrik yang digunakan pada penelitian ini secara *vertical electrical sounding* (VES) dengan konfigurasi *Schlumberger*. Pengukuran model VES pengambilan datanya sangat efisien dan paling optimal untuk akumulasi kesalahan (Faris et al. 2019).



Gambar 1. Skema elektroda konfigurasi *Schlumberger.*

Skema konfigurasi *Schlumberger* pada gambar 1, menggunakan 2 buah elektroda arus (AB) dan 2 buah elektroda potensial (MN) yang dipasang dengan jarak elektroda potensial lebih kecil dibandingkan elektroda arus dan letak elektroda potensial selalu didalam dari letak elektroda arus. Elektroda arus akan selalu bergerak menjauh hingga jarak bentang tertentu untuk mendapatkan kedalaman yang ditargetkan.

Data primer yang didapatkan dari pelaksanaan pengukuran geolistrik antara lain: jarak antar elektroda AB (arus), jarak antar elektroda MN (potensial), arus (*Ampere*), dan tegangan (*Voltage*). Data tersebut digunakan untuk menghitung nilai hambatan (R), faktor geometri (K), dan hambatan jenis semu (ρa). Loke (1999) nilai geometri konfigurasi *Schlumberger* dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$K = \pi n(n+1)a \tag{1}$$

K = faktor geometri
π = konstanta
n = kelipatan jarak elektroda
a = jarak elektroda
na = jarak x kelipatan jarak elekroda

sedangkan hambatan (R) dihitung dengan menggunakan rumus:

$$R = \frac{V}{I} \tag{2}$$

R = hambatan (ohm)
V = tegangan (volt)
I = arus (ampere)

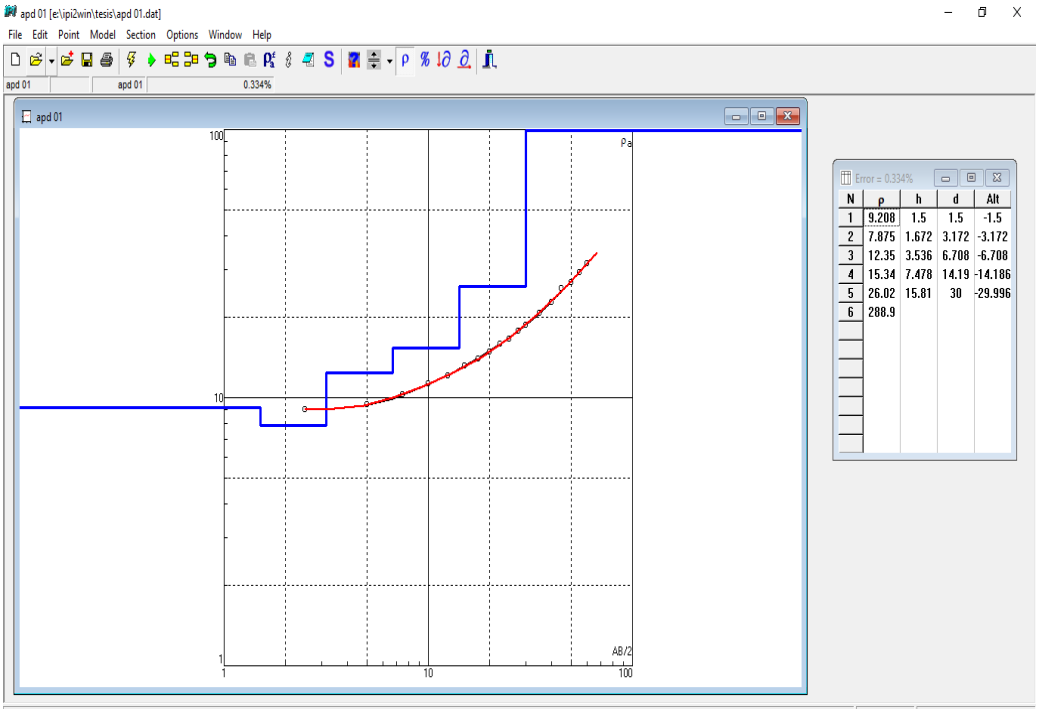
Sehingga nilai hambatan jenis semu di tiap kedalaman pengukuran (AB/2) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\rho a = K.R \tag{3}$$

dengan ρa adalah hambatan jenis semu (Ohmmeter) (Bisri M 2012).

2.3. Interpretasi Data

Hasil perhitungan data primer kemudian diolah untuk mendapatkan kurva resistivitas semu dengan kedalaman lapisan. Tujuan interpretasi data adalah untuk mengolah data geolistrik baik secara analitik maupun numerik sehingga dapat diketahui hambatan jenis yang sesungguhnya. Pada penelitian ini pengolahan data menggunakan bantuan aplikasi IPI2WIN dan *Rockwork* 16. Hasil akhir dari aplikasi IPI2WIN berupa kurva resistivitas vs jarak elektroda arus dan legenda yang berisi keterangan nilai resistivitas (ρ) dan kedalaman masing – masing lapisan. Contoh hasil akhir dari pengolahan menggunakan aplikasi IPI2WIN dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan hasil akhir pengolahan data menggunakan program IPI2WIN.

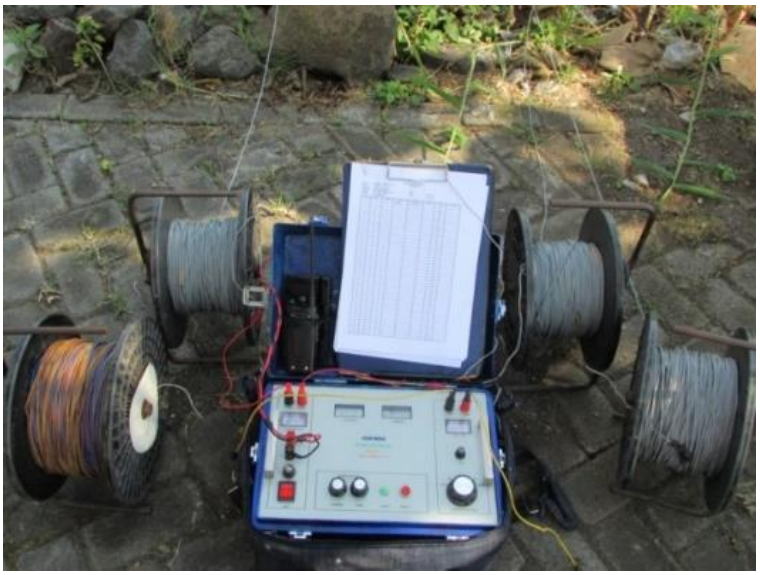
Tabel 1. Kisaran jenis batuan dan nilai resistivitasnya (Vebrianto S. 2016)

Material	Resistivity (Ohm meter)
Sedimentary Rock	
Lavas	$10^2 – 5 .10^4$
Dolomite	10^2 - 10^4
Limestone	$50 – 10^7$
Sandstone	$1 – 10^8$
Shale	10 - 10^3
Tuffs	$2 .10^1 – 2 .10^2$
Unconsolidated Sediment	
Sand	$1 – 10^3$
Clay	1 - 10^2
Marl	1 - 10^2
Groundwater	
Supersaline brine	0.5 – 0.2
Sea water	0.2
Brackish water	0.2 – 1
Portable well water	$0.1 – 10^3$

Gambar 2 merupakan hasil akhir pengolahan data geolistrik dengan program IPI2WIN yang berisi informasi nilai resistivitas dalam satuan ohmmeter (ρ), kedalaman tiap lapisan dalam satuan meter (d), dan tebal tiap lapisan dalam satuan meter. Data olahan tersebut kemudian dapat diinterpretasi menjadi jenis batuan dengan menggunakan bantuan tabel batuan dan nilai resistivitasnya.

Kisaran nilai resistivitas tiap jenis batuan pada Tabel 1, sangat membantu peneliti melakukan proses interpretasi data geolistrik dari log resistivitas menjadi log litologi. Penampang litologi batuan divisualisasikan dengan menggunakan program komputer *Rockwork* 16, sedangkan sebaran lapisan akuifer dipetakan menggunakan program komputer sistem informasi geografis.

2.4. Peralatan dan Bahan



Gambar 3. Alat *resistivity meter* dan pendukungnya

Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan antara lain: 1 unit *resistivity meter* merek Kentada RM 103, 1 unit *Global positioning system* merek Garmin E-trex 10, 3 unit *Handy talkie* merek SPC, 1 unit accu 12 Volt merek GS, 2 buah elektroda arus dari bahan *stainles steel*, 2 buah elektroda potensial dari bahan *stainles steel*, 4 buah kabel rol dengan panjang masing–masing 200 meter, 1 buah rol meter dengan panjang 100 meter, 4 buah palu, 1 unit kamera digital merek Canon Powershot SX 400 IS, dan peralatan tulis untuk mencatat data pengukuran.

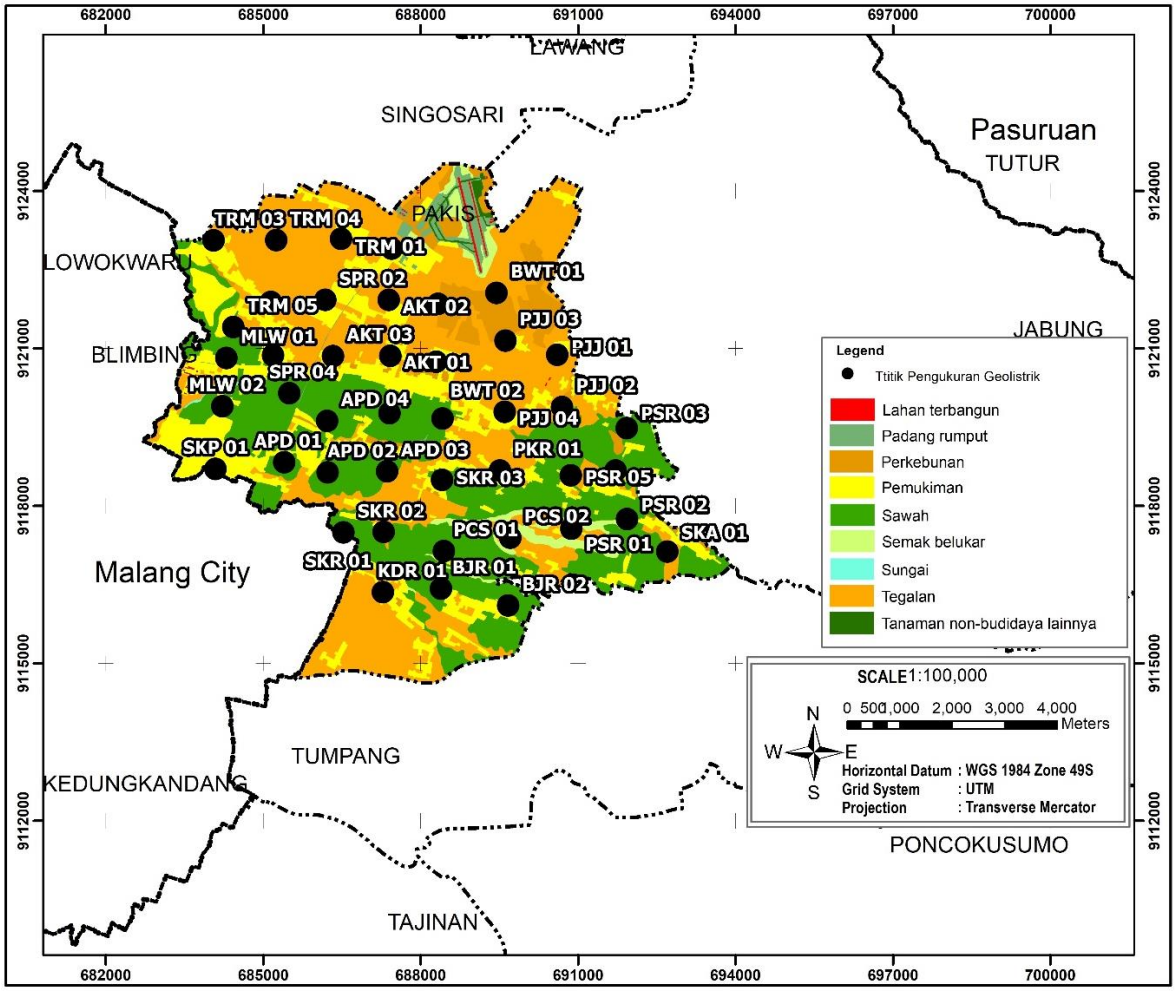
2.5. Titik Pengukuran

Pengambilan data primer melingkupi seluruh wilayah penelitian dengan mempertimbangkan lokasi dengan luas sampling. Penentuan jumlah titik pengukuran menggunakan metode *Systematic Grid Sampling*, metode ini sesuai dengan pola sebaran spasial yang memudahkan dalam pembuatan peta dari titik menjadi area. Sebaran titik–titik pengukuran geolistrik dapat dilihat pada Gambar 4.

Menggunakan program komputer *Google Earth Pro* dan SIG, titik pengukuran disusun dengan jarak antar titik kurang lebih 1 km sehingga total pengukuran sebanyak 43 titik. Sebaran titik–titik pengukuran geolistrik juga meliputi area pertanian, permukiman dan industri di wilayah Kecamatan Pakis.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil akuisisi data menggunakan metode VES dengan konfigurasi geolistrik pada pengukuran geolistrik di wilayah Kecamatan Pakis berupa nilai resistivitas tiap lapisan hingga kedalaman 50 meter. Nilai resistivitas di masing – masing titik pengukuran ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 4. Sebaran titik pengukuran geolistrik

Tabel 2. Nilai resistivitas tiap lapisan di titik – titik pengukuran

NO	Kode Titik	Nilai Resistivitas (Ωm)				
		0 - 1,5 m	1,5 - 3,83 m	3,83 - 9,79 m	9,79 - 25 m	25 - 50 m
1	SKA 01	69,19	13,24	33,44	13,08	76,73
2	PCS 01	58,5	4,66	43,5	8,92	3580
3	PCS 02	10,76	15,03	23,56	20,78	61,56
4	BJR 01	41,28	16,59	14,78	23,43	88,78
5	BJR 02	28,33	10,92	16,56	28,43	37,73
6	KDR 01	20,98	19,75	16,95	25,1	171,4
7	PSR 01	15,3	16,5	36,1	12,1	291
8	PSR 02	14,33	18,42	20,18	26,05	36,61
9	PSR 03	15,55	8,272	22,64	12,97	200,8
10	PSR 04	10,72	20,22	16,19	19,04	44,03
11	PSR 05	19,8	11,01	18,61	16,64	64,64

NO	Kode Titik	Nilai Resistivitas (Ωm)				
		0 - 1,5 m	1,5 - 3,83 m	3,83 - 9,79 m	9,79 - 25 m	25 - 50 m
12	SKR 01	14,59	13,85	33,11	30,93	72,77
13	SKR 02	7,93	16	9,75	21	78,5
14	SKR 03	18,5	14,5	15,3	22,3	47,7
15	PKR 01	23,4	31,4	24,1	16,2	46,1
16	PKR 02	7,66	18,53	13,5	21,61	126,6
17	PJJ 01	28,22	9,449	31,46	14,59	1407
18	PJJ 02	35,5	26,7	26,1	16,9	361
19	PJJ 03	9,63	14,6	12,4	20,5	4031
20	PJJ 04	38,61	8,008	27,3	16,91	972,3
21	BWT 01	13,9	6,69	34,5	34,6	6995
22	BWT 02	7,37	69,9	7,02	912	8344
23	BWT 03	9,58	16	10,4	68,7	977
24	BWT 04	17,4	8,46	17,6	37,5	248
25	AKT 01	16,4	9,05	27,9	20,3	3320
26	AKT 02	20,33	28,83	9,396	74,28	2735
27	AKT 03	14,2	8,64	35,8	19,5	1665
28	SPR 01	9,84	5,5	427	25,7	1008
29	SPR 02	10,7	10	18,82	46,62	5624
30	SPR 03	9,234	15,89	13,54	23,74	2182
31	SPR 04	4,08	27,6	6,05	26,2	2699
32	TRM 01	18,9	8,63	18,9	39,4	6512
33	TRM 02	19	8,79	28,9	18,2	2787
34	TRM 03	18,3	10,7	14,7	63,9	6062
35	TRM 04	14	9,01	12,5	92,4	7191
36	TRM 05	26,76	10,26	26,33	123,3	207,9
37	MLW 01	20,6	7,98	13,5	9,964	2756
38	MLW 02	7,061	11,08	10,18	16,75	1338
39	SKP 01	6,93	11,1	7,09	30,82	82,1
40	APD 01	8,919	8,029	13,79	17,56	264,1
41	APD 02	7,471	14,23	8,697	24,01	27,35
42	APD 03	9,318	89,85	9,013	85,33	70,73
43	APD 04	9,881	9,466	13,37	19,26	201,6

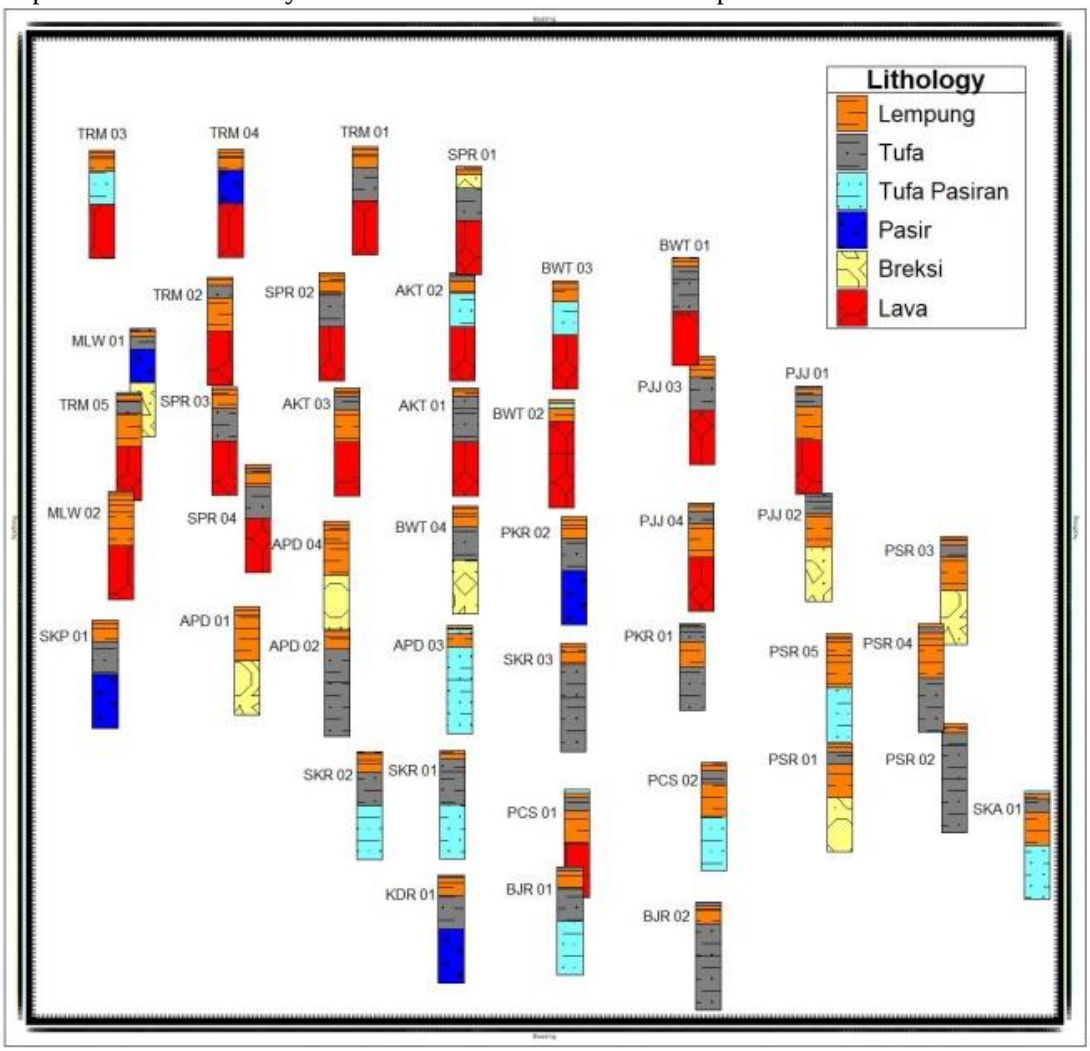
Ketebalan lapisan hingga kedalaman 50 meter terbagi menjadi 5 bagian yaitu kedalaman 0–1,5 m; 1,5–3,83 m; 3,83–9,79 m; 9,79–25 m; dan 25–50 m. Sebaran nilai resistivitas di tiap lapisan sangat beragam dari yang terendah sebesar 5,5 Ωm hingga yang tertinggi sebesar 8334 Ωm.

Langkah berikutnya adalah menginterpretasi nilai resistivitas tiap lapisan menjadi jenis batuan. Menggunakan peta geologi lembar Malang dan tabel resistivitas tiap batuan maka dapat ditentukan jenis batuan setiap lapisan kedalaman. Nilai resistivitas dan jenis batuan di lokasi penelitian sebagai berikut:

Tabel 3. Resistivitas dan jenis batuan di Kecamatan Pakis

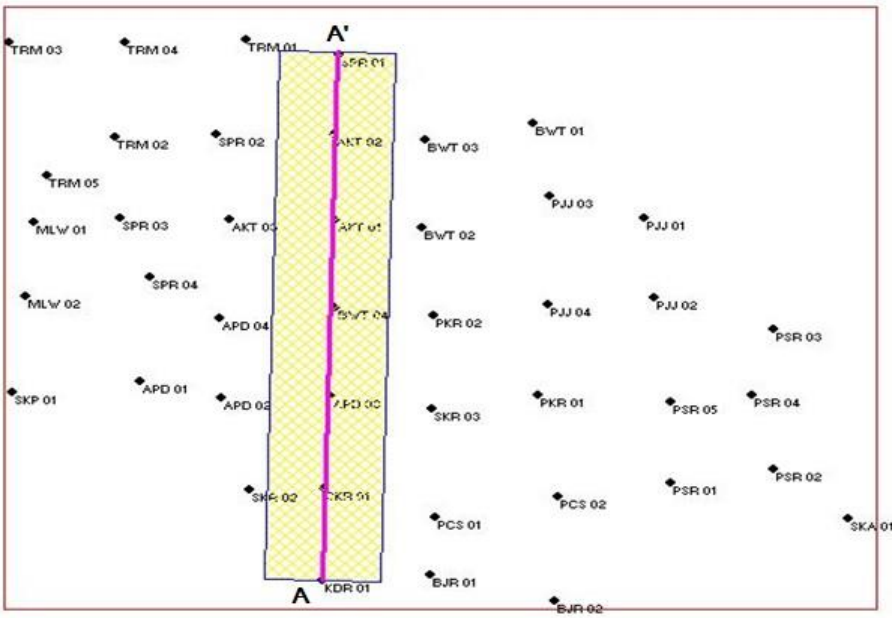
No	Jenis Batuan	Resistivitas (Ωm)
1	Lempung atau lempung	1 - 20
2	Tufa atau tufa vulkanik	> 20 - 100
3	Pasir atau pasir	> 100 - 200
4	Breksi	> 200 - 600
5	Lava	> 600 - 5 x10^4

Formasi tuff Malang (Qvtm) didominasi oleh lapisan batuan tufa gunung api mulai halus (lempung) hingga kasar (pasir–batuapung) dan terdapat batu breksi yang bersifat keras (Santoso & Suwarti 1992). Keberadaan lapisan lava dipengaruhi oleh formasi batuan daerah geologi sekitar yaitu formasi gunung api Buring (Qpvb) dan formasi gunung api Gendis (Qpvg) yang mengandung batuan lava. Lapisan batuan lava banyak diidentifikasi di sisi utara lokasi penelitian.



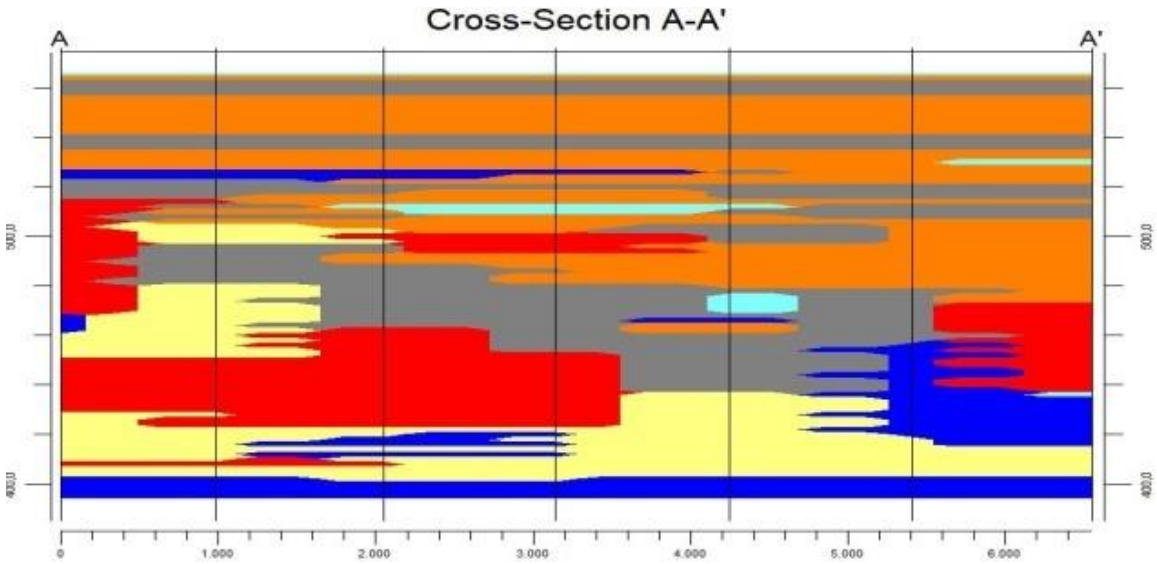
Gambar 5. Sebaran litologi batuan

Litologi log yang ditampilkan pada Gambar 5 menunjukkan bahwa sisi utara lokasi penelitian kecenderungan memiliki batuan lebih keras dibandingkan dengan sisi selatan. Batuan lava dan breksi mendominasi hingga kedalaman 50 meter. Memiliki sifat yang keras dan pejal menjadikan lapisan batuan ini bersifat akuifug. Di sisi selatan lokasi penelitian lapisan batuan didominasi oleh tufa hingga pasiran yang merupakan lapisan batuan, mampu menyimpan air dan mengalirkanya dalam jumlah terbatas. Gambar 6 menunjukkan perbedaan dan sebaran litologi batuan yang dapat dilihat dari potongan melintang.



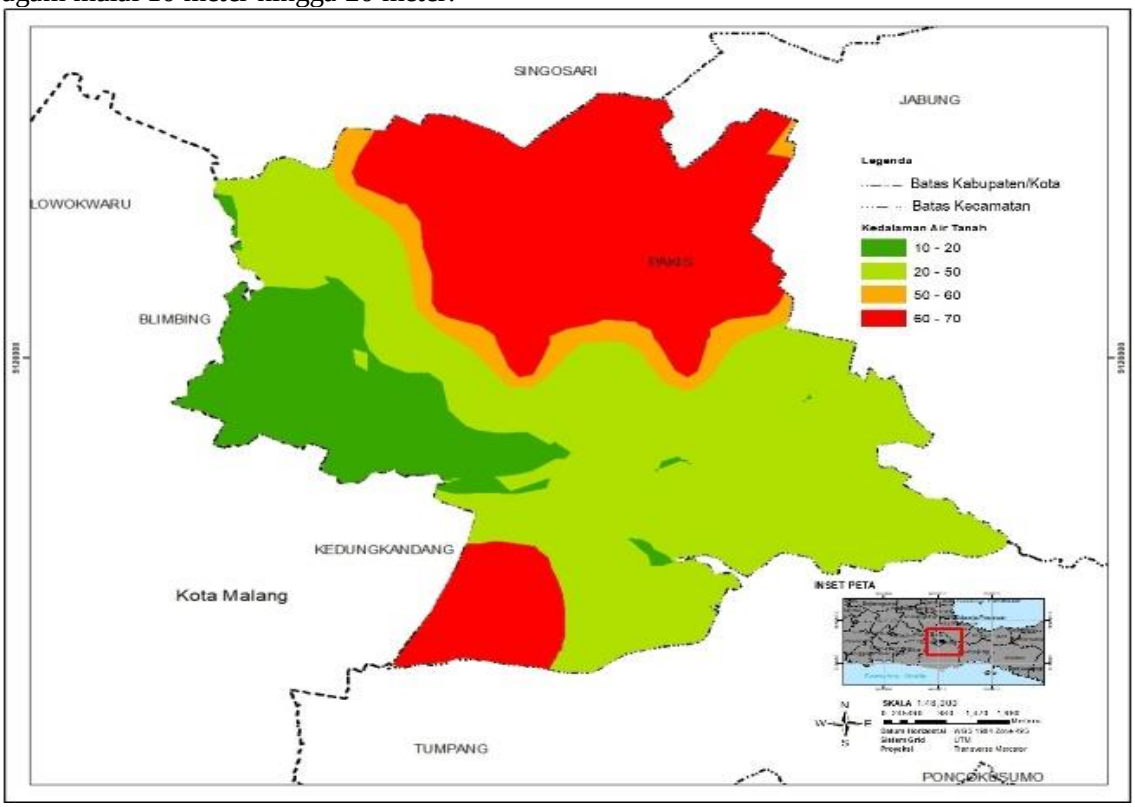
Gambar 6. Potongan melintang litologi batuan dari arah selatan ke arah utara

Gambar potong A-A' pada Gambar 6, dibuat dengan menggabung titik geolistrik KDR 01, SKR 01, APD 03, BWT 04, AKT 02, AKT 01, dan SPR 01, dari arah selatan ke arah utara lokasi penelitian. Pengambilan titik-titik geolistrik sebagai potongan melintang didasarkan oleh banyaknya titik dalam 1 (satu) lintasan lurus dan letak titik yang dapat mewakili perbedaan litologi yang terdapat di lokasi penelitian.



Gambar 7. Potongan melintang litologi batuan dari arah utara ke arah selatan

Batuan breksi – lava digambarkan dengan warna kuning dan merah pada Gambar 7, mendominasi dan melapis secara menerus di sisi utara. Lokasi ini identik dengan daerah kering atau tidak ditemukan air tanah dangkal. Air tanah ditemukan di kedalaman lebih dari 60 meter berupa sumur bor dalam. Sisi selatan lokasi penelitian lebih didominasi warna abu–abu dan biru yang merupakan lapisan tufa dan pasiran. Lapisan tersebut merupakan jenis batuan yang baik untuk menyimpan dan mengalirkan air tanah sehingga di sekitar area ini banyak ditemukan sumur–sumur dangkal milik warga, dengan lapisan tufa pasiran sebagai lapisan akuifernya. Kedalaman sumur dangkal sangat beragam mulai 10 meter hingga 20 meter.



Gambar 8. Sebaran kedalaman air tanah di wilayah Kecamatan Pakis

Hasil analisis data geolistrik terhadap potensi air tanah kemudian divalidasi dengan melakukan observasi dan pengukuran kedalaman sumur sehingga diperoleh sebaran kedalaman sumur pada Gambar 8. Zona merah atau wilayah tidak ditemukan sumur dangkal, berada di sisi utara dan sebagian kecil sisi selatan meliputi wilayah Desa Pakis Jajar, Bunut Wetan, Asrikaton, Saptorenggo, Tirtomoyo dan sebagian Desa Kedungrejo. Sumur yang ditemukan berupa sumur dalam dengan kedalaman >60 meter. Zona hijau atau wilayah yang banyak ditemukan sumur dangkal dengan kedalaman 10–50 meter meliputi Desa Mangliawan, Sekarpuro, Ampeldento, Sumberkradenan, Sumberejo, Pucangsongo, Sukoanyar, Sumberpasir, dan Pakis Kembar.

Perbedaan hasil penelitian dengan keterangan pada peta hidrogeologi terkait keberadaan air tanah dangkal terjadi secara khusus di sisi utara yaitu meliputi desa Pakis Jajar, Asrikaton, Saptorenggo, Bunut Wetan dan Tirtomoyo. Hal ini dapat disebabkan oleh skala yang ditampilkan di peta hidrogeologi lembar Kediri terlalu besar yaitu 1 : 250.000, sehingga gambaran pada peta tersebut tidak fokus pada suatu daerah tertentu.

Pemanfaatan air tanah dangkal untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat di Kecamatan Pakis Kabupaten Malang dapat dilakukan di sebagian wilayah khususnya di bagian timur dan selatan dengan membuat sumur–sumur dangkal. Sedangkan untuk wilayah di bagian utara dengan kedalaman air tanah >60 meter, perlu dibuat sumur bor dalam komunal atau jaringan pipa air PDAM untuk menghindari terjadinya kekurangan air bersih.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa litologi batuan di lokasi penelitian didominasi oleh batuan gunung api yang terdiri dari lapisan lempung, tufa, pasir, breksi dan lava. Lapisan tufa hingga pasir menjadi lapisan akuifer yang baik dan tersebar di sisi selatan lokasi penelitian, sehingga banyak ditemukan sumur dangkal. Peta sebaran lapisan akuifer dangkal dapat menjadi rujukan dalam pemanfaatan air tanah dangkal di wilayah Kecamatan Pakis saat ini maupun di masa yang akan datang.

Ucapan terima kasih

Rasa terima kasih kepada Pemerintah Daerah Kecamatan Pakis Kabupaten Malang, Kepala Laboratorium Tanah dan Airtanah Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya, dan tim GΩLD surveyor yang telah memberikan bantuan dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

Ahmad N. Faris, Daeng A. Suaidi, Sutrisno, Muhammad F.R. Hasan, Agung B. Broto. 2019. "Identifikasi Sebaran Akuifer dengan Metode Geolistrik Resistivitas Schlumberger di Desa Gedangan, Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang". *Jurnal Natural B*, Vol. 5, No. 1, 28-34.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang. 2018. *Kecamatan Pakis Dalam Angka 2018.* Malang.

Bisri, M. 2012. *Air tanah; Studi Tentang Pendugaan Air Tanah , Sumur Air Tanah,Dan Upaya Dalam Konservasi Air Tanah*. Malang: UB Press.

Candra Samekto dan Ewin Sofian Winata. 2016. "Potensi Sumber Daya Air di Indonesia"*; seminar nasional: Aplikasi Teknologi Penyediaan Air Bersih untuk Kabupaten/Kota di Indonesia*. Pusat Teknologi Lingkungan – BPPT, Jakarta.

J.P.R Sorensen, D.J. Lapworth, D.C.W. Nkhuwa, M.E. Stuart, D.C. Goody, R.A. Bell, M.. Chirwa, J. Kabika, M. Liemisa, M. Chibesa, S. Pedly. 2015. "Emerging Contanminants in Urban Groundwater Sources in Africa". *Water Research* 72: 51-63.

Loke, M.H. 1999. *Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies, A practical guide to 2-D and 3-D surveys*.

Missi A, Gumindoga W, Hoko Z. 2018. "An assessment of Groundwater Potential and Vulnerability in the Upper Manyame Sub-Catchment of Zimbabwe". *In Physics and Chemistry of the Earth*. 105: 72-83.

Morris. B.L, Lawrence. A.R.L, Chilton. P.J.C., Adams. B, Calow. R.C, Klinck. B.A. 2003. *Groundwater and its Susceptibility to Degradation: a Global Assessment of the Problem and Options for Management*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.

R. Soekardi Poespowardoyo. 1984. *Peta hidrogeologi indonesia, lembar x kediri skala 1: 250.000*. Bandung: Direktorat Geologi Tata Lingkungan.

S. Santoso dan T. Suwarti. 1992. *Peta Geologi Lembar Malang, Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Sugito, Hartono, Z. Irayani, dan R.F. Abdullatif. 2019. "Eksplorasi Potensi Akuifer Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas di Desa Plana Kec. Somagede Kab. Banyumas". *Dalam seminar nasional: Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan IX*, Prosiding; 12 – 22.

Sunaryo, Marsudi. S dan Anggoro. S. 2018. "Identification of Sea Water Intrusion at The Coast of Amal, Binalatung, Tarakan by Means of Geoelectrical Resistivity Data*". Disaster Advance*. 11 (6), 23 – 29.

Vania Rossa dan Firsta Nodia. 2018. "Ada 33,4 juta penduduk indoensia kekurangan air bersih", https://www.suara.com/health/2018/11/23/162639/ada-334-juta-penduduk-indonesia-kekurangan-air-bersih (diakses 3 maret 2021).

Vebrianto, S. 2016. *Eksplorasi Metode Geolistrik: Resistivitas, Polarisasi Terinduksi, dan Potensial Diri*. Malang: UB Press.

Walhi Jawa Timur. 2012. "Dampak Kekeringan: 13 Kecamatan di Malang Krisis Air". https://walhijatim.or.id/2012/09/dampak-kekeringan-13-kecamatan-di-malang-krisis-air/. (diakses 3 maret 2021).