

Monitoring Dinamika Fluida Menggunakan Metode Geolistrik Antarwaktu di Kawasan Mandalika, Pulau Lombok

Deska Yolantari¹, Suhayat Minardi^{1*}, Alfina Taurida Alaydrus¹

¹ Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62 Mataram Indonesia

* Corresponding author : suhayat.minardi@unram.ac.id

Received: Jan 25, 2023; Accepted: Jun 29, 2023.

DOI: <https://doi.org/10.31764/jpl.v4i1.13377>

Abstrak. Dinamika fluida akan mempengaruhi sifat fisis dari fluida yang ada di bawah permukaan. Apabila terjadi intrusi, maka resistivitas batuan bawah permukaan akan berkurang. Sebaliknya, apabila air mengalir dari darat ke laut pada musim penghujan, maka resistivitasnya akan semakin bertambah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui volume dinamika fluida dalam selang waktu 6 bulan di kawasan Mandalika, Pulau Lombok. Akuisisi data menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi dipole-dipole, sebanyak 37 lintasan. Pengukuran pertama dilakukan pada Maret 2022 dan pengukuran kedua dilakukan pada Agustus 2022 dengan volume total dari selang waktu 6 bulan yaitu $336.000.000 m^3$, perubahan resistivitas bernilai positif memiliki volume sebesar $86.980.000 m^3$, volume perubahan resistivitas bernilai negatif sebesar $22.700.000 m^3$, dan resistivitas bernilai konstan memiliki volume sebesar $276.600.000 m^3$.

Kata Kunci: *dinamika fluida, intrusi airlaut, perubahan resistivitas, volume*

Abstract. Fluid dynamics will affect the physical properties of the fluid beneath the surface. If an intrusion occurs, the resistivity of the subsurface rock will decrease. Conversely, if water flows from land to sea during the rainy season, the resistivity will increase. This study aims to determine the volume of fluid dynamics in an interval of 6 months in the Mandalika area, Lombok island. Data acquisition used the resistivity geoelectric method of dipole-dipole configuration, totaling 37 tracks. The first measurement was carried out on March 2022 and the second measurement was carried out on August 2022. With a total volume of 3 months that is $336,000,000 m^3$, a positive resistivity change has a volume of $86,980,000 m^3$, a negative resistivity change volume of $22,700,000 m^3$, and a constant resistivity has a volume of $276,600,000 m^3$.

Keywords: *fluid dynamics, resistivity changes, seawater intrusion, volume.*

1. Pendahuluan

Dinamika fluida akan mempengaruhi sifat fisis dari fluida yang ada di bawah permukaan tanah. Pada saat suatu akuifer di daratan telah mengalami kekosongan air yang cukup besar akibat tingginya pengambilan debit air tanah, maka suatu fluida asin (dari laut) akan menyusup mengisi lapisan-lapisan yang memiliki porositas tinggi. Terjadi kemungkinan bahwa air tanah tersebut akan bercampur dengan fluida asin yang masuk, hal ini disebut dengan intrusi (Oktonovrilna dan Putu, 2007).

Air tanah merupakan media yang dapat berubah dan meresap di setiap batuan yang dilewatinya. Air tanah mempunyai sifat melarutkan mineral yang terkandung di dalam batuan yang dilewatinya, kandungan mineral yang terkandung dalam suatu akuifer sangat dipengaruhi oleh air yang melewatinya (Misra dan Balaji, 2015).

Apabila terjadi intrusi, maka resistivitas batuan bawah permukaan tanah akan mengecil atau berkurang. Sebaliknya, apabila air mengalir dari darat ke laut pada musim penghujan, maka resistivitasnya akan semakin besar atau bertambah. Tercampurnya air tawar oleh air asin akan mengakibatkan terjadinya perubahan sifat fisis batuan penampungnya. Perubahan sifat tersebut

karena air asin mempunyai kadar kegaramanan atau salinitas yang relatif lebih tinggi dibandingkan air tawar (Ardianto, dkk. 2014).

Penelitian tentang dinamika fluida sudah dibahas oleh Abdullah, dkk (2017), Ardianto, dkk (2021) dan Naufal, dkk (2015) telah diperoleh hasil bahwa musim sangat mempengaruhi dinamika fluida bawah permukaan.

Fluida adalah segala jenis zat yang dapat mengalir dalam wujud gas maupun cairan. Fluida memiliki sifat tidak menolak terhadap perubahan bentuk dan kemampuan untuk mengalir (umumnya kemampuan untuk mengambil bentuk dari wadah mereka). Sifat ini dikarenakan sebuah fungsi dari ketidakmampuan fluida mengadakan tegangan geser dalam ekuilibrium statik (kemampuan untuk menjaga keseimbangan pada posisi tetap) (Young, 2001).

Metode geolistrik adalah metode yang digunakan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan dengan cara mempelajari sifat aliran listrik di dalam batuan di bawah permukaan bumi. Prinsip metode resistivitas adalah dengan mengalirkan arus listrik ke dalam bumi melalui kontak dua elektroda arus, kemudian diukur distribusi potensial yang dihasilkan (Murti, 2009).

Metode geolistrik resistivitas didasarkan pada anggapan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis. Dengan asumsi ini, nilai resistivitas yang terukur merupakan nilai yang sebenarnya dan tidak bergantung pada spasi elektroda. Namun pada kenyataannya bumi tersusun atas lapisan-lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Karenanya, nilai resistivitas yang diukur seolah-olah merupakan nilai resistivitas untuk satu lapisan saja. Resistivitas yang terukur sebenarnya adalah resistivitas semu (ρ_a) (Lowrie, 2007).

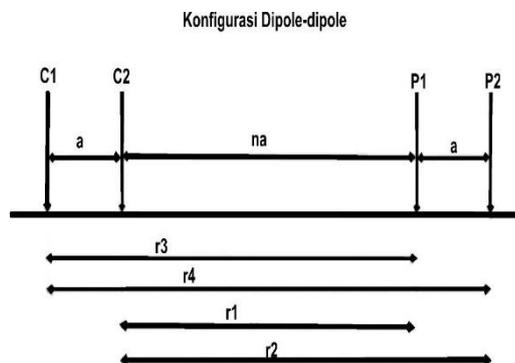
$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

dengan

$$K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1} \quad (2)$$

dimana ρ_a adalah resistivitas semu dan K adalah faktor geometri yang besarnya tergantung pada konfigurasi elektroda yang digunakan, ΔV adalah beda potensial, dan I adalah arus listrik (Syukri, 2020).

Metode geolistrik memiliki beberapa konfigurasi salah satunya adalah konfigurasi *dipole-dipole*. Konfigurasi *dipole-dipole* adalah salah satu jenis konfigurasi yang digunakan dalam metode geolistrik resistivitas (Rachmawati, dkk. 2018). Metode Geolistrik konfigurasi Dipole-dipole ini sering digunakan dalam survey-survei resistivitas karena rendahnya efek elektromagnetik yang ditimbulkan antara sirkuit arus dan potensial (Loke, 1999). Bentuk rangkain dan susunan elektroda konfigurasi dipole-dipole dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sketsa Konfigurasi *Dipole-Dipole* (Telford, dkk., 1990). C₁ dan C₂ adalah elektroda arus, sedangkan P₁ dan P₂ adalah elektroda Potensial

Faktor geometri konfigurasi *dipole-dipole* diperoleh dengan mesubstitusikan pers. (3) sampai pers. (6) ke dalam pers. (2).

$$r_1 = na \quad (3)$$

$$r_2 = na + a = a(n + 1) \quad (4)$$

$$r_3 = na + a = a(n + 1) \quad (5)$$

$$r_4 = na + 2a = a(n + 2) \quad (6)$$

sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

$$k = 2\pi \left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right]^{-1}$$

$$k = \frac{2\pi}{\frac{1}{na} - \frac{1}{a(n+1)} - \frac{1}{a(n+1)} + \frac{1}{a(n+2)}}$$

$$k = \frac{2\pi a}{\frac{1}{n} - \frac{2}{(n+1)} + \frac{1}{(n+2)} \left(\frac{1}{a} \right)}$$

$$k = \frac{2\pi a}{\frac{n^2 + 3n + 2 + n^2 + n - 2n^2 - 4n}{(n)(n+1)(n+2)}}$$

$$\rho_a = \pi a(n)(n+1)(n+2) \frac{\Delta V}{I} \quad (7)$$

Kegiatan monitoring dinamika fluida diperlukan pengukuran berulang atau antar waktu. Pengukuran antar waktu adalah pengukuran 2D dengan pengukuran berkali-kali, dengan waktu yang berbeda namun pada posisi yang tetap (Sholichin, 2018). Pengukuran dengan cara ini maka dapat diketahui selisih nilai tahanan jenis dari pengukuran pada waktu kedua (t_2) terhadap pengukuran pertama (t_1) (Abdullah, dkk., 2017).

Sifat suatu materi batuan yang menghambat aliran listrik yang melaluinya menjadi dasar pengukuran nilai resistivitas batuan. Faktor banyak atau sedikitnya kandungan air dalam tanah turut berpengaruh terhadap nilai resistivitas tanah. Semakin banyak kandungan air dalam suatu medium maka nilai resistivitasnya juga akan semakin kecil (Hendrajaya, 1990). Tabel 1 berikut menyajikan nilai resistivitas batuan yang dijumpai pada daerah penelitian.

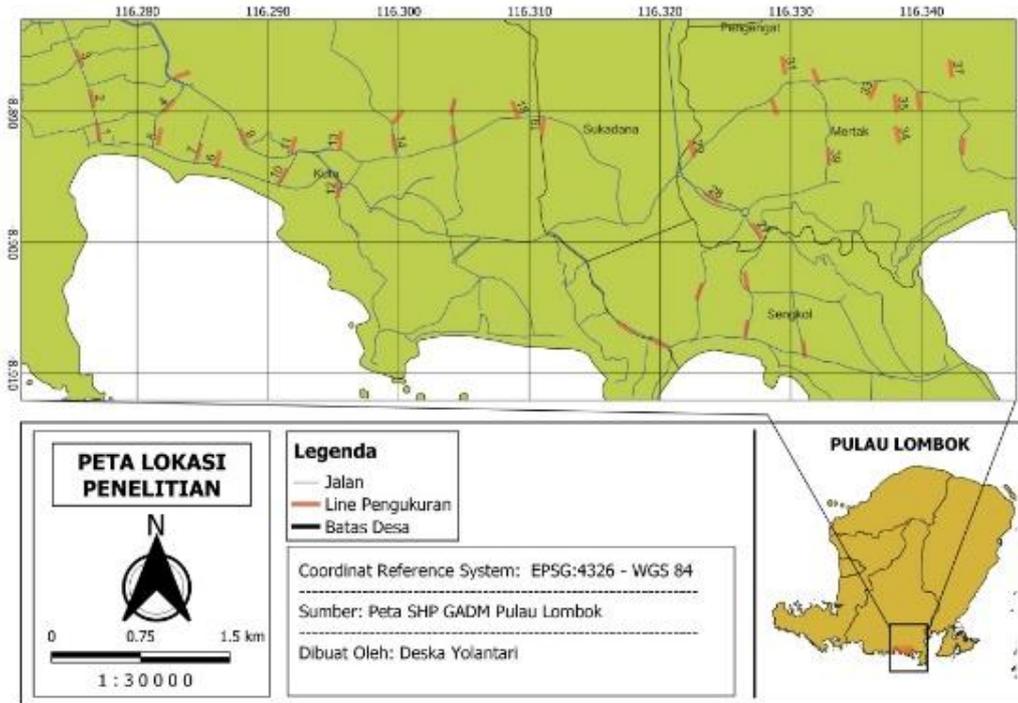
Tabel 1. Resistivitas Batuan dan Air (Alaydrus, dkk., 2021).

| No | Material | Resistivitas (Ωm) |
|-----------------------|------------|--------------------------------|
| Batuan Sedimen | | |
| 1 | Batu Pasir | 8 – 400 |
| 2 | Serpilh | 20 – 2000 |
| 3 | Batu Kapur | 50 – 400 |
| Tanah dan Air | | |
| 4 | Tanah Liat | 1 – 100 |
| 5 | Aluvium | 10 – 800 |
| 6 | Air Tanah | 10 – 100 |

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dari tahap studi pustaka dilanjutkan dengan survei awal yang bertujuan untuk mengetahui lokasi penelitian yang akan menjadi tempat penelitian serta menentukan posisi maupun panjang lintasan. Setelah itu dilakukan pengambilan data menggunakan satu set peralatan geolistrik. Data yang di dapat dari pengambilan data diolah menggunakan *software* Res2Dinv dan Rockwork 15.

Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan Februari 2022 hingga bulan Agustus 2022. Pengambilan data berlokasi di wilayah Selatan Kabupaten Lombok Tengah yang mencakup 4 Desa diantaranya Desa Kuta, Desa Sukadana, Desa Sengkol, dan Desa Mertak dengan lintasan seperti Gambar 3.

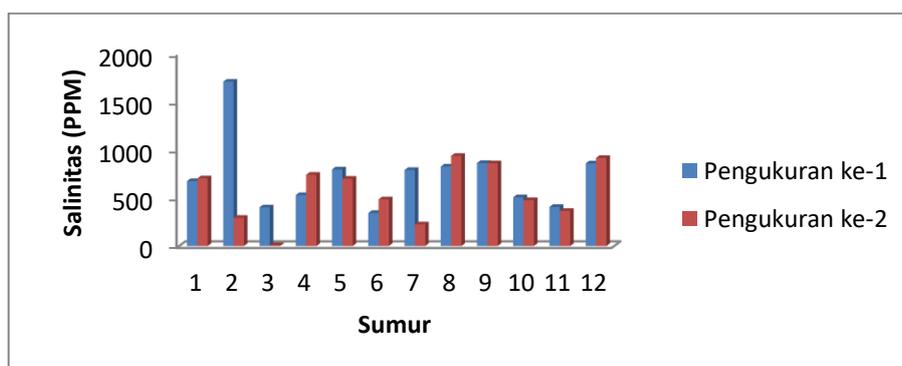


Gambar 2. Peta lokasi pengambilan data

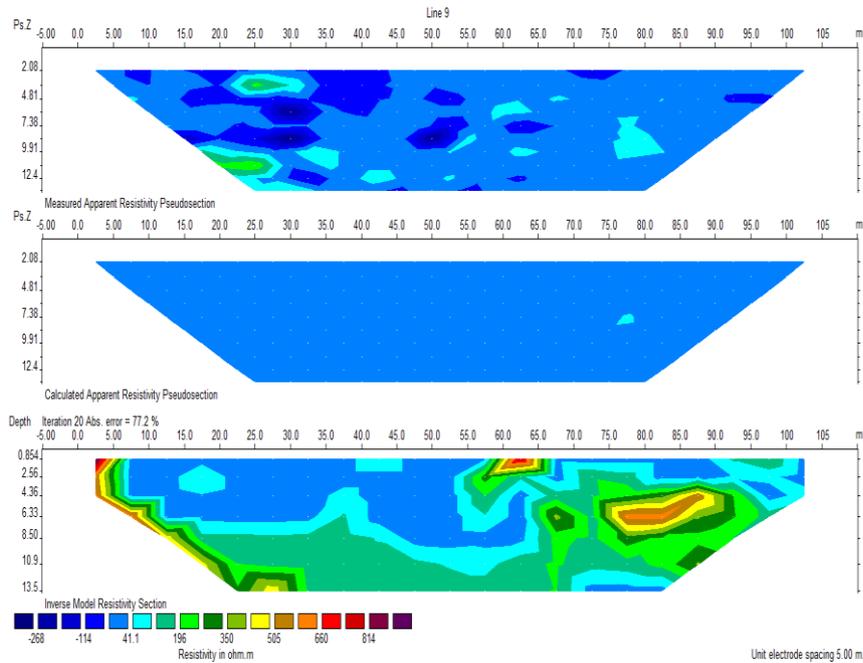
Untuk menentukan berapa volume dinamika fluida dalam selang waktu 3 bulan, dapat diinterpretasikan hasil distribusi nilai resistivitas yang ditandai dengan skala warna yang dihasilkan, dan hasil distribusi nilai resistivitas tersebut dicocokkan dengan tabel resistivitas batuan. Dengan cara tersebut dapat dilakukan analisa untuk mengetahui kedalaman serta pergerakan dinamika fluida pada daerah penelitian, pergerakan dinamika fluida dapat dilihat dengan membandingkan pengukuran pertama dan kedua. Selanjutnya dari pemodelan 3D dapat diketahui pergerakan dinamika fluida pada daerah penelitian dengan cara membandingkan volume antar waktu, sehingga dapat dilihat perubahan resistivitas bernilai positif, negatif dan konstan atau tidak ada perubahan.

3. Hasil dan Pembahasan

Dilakukan perbandingan salinitas pada pengukuran pertama dan kedua. Pada perbandingan ini dapat diketahui bahwa terjadi penurunan dan kenaikan salinitas dalam selang waktu 3 bulan, dan dapat menjadi acuan untuk melihat dinamika fluida pada daerah penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.

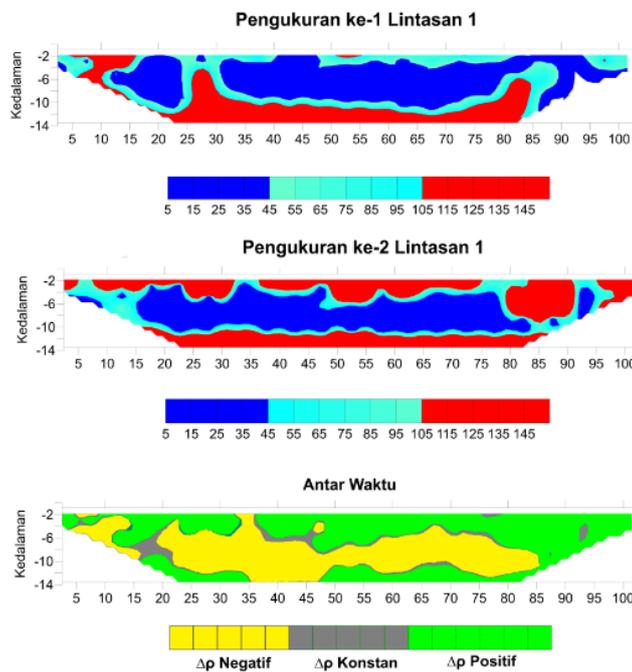


Gambar 3. Grafik Perbandingan Salinitas Pengukuran ke-1 dan Pengukuran ke-2



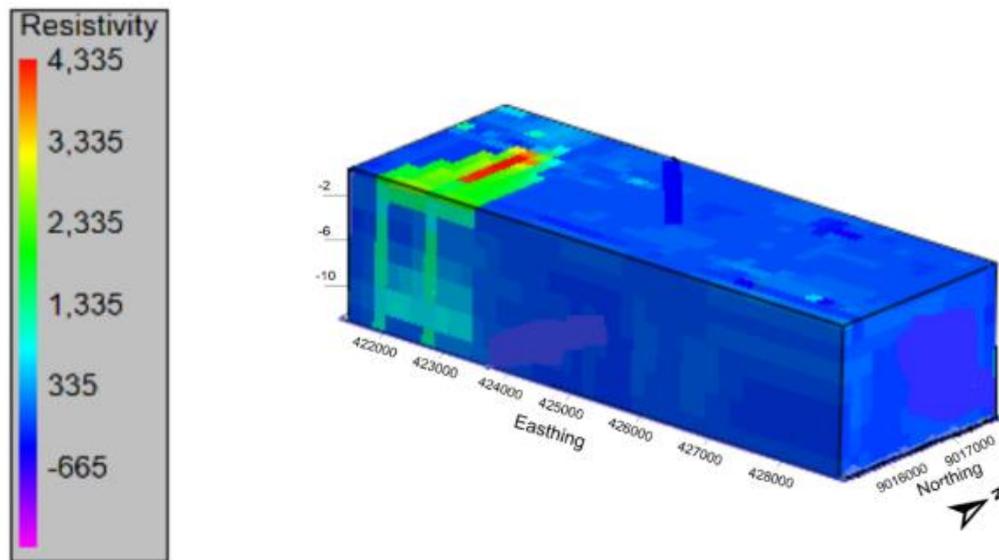
Gambar 4. Penampang Hasil Inversi 2D

Penampang pertama merupakan hasil dari data lapangan, penampang kedua merupakan hasil perhitungan dari data lapangan tersebut, dan penampang ketiga merupakan hasil inversi dari selisih pengukuran antar waktu. Berikut merupakan penampang inversi yang dimodifikasi menggunakan *software surfer13* (Gambar 5).



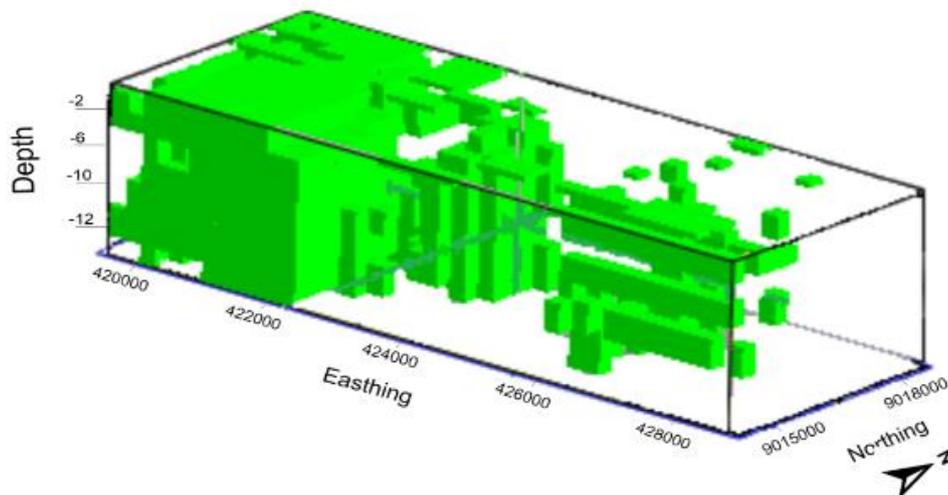
Gambar 5. Penampang 2D Antar Waktu Lintasan 1

Hasil inversi 2D Antar Waktu digunakan untuk menghitung perubahan nilai resistivitas dalam selang waktu 3 bulan dengan melakukan plot pada setiap titik dan setiap kedalaman sehingga menghasilkan gambaran 3D. Pemodelan 3D merupakan gabungan dari 37 lintasan hasil inversi menggunakan *software Res2Dinv*. Pemodelan 3D dibuat untuk memberikan gambaran lebih jelas tentang persebaran dan volume dinamika fluida (Gambar 6).



Gambar 6. Tampilan model 3D perubahan resistivitas selama selang waktu 3 bulan

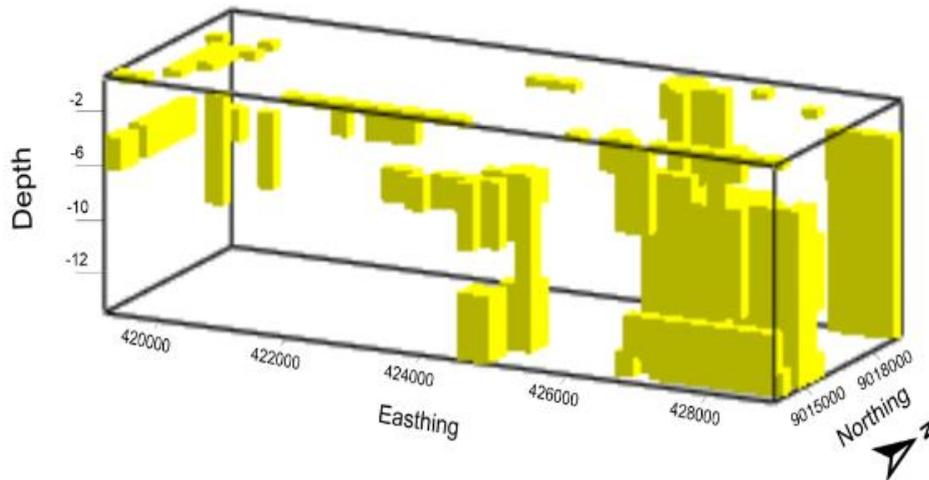
Selama selang waktu 3 bulan telah terjadi perubahan berkisar -665 ohm-m hingga 4335 ohm-m. Hal ini menunjukkan pada daerah penelitian terdapat 3 zona perubahan resistivitas, yaitu bernilai positif, negatif, dan konstan. Jika diasumsikan ketidakpastian hasil pengukuran adalah 5% maka perubahan nilai resistivitas sebesar (75 ohm-m hingga 4335.4263 ohm-m) dianggap bernilai positif, perubahan nilai resistivitas berkisar (-1512.5515 ohm-m hingga -75 ohm-m) dianggap bernilai negatif, dan perubahan konstan berkisar (-75 ohm-m hingga 216 ohm-m). Gambar 7 berikut merupakan gambar perubahan nilai resistivitas dari penampang total.



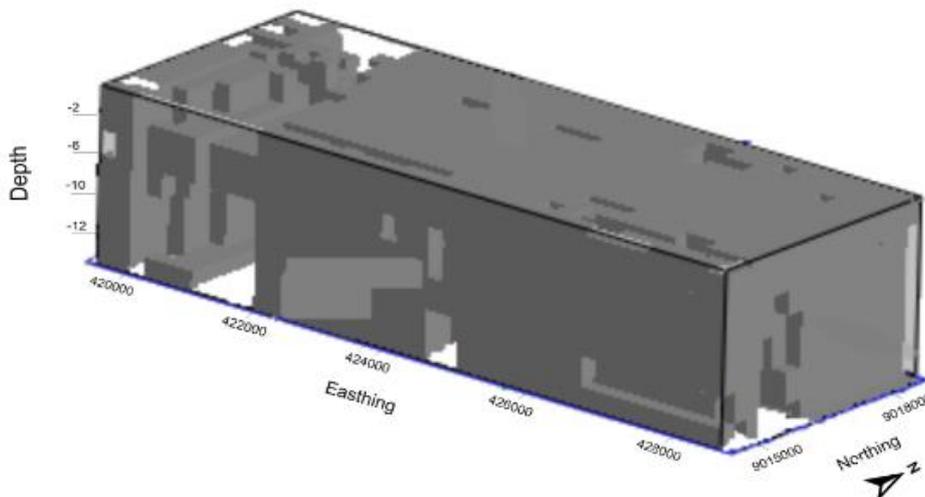
Gambar 7. Tampilan model perubahan resistivitas bernilai positif

Perubahan bernilai positif tersebar hampir diseluruh daerah penelitian dengan volume sekitar $86.980.000 m^3$. Perubahan bernilai positif menunjukkan bahwa fluida (air) yang ada di daerah penelitian akan berkurang dan bersifat relative lebih resistif. Diartikan bahwa fluida (air) yang ada di permukaan masuk ke dalam air laut dan dibuktikan dari nilai salinitas yang rendah.

Perubahan bernilai negatif (Gambar 8) tersebar hampir diseluruh daerah penelitian yaitu pada arah Barat hingga Timur daerah penelitian dengan volume berkisar $22.700.000 m^3$. Perubahan bernilai negatif ini menunjukkan bahwa fluida (air) yang ada pada daerah penelitian akan bertambah dan bersifat lebih konduktif, hal ini dikarenakan air laut masuk ke dalam air tawar dan mengisi pori-pori yang mengalami kekosongan.



Gambar 8. Tampilan model perubahan resistivitas bernilai negatif



Gambar 9. Tampilan model perubahan resistivitas bernilai tetap (konstan)

Perubahan bernilai konstan ini hampir tersebar di sepanjang daerah penelitian dengan arah Barat hingga Timur dengan volume sebesar $276.600.000 \text{ m}^3$. Perubahan bernilai konstan ini menunjukkan bahwa tidak terjadi dinamika fluida dalam selang waktu 3 bulan pada daerah penelitian.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penampang 2D dan model 3D didapatkan 3 perubahan nilai resistivitas pada daerah penelitian antara lain, resistivitas bernilai positif, bernilai negatif, dan bernilai konstan/tidak ada perubahan. Dengan volume total dari hasil pemodelan 3D sebesar $336.000.000 \text{ m}^3$. Volume dari perubahan bernilai positif sebesar $86.980.000 \text{ m}^3$, volume dari perubahan bernilai negatif sebesar $22.700.000 \text{ m}^3$ dan volume dari perubahan konstan sebesar $276.600.000 \text{ m}^3$.

Referensi

- Abdullah, I.A., Badaruddin, M.D.T.M., Sahabudin dan Abdullah, 2017, Uji Penerapan Metode Geolistrik Antar Waktu Untuk Memonitoring Pergerakan Fluida Bawah Permukaan (Air Tanah) di Kelurahan Tondo Kota Palu, *Jurnal Geoelektrik*, Vol. 6 No. 1.
- Alaydrus, T.A., Adi Susilo., Suhayat Minardi., Agus Naba., dan Ahmad Mudyanto, 2020, Identifikasi Intrusi Air Laut Menggunakan Metode Geofisika di Mandalika Lombok Indonesia, *Jurnal Internasional GEOMATE*, Vol. 23. No, 97.

-
- Ardianto, T., Suhayat, M., dan Alfina, T.A, 2014, Pantauan Terhadap Pergerakan Fluida Bawah Permukaan Dengan Metode Geolistrik Antar Waktu, *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Terapannya*, Vol. 6. No.1.
- Hendrajaya, H., 2002, Intrusi Air Asin ke Dalam Akuifer di Daratan, Yogyakarta : Departemen Teknik Geologi, FT UGM.
- Lowrie, W, 2007, *Fundamentals of Geophysics*, New York : Cambridge University Press.
- Loke, M.H., 2000, *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies. A Practical Guide to 2-D and 3-D Surveys*, 61.
- Misra. dan Balaji, R., 2015, *A Study on the Shoreline Changes and Land-Use/ land-cover along the south Gujarat Coastline*, *Procedia Engineering Journal*.
- Murti, A.H., 2009, Analisis Pendugaan Potensi Akuifer dengan Metode Geolistrik Resistivitas Sounding dan Mapping di Kawasan Karst Kecamatan Giritontro Kabupaten Wonogiri, *Jurnal Geolitik*, Vol. 7, No. 1.
- Naufal, A.M., Supriyadi., 2015, Analisis Perubahan Densitas Bawah Permukaan Berdasarkan Data Gaya Berat Mikro Antar Waktu, Studi Kasus Di Semarang, *Journal Unnes*, Vol. 5, No. 2.
- Oktonovriana, L., I Putu, P., 2007, Analisis Perbandingan Anomali Gravitasi Dengan Persebaran Intrusi Air Laut, *Jurnal Geofisika*, Vol. 10, No. 1.
- Rachmawati, K.S., Yayat, S., Lina, H. dan Dadan, D.W., 2018, Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole Untuk Penetapan Bidang Gelincir Gerakan Tanah di Jayaway Pelabuhanratu Sukabumi, *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, Vol. 11, No. 1.
- Sholichin, M., 2018, *Buku Ajar Panduan Penyelidikan Lapangan Hidrogeologi*, Malang : UB Press.
- Syukri, M., 2020, *Dasar-Dasar Metode Geolistrik*, Aceh : Syiah Kuala University Press.
- Telford, W.M., L.P. Geldart, and R.E. Sheriff, 1990, *Applied Geophysics*, New York : Cambridge University Press.
- Young, D Hugh., Roger A Freedman., T.R Sandin., dan A Lewis Ford., 2001, Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid I, Erlangga : Institut Teknologi Bandung.
-