

Investigasi kondisi airtanah dengan geolistrik: studi kasus endapan aluvial di Bengalon Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur Indonesia

(An investigation of groundwater condition by geoelectrical resistivity method: A case study in Bengalon, East Kutai, East Kalimantan Province Indonesia)

Shalah Dina Devy^{1*}, Ibnu Hasyim²

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Mulawarman, Kalimantan Timur

²Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur

*Korespondensi E-mail: shalaho.d2@gmail.com

Abstrak

Kecamatan Bengalon berlokasi di Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Bengalon masuk dalam cekungan airtanah Samarinda-Bontang. Berkembangnya daerah pertanian dan industri yang diikuti makin banyaknya daerah pemukiman menyebabkan peningkatan kebutuhan air baku pada daerah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi airtanah daerah aluvial dengan metode geolistrik resistivitas. Survei resistivitas menghasilkan litologi bawah permukaan, kondisi airtanah dangkal yang berupa kedalaman, ketebalan, dan jenis akuifer serta tipe kualitas airtanahnya. Terdapat 10 lokasi pengambilan data geolistrik dengan metode geolistrik 2D. Hasil penelitian diketahui bahwa mayoritas akuifer berupa endapan aluvial yang terdiri pasir dan lempung pasir. Resistivitas yang mengindikasikan airtanah, yaitu 1 – 4 Ω m, berada pada kedalaman 0 – 50 m dengan ketebalan bervariasi dari 10 – 20 m. Adanya intrusi air laut pada akuifer menyebabkan kualitas airtanah cenderung payau yang disebabkan berada di daerah rawa yang berbatasan langsung dengan pantai.

Kata kunci: airtanah, geolistrik, aluvial, bengalon

Abstract

Bengalon is located in East Kutai Regency, East Kalimantan Province. Bengalon is included in the Samarinda-Bontang groundwater basin. The development of agricultural and industrial areas, followed by an increase in residential areas, will cause an increase in the water demand. This study aims to determine the groundwater potential of alluvial areas using the resistivity geoelectric method. The resistivity survey resulted in subsurface lithology, shallow groundwater conditions in the form of depth, thickness, and location of the aquifer as well as the type of groundwater quality. There are 10 locations for geoelectric data collection using the 2D geoelectric method. The results showed that the majority of the aquifers were alluvial deposits consisting of sand and sandy clay. The resistance indicating groundwater is 1 - 4 Ω m, at a depth of 10 – 50 m with a thickness varying from 10 – 20 m which has been dominated by sand. The presence of sea water intrusion in aquifers causes the quality of groundwater to tend to be brackish because the research location is in a swamp area bordering the coast.

Keywords: groundwater, geoelectric, alluvial, bengalon

1. Pendahuluan

Daerah penelitian didominasi endapan aluvium. Aluvium merupakan deposit material mayoritas terdiri dari lempung/tanah liat, pasir, dan kerikil. Kondisi ini menjadikan wilayah ini memiliki tanah yang tidak padat dan rentan terpengaruh apabila terjadi getaran bumi. Selain itu, wilayah ini merupakan daerah rawa-rawa dan dekat dengan pantai, yang dimungkinkan air laut akan mengintrusi masuk ke darat melalui lapisan akuifer (Fetter, 2001).

Geolistrik 2D merupakan metode geofisika yang menggunakan parameter kelistrikan, yaitu nilai resistivitas tanah, yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran perlapisan batuan bawah permukaan dengan menempatkan

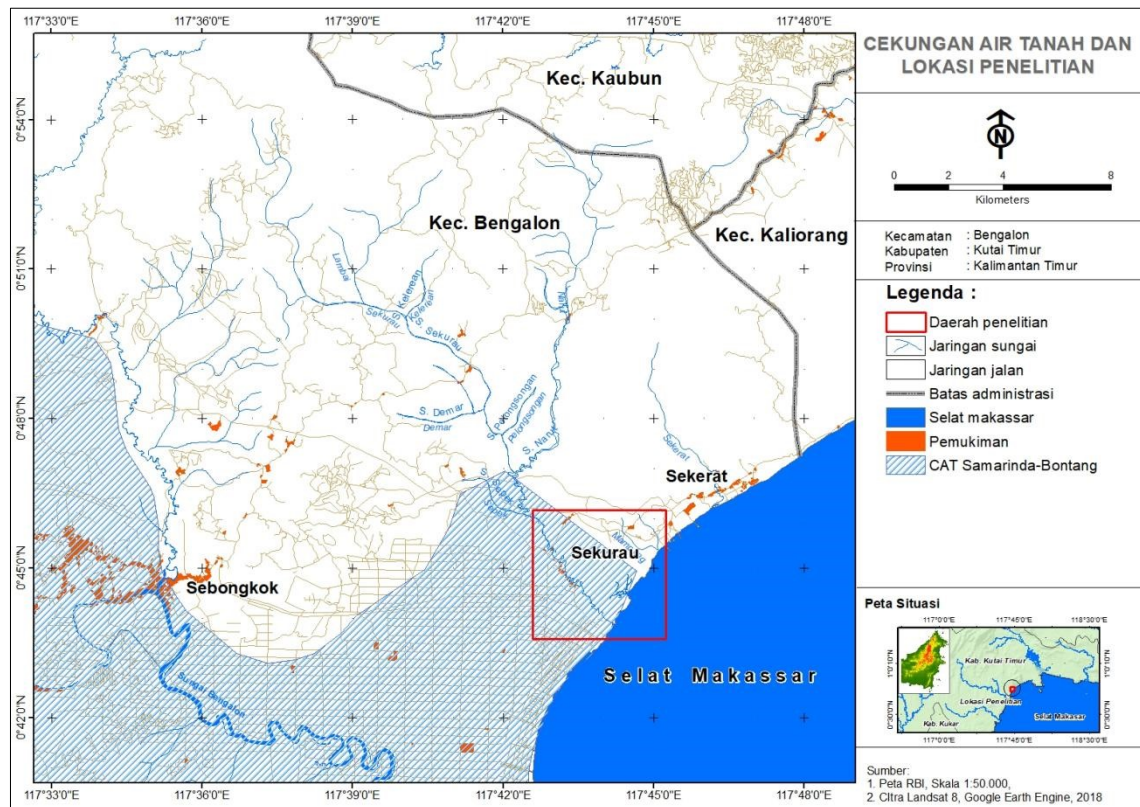
elektroda di atas permukaan tanah (Devy & Sarungallo, 2018; Azhar & Handayani, 2004). Selain itu, metode ini juga dapat mengetahui penyebaran perlapisan batuan/material secara kualitatif dan dua dimensi, serta memprediksikan sebaran airtanahnya (Santoso, 2016; Mohammad dkk., 2016).

Parameter terukur dari pengukuran ini adalah beda potensial (V) dan arus listrik (I) (Telford et al., 1990). Adapun variabel dalam pengukuran ini adalah jarak elektroda terhadap titik ukur. Dengan informasi nilai beda potensial, arus listrik dan posisi elektroda, serta melalui pengolahan *forward* dan inversi akan didapatkan perlapisan resistivitas. Selanjutnya perlapisan resistivitas ini diinterpretasikan sebagai perlapisan batuan.

2. Metode

Penelitian berlokasi di Desa Sekurau, Kecamatan Bengalon, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Kecamatan Bengalon mempunyai jarak ± 250 km dari ibu kota provinsi Kalimantan Timur, yaitu Samarinda, yang ditempuh ± 10 jam perjalanan

melewati darat ke arah utara. Sedangkan jarak lokasi penelitian dengan Kecamatan Bengalon ± 20 Km. Selain itu, daerah penelitian termasuk dalam Cekungan Air Tanah Samarinda-Bontang. Deskripsi lokasi dan Cekungan Air Tanah (CAT) daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Tahapan penelitian awal diawali dengan studi literatur yang diperoleh dari jurnal, buku teks, laporan-laporan penelitian terdahulu yang relevan. Selanjutnya, observasi lapangan yang diharapkan dapat mengetahui secara detail lokasi penelitian, seperti topografi, geomorfologi dan pemanfaatan lahan.

Data-data yang menjadi penentu penelitian ini, yaitu data primer dan data sekunder. Kedua data ini saling terkait satu dengan yang lain, sehingga dapat menghasilkan analisis data yang sesuai dengan kondisi lapangan dengan pendekatan kuantitatif.

1. Data Sekunder.

- Data peta topografi. Data ini bersumber dari situs *Online* yang berupa peta DEMNAS. DEMNAS atau *Digital Elevation Model* yang dikhususkan untuk wilayah Indonesia. Situs yang menyediakan data ini adalah <http://tides.big.go.id/DEMNAS/>

2. Data Primer

- Data pengukuran lapangan litologi bawah permukaan dengan metode geolistrik 2D. penelitian ini menggunakan 10 lintasan dengan Panjang lintasan 475 – 500 meter, spasi elektroda 10 meter, dan penetrasi kedalam 90 meter. Adapun peralatan yang digunakan dalam

penerapan metode geolistrik 2D ini dapat dilihat pada Tabel 1.
Tabel 1. Peralatan penelitian

No	Peralatan	No	Peralatan
1	Resistivity meter Syscal Jr.	6	Multi Channel Switch Box
2	Rol kabel 12 buah (@ 100 meter)	7	Palu 4 buah
3	Elektroda (49 buah)	8	HT (<i>Handy Talky</i>) 4 buah
4	Meteran 2 buah	9	GPS (<i>Global Positioning System</i>)
5	Aki 12 volt	10	Toolkit

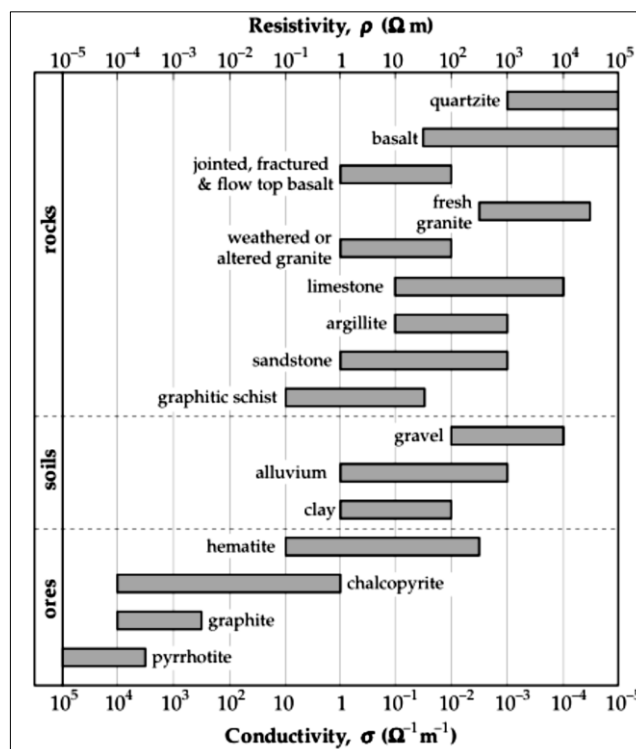
Geolistrik 2D merupakan metode geofisika yang menggunakan parameter kelistrikan untuk mendapatkan gambaran per lapisan batuan bawah permukaan. Metode penelitian ini didasarkan pada penempatan elektroda pada permukaan kemudian dialiri arus listrik sehingga akan mendapatkan beda potensial (V) dan arus listrik (I) pada setiap per lapisan batuan yang pada dasarnya memiliki resistivitas yang berbeda-beda (Grant & West, 1965; Koefoed, 1979).

Secara umum faktor yang mempengaruhi sifat kelistrikan batuan adalah konduksi elektrolitik, konduksi elektrolitik, dan konduksi dielektrik. Sifat kelistrikan adalah karakteristik batuan ketika dialirkan pada batuan tersebut.

Konduksi elektronik terjadi pada material yang memiliki banyak elektron bebas di dalamnya sehingga arus listrik dialirkan dalam material oleh elektron bebas. Selain itu, kimia airtanah, khususnya kation-anion utama, juga mempengaruhi dari kelistrikan material/batuan yang menjadi penentu kualitas airtanah (Wilopo dkk., 2020).

Konduksi elektrolitik banyak terjadi pada batuan atau mineral yang bersifat poros dan pada pori-pori tersebut terisi oleh larutan elektrolit sehingga memungkinkan arus listrik mengalir akibat dibawa oleh ion-ion larutan elektrolit. Konduktivitas dan resistivitas batuan pori bergantung pada volume dan susunan pori-porinya (Todd & Mays, 2005).

Tabel 2. Nilai resistivitas batuan dan mineral bumi (Lowrie, 2007)



Konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak, begitu pula sebaliknya. Konduksi dielektrik terjadi pada batuan yang bersifat dielektrik artinya batuan tersebut mempunyai elektron sedikit bahkan tidak ada sama sekali (Timotius

dkk., 2014). Namun, akibat adanya pengaruh medan listrik dari luar, maka elektron-elektron dalam atom batuan akan berpindah dan berkumpul terpisah dengan intinya, sehingga terjadi polarisasi. Berdasarkan nilai resistivitas listriknya, batuan dan mineral dapat

dikelompokkan menjadi tiga macam, yaitu; konduktor baik ($10^{-5} < \rho < 10^0 \Omega m$), konduktor pertengahan ($10^0 < \rho < 10^5 \Omega m$), isolator ($\rho > 10^5 \Omega m$) (Lowrie, 2007). Secara rinci, Tabel harga resistivitas material bumi dapat dilihat pada Tabel 2.

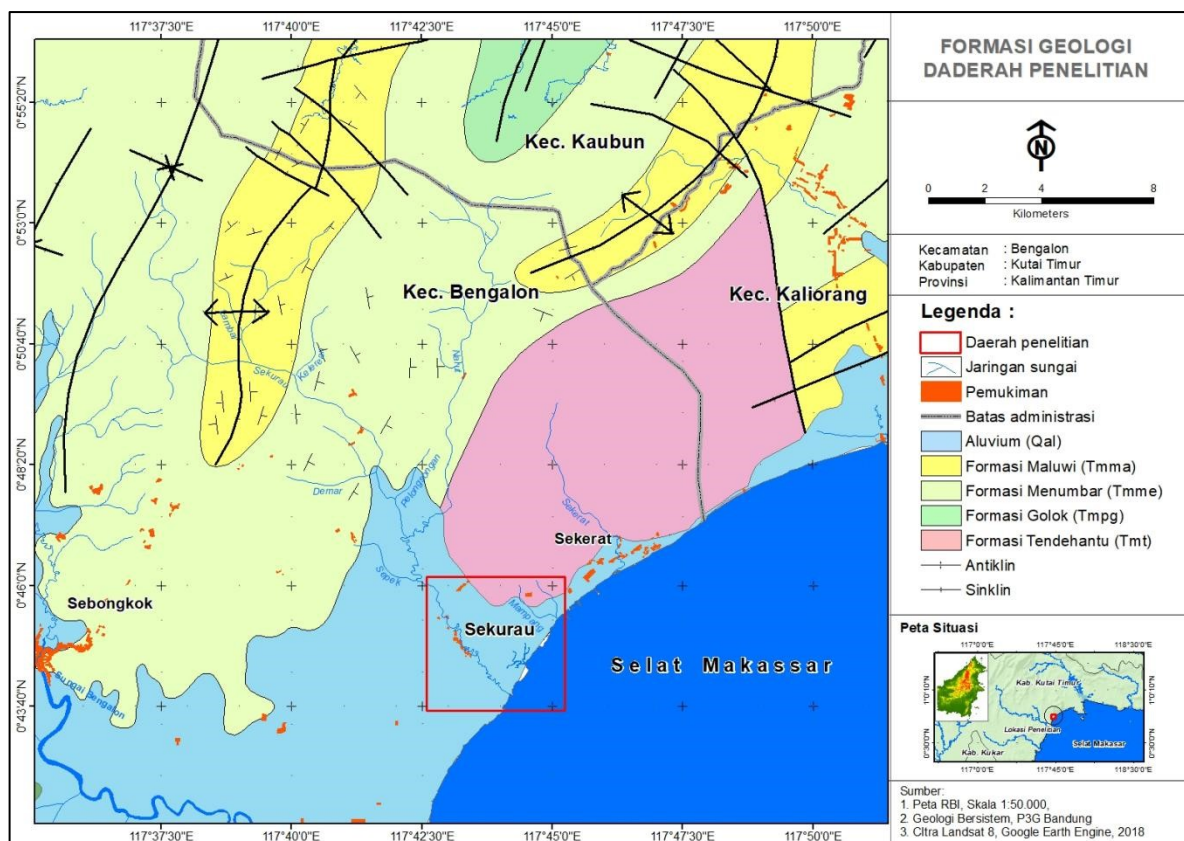
Tahap analisis merupakan tahapan setelah pengambilan data pengukuran di lapangan beserta data sekunder. Data yang diperoleh dari pengukuran kemudian diproses untuk mendapatkan nilai resistivitas semu dengan mengalikan nilai resistansi dengan faktor geometri. Proses ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak tabulasi. Selanjutnya, dengan perangkat lunak editing teks, data disusun sesuai perangkat lunak yang akan digunakan untuk mengolah, yaitu Res2dinv.

Data masukan resistivitas ini masih semu, sehingga perlu dilakukan inversi agar menjadi resistivitas sebenarnya (*true resistivity*) dengan cara membuat model penampang 2D berdasarkan parameter lapangan dan perhitungan. Selanjutnya, hasil parameter data lapangan dilakukan proses inversi untuk mendapatkan model penampang 2D hasil inversi.

Hasil inversi kemudian dilakukan proses pemodelan ke depan (*forward modeling*) untuk mendapatkan model penampang 2D hasil perhitungan. Penampang ini kemudian dilakukan pencocokan dengan hasil model penampang dari parameter lapangan untuk didapatkan akar kesalahan kuadrat rata-rata atau RMSE (*Root Mean Square Error*). Apabila RMSE masih tinggi maka dilakukan perhitungan kembali sampai mendapatkan nilai $< 10\%$. Sehingga, model yang didapatkan akan sesuai/mendekati dengan kondisi geologi dan keadaan sebenarnya di lapangan.

3. Hasil dan Pembahasan

Lokasi penelitian dan seluruh lintasan geolistrik secara geologi berada di Formasi Aluvium Deposit (Qa) yang mengandung litologi lempung, lanau, pasir, gravel dan material *unconsolidated* lainnya hasil erosi yang terendapkan. Secara detail, posisi daerah penelitian pada geologi regional dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta geologi regional daerah penelitian

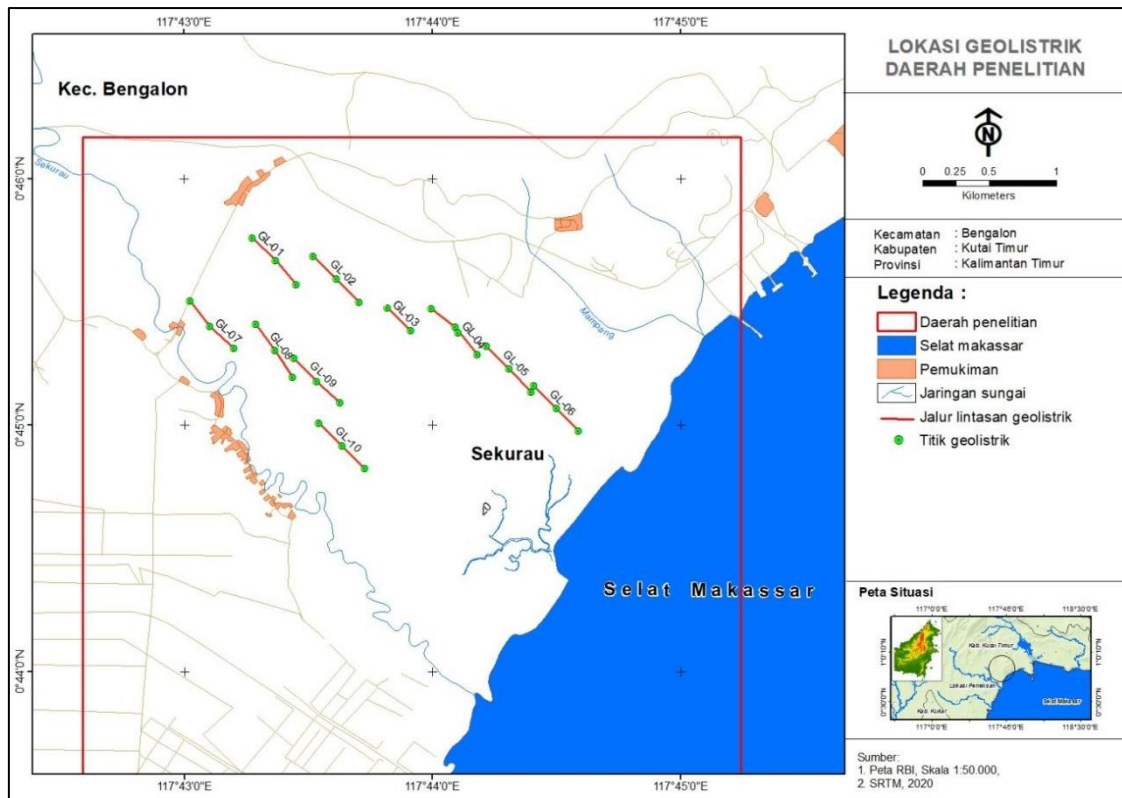
Berdasarkan peta geologi (Gambar 2) menunjukkan, daerah penelitian (kotak merah) masuk dalam dua formasi, yaitu Formasi Tendehantu (Tmt) dan Endapan Aluvium (Qa).

Formasi Tendehantu terdiri atas batugamping terumbu koral dan batugamping terumbu. Sementara itu, endapan Aluvium, yang menjadi mayoritas lokasi penelitian, meliputi endapan

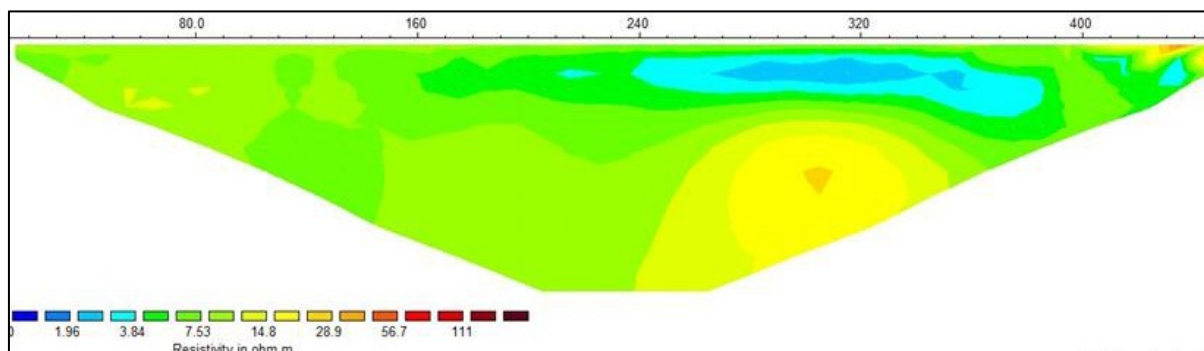
lempung, lanau, pasir, dan kerikil yang terbentuk akibat pengendapan sungai. Berdasarkan Gambar 3, menunjukkan lintasan daerah penelitian berada dekat dengan pantai sehingga endapan pantai juga ikut andil dalam pembentukan formasi di daerah ini.

Daerah pengukuran geolistrik 2D didominasi oleh rawa-rawa yang banyak tergenang air. Lempung dan lanau mendominasi permukaan daerah pengukuran karena berkaitan dengan

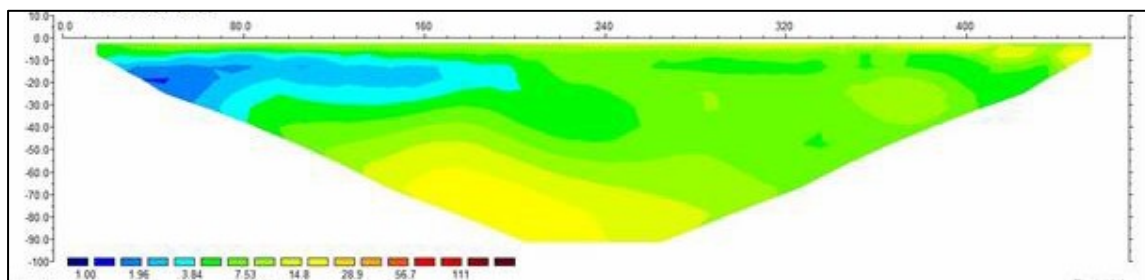
adanya daerah rawa. Beberapa daerah yang kering merupakan campuran dari pasir dan lempung. Adanya pasir menjadi jalan masuk air untuk meresap ke bawah permukaan tanah. Air akan berhenti di lapisan yang kedap air yaitu lapisan batuan yang lebih padat maupun lapisan lempung. Gambaran detail hasil pengukuran resistivitas di lapangan dapat dilihat pada Gambar 4 hingga 13.



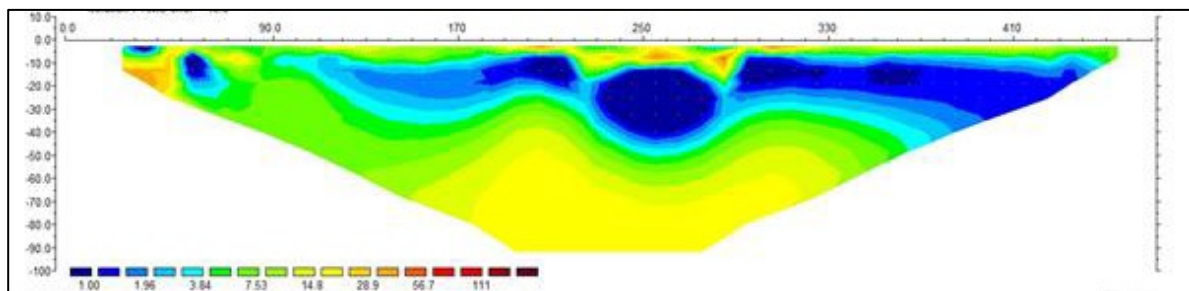
Gambar 3. Lokasi pengukuran geolistrik 2D



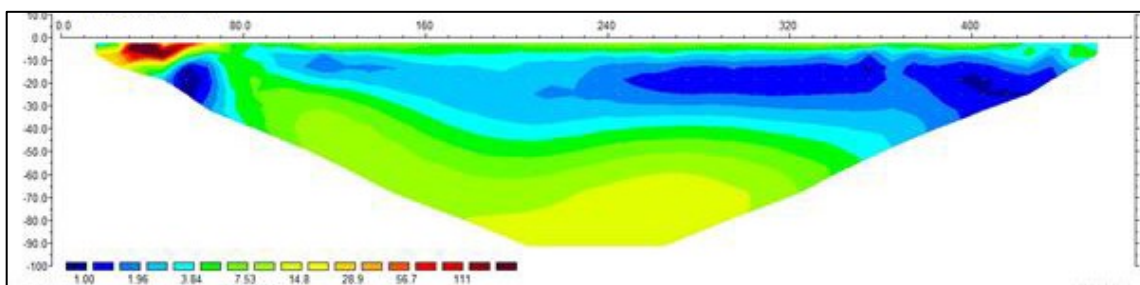
Gambar 4. Profil lintasan resistivitas GL-01



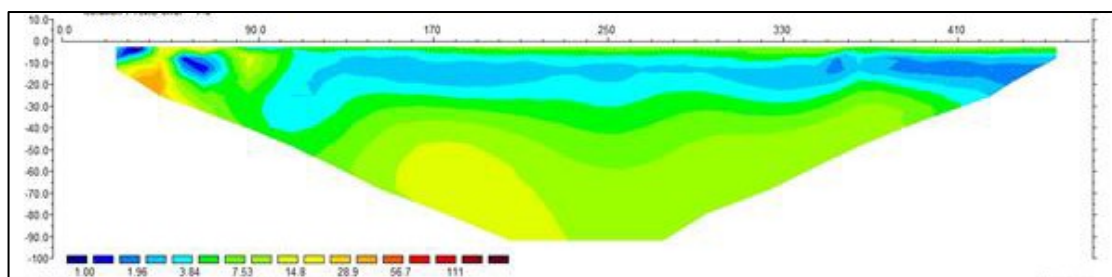
Gambar 5. Profil lintasan resistivitas GL-02



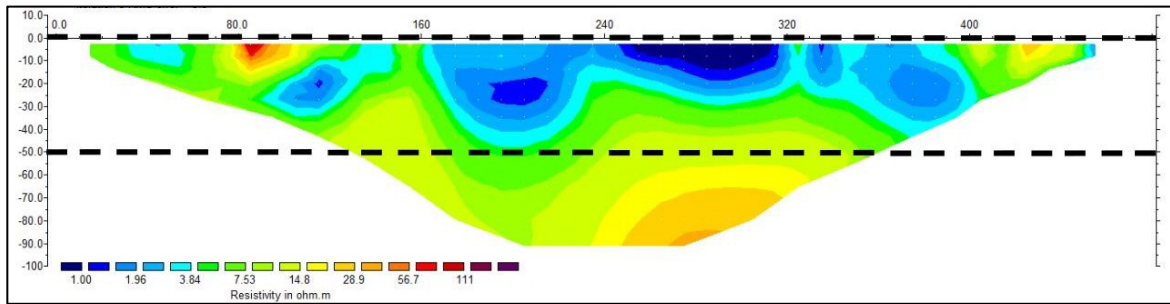
Gambar 6. Profil lintasan resistivitas GL-03



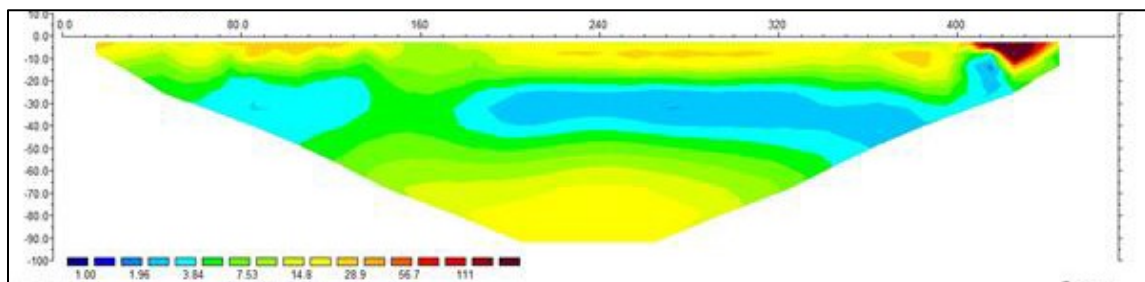
Gambar 7. Profil lintasan resistivitas GL-04



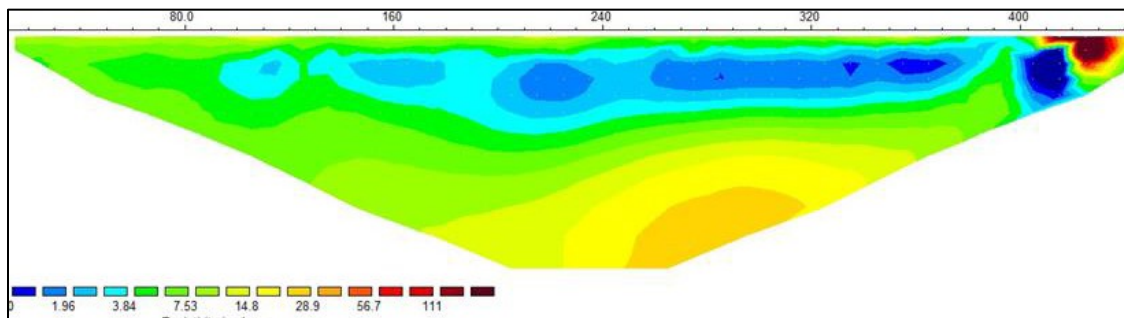
Gambar 8. Profil lintasan resistivitas GL-05



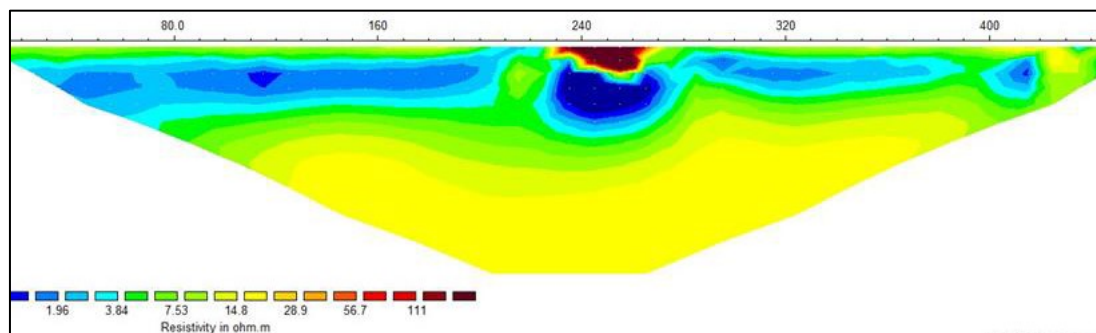
Gambar 9. Profil lintasan resistivitas GL-06



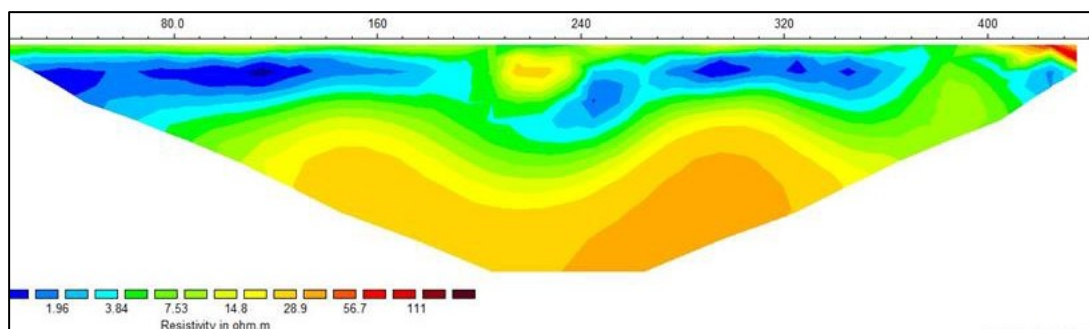
Gambar 10. Profil lintasan resistivitas GL-07



Gambar 11. Profil lintasan resistivitas GL-08



Gambar 12. Profil lintasan resistivitas GL-09



Gambar 13. Profil lintasan resistivitas GL-10

Tabel 2. Interpretasi data geolistrik

ID	Panjang Lintasan (m)	Kedalaman (m)	Resistivitas (Ω m)	Warna resistivitas	Material
GL-01	481,53	0 – 40	4 – 10	Hijau – hijau kekuningan	Lempung
		40 – 50	1 – 4	Biru	pasir
GL-02	484,92	0 – 10	1 – 4	Biru	Pasir
		10 – 40	4 – 10	Hijau – hijau kekuningan	Lempung
		50 – 65	> 15	Kuning	Batulempung
GL-03	482,56	2 – 30	1 – 4	Biru	Lempung pasiran
		30 – 40	4 – 10	Hijau – hijau kekuningan	Lempung
		40 – 50	> 15	Kuning	Batulempung
		2 – 40	1 – 4	Biru	Lempung pasiran
GL-04	486,73	40 – 50	4 – 10	Hijau hijau kekuningan	Lempung
		> 50	> 15	Kuning	Batulempung
		0 – 10	4 – 10	Hijau – hijau kekuningan	Lempung
GL-05	480,9	2 – 35	1 – 4	Biru	Lempung pasiran
		40 – 50	> 15	Kuning	Batulempung
		1 – 10	4 – 10	Hijau – hijau kekuningan	Lempung
GL-06	477,59	10 – 50	1 – 4	Biru	Lempung pasiran
		> 50	> 15	Kuning	Batulempung
		1 – 25 & 65 – 90	> 15	Kuning	Batulempung
GL-07	482,77	25 – 40	1 – 4	Biru	Pasir
		0 – 10 & 4 – 10	4 – 10	Hijau – hijau kekuningan	Lempung
GL-08	479,57	10 – 30	1 – 4	Biru	Lempung pasiran
		50 – 90	15 – 60	Kuning	Batulempung
		0 – 10 & 30 – 40	4 – 10	Hijau – hijau kekuningan	Lempung
GL-09	478,6	10 – 30	1 – 4	Biru	Lempung pasiran
		40 – 90	15 – 60	Kuning	Batulempung

ID	Panjang Lintasan (m)	Kedalaman (m)	Resistivitas (Ω m)	Warna resistivitas	Material
GL-10	481,59	0 – 10 & 30 – 50	4 – 10	Hijau – hijau kekuningan	Lempung
		10 – 30	1 – 4	Biru	Lempung pasiran
		50 – 90	15 – 60	Kuning	Batulempung

Tabel 2 merupakan rangkuman interpretasi dari gambar 4 - 13. Berdasarkan Tabel 2 dapat disimpulkan, lapisan dengan resistivitas rendah 1 – 4 Ω m dengan indikasi warna biru, diinterpretasikan sebagai pasir dan lempung pasiran tersaturasi air. Kedalaman lapisan ini bervariasi dari 0 hingga 50 meter dari permukaan. Selain itu, pengaruh lapisan pasir sebagai lapisan yang mempunyai porositas tinggi yang mampu menyerap dan menyimpan air dalam jumlah besar.

Terdapatnya lapisan lempung sebagai lapisan kedap dengan kedalaman 0 meter hingga 70 meter dengan indikasi nilai resistivitas 4 – 10 Ω m (warna hijau – hijau kekuningan). Lapisan lempung ini memiliki tekstur mineral kompak tidak tersaturasi air. Lapisan dengan nilai resistivitas >15 Ω m, kedalaman 25 hingga 70 dari permukaan dengan warna resistivitas kuning yang dominasi batulempung. Secara geologi, lapisan ini mempunyai porositas rendah hingga sangat rendah dan bersifat kedap (*impermeable*).

Hasil interpretasi dan analisis geolistrik 2D, bahwa lapisan akuifer (pasir-lempung pasiran), yang berfungsi sebagai lapisan pembawa air (akuifer), dibatasi dan tertutup oleh lapisan penyekat pada bagian atas dan bawah oleh batuan yang relatif bersifat kedap, yakni lapisan batulempung. Selain itu, terdapat batupasir, yang mayoritas berupa sisipan dan sangat kompak dan berumur tua, terbentuk akibat dari proses sedimentasi daerah aluvial menyebabkan lapisan batupasir ini kemungkinan kecil berfungsi sebagai akuifer potensial, sehingga jenis akuifer di daerah penelitian masuk dalam kategori akuifer semi tertekan (*semi confined aquifer*). Daerah penelitian yang berawa-rawa serta berdekatan dengan pantai dimungkinkan terjadinya intrusi air laut dalam tanah yang mengakibatkan airtanah mempunyai kualitas payau.

4. Kesimpulan

Hasil analisis lintasan pengukuran lintasan Geolistrik 2D daerah penelitian menunjukkan lapisan dengan nilai resistivitas rendah (1-4 Ω m) berwarna biru diinterpretasikan sebagai pasir dan lempung pasiran tersaturasi air, kedalamannya bervariasi dari 0 – 50 meter. Lapisan ini mempunyai porositas tinggi yang berfungsi sebagai akuifer. Sedangkan lapisan

batuan yang lebih padat terindikasi berada pada kedalaman 25 – 70 meter di bawah permukaan, ditunjukkan dengan nilai resistivitas lebih dari 15 Ω m berwarna kuning yang diinterpretasikan sebagai lapisan batulempung bertekstur mineral kompak tidak tersaturasi air. Lapisan ini secara geologi memiliki porositas rendah – sangat rendah dan bersifat *impermeable* atau kedap air. Sehingga disimpulkan jenis akuifer daerah penelitian dikategorikan sebagai akuifer semi tertekan (*semi confined aquifer*). Selain itu, dominasi rawa-rawa dan lokasi yang dekat pantai menyebabkan terjadinya intrusi air laut ke dalam akuifer yang menyebabkan airtanah payau.

Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada CV. Ivan Sakti yang sudah memberikan dukungan peralatan dan teknisi lapangan demi kelancaran penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Azhar, and Handayani, G., 2004. Application of Schumberger configuration geoelectric method for determination of coal type resistance. *Jurnal Natur Indonesia* 6 (2), 122-126.
- Devy, S. D., and Sarungallo, C., 2018. Groundwater aquifer study on coal mining area: a case of North Samarinda, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management* 6(1), 1483-1493.
- Fetter, C. W., 2001. *Applied Hydrogeology* 4th edition. Prantice-Hall, Inc. New Jersey, 621p.
- Grant, F. S., and West, G. F., 1965, *Interpretation theory in applied geophysics*. McGraw-Hill Book.
- Koefoed, O., 1979. Resistivity sounding on an earth model containing transition layers with linear change of resistivity with depth. *Geophysical Prospecting* 27(4), 862-868.
- Lowrie, W., 2007. *Fundamentals of geophysics*. Cambridge University Press.
- Mohammad, F., Mardiana, U., Yuniardi, Y., Firmansyah, Y. and Alfadli, M. K., 2016. Ground water potential based on rock resistivity value in Cangkorah Village, Kecamatan Batujajar, West Bandung Regency.

- Bulletin of Scientific Contribution 14(2), 141-152.
- Santoso, B., 2016. Penerapan Metode Geolistrik 2D untuk Identifikasi Amblas Tanah dan Longsoran di Jalan Tol Semarang – Solo KM 5+400 – KM 5+800. *Jurnal Spektra* 1(2): 179-186.
- Sukardi, N. Sikumbang, I. Umar, dan R. Sunaryo, 1995. Peta Geologi Bersistem Indonesia, Lembar Sangatta, Nomor 1916 Skala 1:250.000, 1995. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Telford, W. M., Gerald, L. P., and Sheriff, R. E., 1990. *Applied Geophysics*. Second Edition. Cambridge University Press.
- Timotius, Putra, Y. S., Lapanporo B. P., 2014. Identifikasi Keretakan Beton Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas. *Jurnal Prisma Fisika* 2(2), 92-99.
- Todd, D. K., and Mays, L. W., 2005. *Groundwater hydrology* edition. Welly Inte, 891pp.
- Wilopo, W., Putra, D. P. E., and Susatio. R., 2020, Aquifer distribution and groundwater geochemistry in Bojonegoro Sub-district, Bojonegoro District, East Java Province, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management* 7(4), 2327-2335.