

---

# Indonesian Physical Review

Volume Issue , Oktober 2022

P-ISSN: XXXX-XXXX, E-ISSN: XXXX-XXXX

---

## PENENTUAN SEBARAN INTRUSI AIR LAUT MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS DI PANTAI PENGHULU AGUNG, AMPENAN

Fikran Zulhamdi<sup>1</sup>, Suhayat Minardi<sup>2</sup>, Syamsuddin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Fakultas MIPA, Universitas Mataram. E-mail: [fikrankhan2323@gmail.com](mailto:fikrankhan2323@gmail.com)

<sup>2</sup> Fakultas MIPA, Universitas Mataram. E-mail: [suhayatminardi@gmail.com](mailto:suhayatminardi@gmail.com)

<sup>3</sup> Fakultas MIPA, Universitas Mataram. E-mail: [syams.fisika@gmail.com](mailto:syams.fisika@gmail.com)

---

### ARTICLE INFO

#### **Kata Kunci :**

Batuan, Geolistrik, Intrusi, Konfigurasi Wenner, Resistivitas .

#### **How To Cite :**

Zulhamdi, F., Minardi, S., dan Syamsuddin. (2022). Penentuan Sebaran Intrusi Air Laut Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas di Pantai Penghulu Agung, Ampenan. *Indonesian Physical Review*.

#### **DOI :**

### ABSTRAK

Penelitian dilakukan di wilayah pesisir pantai Penghulu Agung, Kecamatan Ampenan, Lombok. Air tanah yang terdapat di wilayah pesisir ini sudah terkontaminasi oleh intrusi air laut. Rembesan intrusi air laut menyebabkan air dari sumur warga di beberapa titik terasa payau sehingga tidak dapat untuk dikonsumsi. Untuk mengetahui sejauh mana rembesan intrusi air laut tersebut tersebar, pada penelitian ini dibuat tujuan penelitian yaitu untuk menentukan persebaran intrusi air laut di wilayah pesisir pantai Penghulu Agung. Metode yang digunakan adalah metode geolistrik resistivitas. Metode ini dipilih karena mampu memonitoring air tanah dan pencemarannya berdasarkan nilai resistivitas lapisan batuan bawah permukaan. Akuisisi data geolistrik dilakukan secara mapping dengan konfigurasi *wenner* 2D sebanyak 12 lintasan. Dalam proses mengolah data geolistrik, digunakan *software Res2Dinv* untuk pemodelan 2D dan *software Rockworks* untuk pemodelan 3D. Interpretasi dilakukan dengan menyesuaikan nilai resistivitas batuan didaerah penelitian dengan tabel resistivitas material dan geologi daerah penelitian. Hasil yang diperoleh bahwa terdapat tiga lintasan yang menunjukkan intrusi air laut yaitu lintasan 1, lintasan 3, dan lintasan 8. Dari penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa di wilayah pesisir pantai Penghulu Agung sudah mengalami intrusi air laut. Intrusi air laut ini diperkirakan tersebar sekitar 75 meter ke arah timur laut dari pesisir pantai dan sekitar 900 meter ke arah selatan.

Copyright © 2022 IPR. All rights reserved.

---

### Pendahuluan

Kecamatan Ampenan terbagi dalam sepuluh kelurahan. Dari sepuluh kelurahan tersebut, empat diantaranya merupakan daerah pantai, sedangkan enam kelurahan lainnya tergolong bukan daerah pantai. Salah satu kelurahan yang termasuk dalam golongan daerah pantai adalah Kelurahan Ampenan Selatan [1]. Kelurahan ini berbatasan langsung dengan salah satu pantai yang terletak di sebelah barat Kecamatan Ampenan yaitu Pantai Penghulu

Agung. Ampenan Selatan memiliki keadaan geologi dimana lapisan penyusunnya terdiri dari pasir, kerikil, kerakal, lempung, gambut, dan pecahan koral [2]. Material-material ini memiliki sifat mudah meloloskan air. Karena kelurahan ini dekat dengan pantai, sehingga air laut akan mudah masuk ke dalam pori-pori tanah terutama di wilayah pesisirnya. Masuknya rembesan air laut ke dalam pori-pori lapisan bawah permukaan dan dapat mempengaruhi lapisan akuifer disebut dengan Intrusi Air Laut [3].

Dari pengukuran parameter fisika di beberapa sumur warga seperti pada tabel 1, bahwa wilayah pesisir Ampenan Selatan telah mengalami intrusi air laut. Faktor fisika untuk menentukan kualitas air tanah yaitu di antaranya warna, bau, rasa, kekeruhan, suhu, keasaman, *total dissolved solid* (TDS), dan *electrical conductor* atau daya hantar listrik (EC) [4]. Parameter yang paling mudah diamati adalah perubahan TDS dari satu sumur ke sumur yang lainnya. Nilai TDS air minum yang diperbolehkan untuk dikonsumsi adalah kurang dari 500 mg/L [5].

**Tabel 1.** Hasil pengukuran parameter fisika dari sumur warga di pesisir Pantai Penghulu Agung

Sumur	Posisi Sumur		Kedalaman (m)	TDS (mg/L)	EC ( $\mu\text{s/cm}$ )	PH	Rasa	Kejernihan
	Lintang	Bujur						
1	8°34'25,0"LS	116°04'33,1"BT	4	245	511	6,85	Tawar	Jernih
2	8°34'27,2"LS	116°04'30,4"BT	5	251	501	6,70	Tawar	Keruh
3	8°34'29,7"LS	116°04'19,0"BT	5	549	915	6,45	Payau	Jernih
4	8°34'32,2"LS	116°04'32,1"BT	3	309	614	6,50	Tawar	Jernih
5	8°34'37,4"LS	116°04'24,7"BT	4	761	1515	6,90	Tawar	Keruh
6	8°34'36,2"LS	116°04'19,4"BT	5	1216	2392	6,65	Payau	Keruh
7	8°34'45,9"LS	116°04'32,2"BT	5	252	488	6,60	Tawar	Jernih
8	8°34'47,9"LS	116°04'26,0"BT	3	221	441	6,60	Tawar	Jernih
9	8°34'53,7"LS	116°04'30,2"BT	3	113	270	6,40	Tawar	Keruh
10	8°34'54,4"LS	116°04'20,6"BT	5	62	117	6,30	Tawar	Jernih
11	8°35'05,6"LS	116°04'30,7"BT	4	153	303	7,35	Tawar	Keruh
12	8°35'13,1"LS	116°04'37,6"BT	5	193	387	6,60	Tawar	Jernih
13	8°35'15,0"LS	116°04'26,0"BT	3	170	346	6,65	Tawar	Jernih
14	8°35'27,7"LS	116°04'36,9"BT	4	731	222	6,70	Tawar	Jernih
15	8°35'28,0"LS	116°04'28,7"BT	4	141	284	6,15	Tawar	Jernih
16	8°35'35,7"LS	116°04'33,9"BT	3	142	283	6,50	Tawar	Jernih
17	8°35'34,9"LS	116°04'28,7"BT	3	258	513	6,20	Tawar	Keruh
18	8°35'13,8"LS	116°04'40,7"BT	6	253	507	6,15	Tawar	Jernih

Metode geolistrik merupakan metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di bawah permukaan bumi. Kemampuan metode geolistrik salah satunya adalah dapat memonitoring air tanah dan pencemarannya. Besaran fisis yang dicari adalah tahanan jenis atau biasa di sebut sebagai *resistivitas* ( $\rho$ ) batuan akibat adanya medan potensial dan arus yang diinjeksikan ke bawah permukaan bumi. Metode ini digunakan dengan tujuan untuk mengetahui variasi nilai resistivitas batuan penyusun lapisan bawah permukaan bumi di lokasi penelitian. Parameter fisis yang di cari pada metode geolistrik berhubungan dengan

fenomena intrusi air laut. Hubungan ini ditunjukkan oleh adanya proses alami dimana air laut akan menyusup ke pori-pori batuan yang kemudian mempengaruhi akuifer di bawah permukaan. Batuan yang terkena intrusi air laut akan memiliki nilai resistivitas ( $\rho$ ) yang rendah karena air laut memiliki tingkat konduktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan air tanah murni. Oleh sebab itu, penelitian ini akan mengidentifikasi batuan penyusun lapisan bawah permukaan berdasarkan nilai hambatan jenis ( $\rho$ ) batuan untuk mengetahui sejauh mana sebaran intrusi air laut tersebut telah tersebar di pesisir pantai Penghulu Agung, Ampenan.

### Metode Geolistrik

Penelitian-penelitian terdahulu terkait penggunaan metode geolistrik untuk mengkaji intrusi air laut telah dilakukan oleh Bagaskara di Kecamatan Palang, Tuban Kota dan Kecamatan Jenu Kabupaten Tuban. Hasil yang ia peroleh bahwa di kedua kecamatan ini sudah tersebar intrusi air laut pada kedalaman (0,001 - 6,25) meter [6]. Pada tahun 2020, dalam penelitian Pujiastuti di area Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Bungus Padang diperoleh bahwa intrusi air laut tersebar sejauh 85 meter dari bibir pantai [7]. Penelitian oleh Muhardi di Desa Nusapati, Kecamatan Sungai Pinyuh, Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat yang memperoleh hasil bahwa lapisan akuifer di daerah ini sudah terkena intrusi air laut dengan nilai resistivitas rendah [8]. Selanjutnya dilakukan penelitian oleh Syahfitri di Desa Ujungmanik Kecamatan Kawunganten Kabupaten Cilacap. Berdasarkan hasil penelitiannya, intrusi air laut di lokasi penelitian sudah terintrusi air laut secara merata [9].

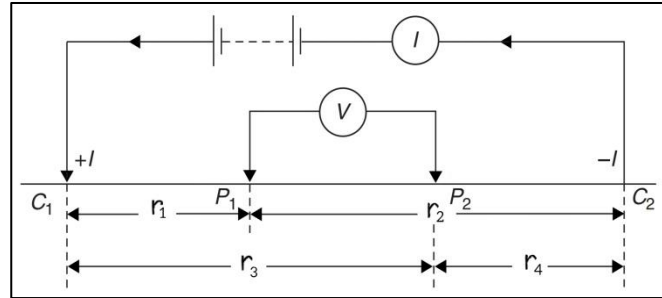
Konsep dasar metode geolistrik adalah Hukum Ohm. George Simon Ohm (1789-1854) merumuskan hubungan antara kuat arus listrik ( $I$ ), hambatan ( $R$ ) dan beda potensial ( $V$ ) yang kemudian dikenal dengan hukum Ohm. Hukum Ohm menyatakan bahwa beda potensial yang timbul di ujung-ujung suatu medium berbanding lurus dengan arus listrik yang mengalir pada medium tersebut. Secara matematis, Hukum Ohm dituliskan sebagai berikut [10]:

$$V \propto I \rightarrow V = IR \quad (1)$$

Dalam pengukuran metode geolistrik, bumi dianggap homogen isotropik. Namun sebenarnya, permukaan bawah tanah tidak sesuai dengan media homogen, dengan demikian resistivitas yang diperoleh bukan lagi resistivitas sebenarnya tetapi resistivitas semu ( $\rho_a$ ) [11]. Resistivitas semu dituliskan sebagai:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2)$$

Susunan elektroda untuk pengukuran geolistrik pada penelitian ini adalah konfigurasi Wenner. Pada konfigurasi Wenner, elektroda ditempatkan secara seragam dalam satu baris. Pengaturan  $r_1 = r_4 = a$  dan  $r_2 = r_3 = 2a$ . Untuk eksplorasi kedalaman menggunakan konfigurasi Wenner, elektroda diperluas di sekitar pusat tetap, memperlebar jarak jarak  $a$  dalam langkah. Untuk eksplorasi atau pemetaan lateral, jarak tetap konstan dan keempat elektroda dipindahkan sepanjang garis [12].



Gambar 1. Konfigurasi Wenner

dengan:

$C_1, C_2$  = Elektroda arus

$P_1, P_2$  = Elektroda potensial

Nilai faktor geometri untuk konfigurasi wenner adalah:

$$K = 2\pi a \quad (3)$$

Dengan demikian persamaan resistivitas semu menjadi:

$$\rho_a = (2\pi a) \frac{\Delta V}{I} \quad (4)$$

dengan  $\rho_a$  merupakan resistivitas semu dalam satuan  $\Omega\text{m}$ , K merupakan faktor geometri dalam satuan meter,  $\Delta V$  merupakan beda potensial dalam satuan volt, dan I merupakan kuat arus dalam satuan ampere.

### Resistivitas Batuan

Berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu [12]:

- 1) Konduktor baik dengan range resistivitas antara  $10^{-8} \Omega\text{m}$  -  $1 \Omega\text{m}$
- 2) Konduktor pertengahan dengan range resistivitas  $1 \Omega\text{m}$  -  $10^7 \Omega\text{m}$
- 3) Isolator dengan resistivitas  $\rho > 10^7 \Omega\text{m}$

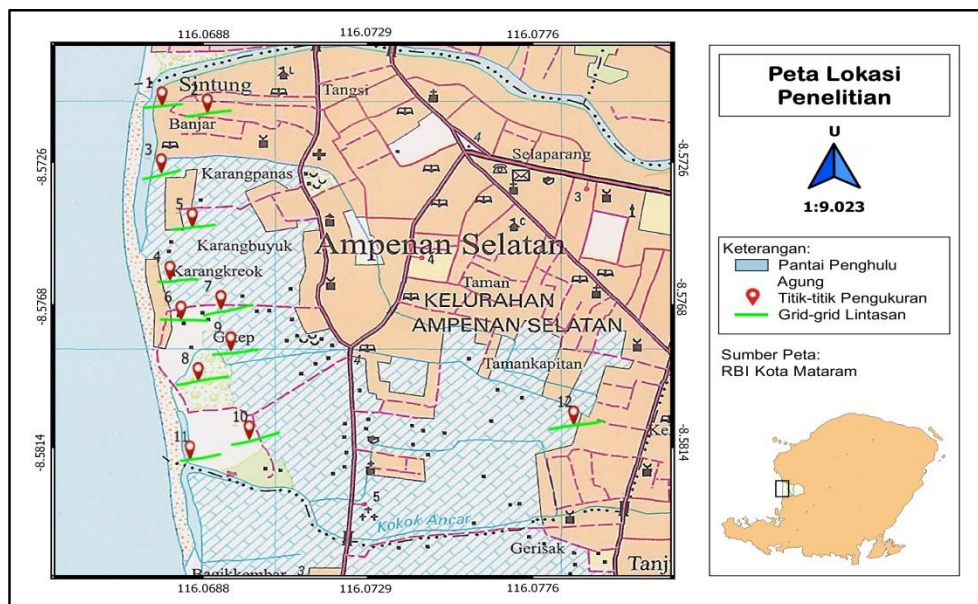
Golongan (1) meliputi logam, grafit, sulfida kecuali sfalerit, sinabar dan stibnit, semua arsenida dan sulfo-arsenida kecuali SbAs, antimonida kecuali beberapa senyawa timbal, telurida, dan beberapa oksida seperti magnetit, manganit, pirolusit, dan ilmenit. Kebanyakan oksida, bijih, dan batuan berpori yang mengandung air adalah konduktor pertengahan. Mineral pembentuk batuan yang umum, silikat, fosfat dan karbonat, nitrat, sulfat, borat, dan sebagainya, adalah konduktor yang buruk [12]. Variasi resistivitas material bumi ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Resistivitas material geologi [12]

Material	Material Resistivitas ( $\Omega m$ )
Intrusi Air Laut	0,2 – 50
Air Tanah	0,5 – 150
Lempung	1 – 100
Pasir	1 – 1000
Tembaga	1 – 1,7
Magesium	4,2
Bijih Besi	0,1 – 25
Khrom	13,2
Aluvium	10 – 800
Mangan	44 – 160
Kerikil	100 – 600
Batu Pasir	200 – 8000
Gampang	50 – $1 \times 10^7$
Karbon	3000
Kwarsa	$4 \times 10^{10} - 2 \times 10^{14}$

### Metodologi Penelitian

Pengukuran data lapangan dilakukan di pesisir pantai Penghulu Agung, Kelurahan Ampenan Selatan, Kecamatan Ampenan, Kota Mataram. Lokasi penelitian ditunjukkan oleh gambar berikut ini:



Gambar 2. Lokasi penelitian

## 1. Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi pustaka terkait sesuai dengan penelitian. Melakukan survey lapangan untuk membuat titik-titik pengukuran sekaligus pengambilan sampel parameter fisika (EC, TDS, PH, rasa, suhu, dan kejernihan) dari air sumur warga untuk dijadikan dugaan awal pada penelitian ini. Adapun akuisisi data dilakukan menggunakan susunan elektroda konfigurasi *wenner* dengan arah lintasan relatif timur-barat sebanyak dua belas lintasan. Dari dua belas lintasan tersebut terdapat satu lintasan yang berada jauh dari pesisir pantai. Lintasan ini di gunakan sebagai pembanding nilai resistivitas yang di peroleh di wilayah pesisir. Selanjutnya untuk memperkuat dugaan intrusi air laut, dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui besar kecilnya salinitas atau kadar garam yang terkandung pada air sumur warga. Uji salinitas hanya dilakukan pada air sumur warga yang memiliki nilai TDS besar atau melebihi batas standar dan pada sumur yang terletak di dekat lintasan yang jauh dari pesisir. Untuk pengolahan data geolistrik dilakukan dengan software *Microsoft Excel* untuk memperoleh nilai resistivitas semu. Selanjutnya dilakukan pengolahan data menggunakan software *Res2Dinv* untuk mendapatkan penampang geolistrik 2D, kemudian dilakukan visualisasi 3D menggunakan software *Rockworks* untuk mendapatkan gambaran 3D sebaran intrusi air laut di lokasi penelitian.

## 2. Interpretasi Data

Parameter resistivitas ( $\rho$ ) diukur untuk mengetahui variasi tinggi rendahnya nilai resistivitas batuan bawah permukaan di lokasi penelitian. Adanya pengaruh intrusi air laut pada lapisan bawah permukaan menyebabkan resistivitas tersebut bernilai rendah. Dengan melihat variasi nilai resistivitas pengukuran yang kemudian mencocokkan/membandingkan dengan tabel resistivitas material geologi dapat diketahui lapisan bawah permukaan yang terkena intrusi air laut. Pada penelitian ini juga dilakukan analisa terhadap nilai TDS hasil pengukuran dengan melakukan uji laboratorium terhadap sumur warga yang memiliki nilai TDS besar untuk di uji tingkat kandungan garamnya (salinitas). Pada pemodelan 2D dapat diperoleh informasi luasan dan kedalaman pengukuran. Dari pemodelan 2D ini kemudian dapat diperkirakan luasan sebaran untuk intrusi air laut di lokasi penelitian. Sehingga dengan melihat parameter-parameter tersebut dapat ditarik kesimpulan daerah yang sudah terkena intrusi air laut.

## Hasil dan Pembahasan

### 1. Uji Salinitas Air

Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) No.22 Tahun 2021, kandungan Klorida (Cl-) untuk air bersih yang layak untuk diminum adalah 0,3 ppt atau 300 mg/L [13]. Uji salinitas air tanah juga dilakukan pada lokasi sumur warga yang jauh dari pantai. Hal ini dilakukan untuk melihat perbedaan salinitas antara air tanah yang terkena intrusi dengan yang tidak terintrusi. Setelah dilakukan pengujian diperoleh bahwa kandungan Cl- pada sumur warga di sekitar pesisir lebih dari 300 mg/L. Sehingga dapat dipastikan bahwa memang telah terjadi intrusi air laut di lokasi penelitian. Adapun hasil yang diperoleh dari uji salinitas tersebut adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.** Hasil uji salinitas air tanah di pesisir pantai Penghulu Agung

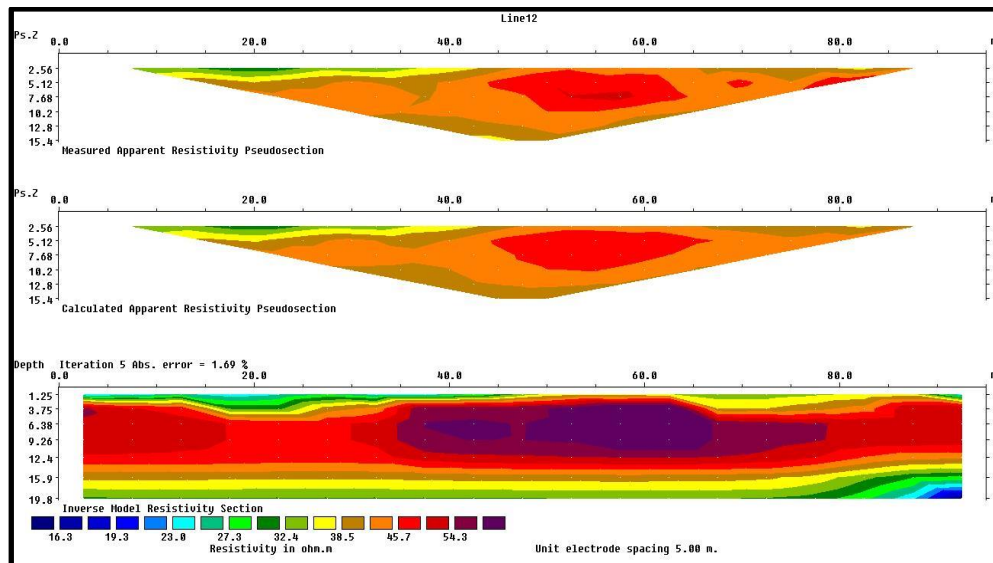
Sumur ke-	Keterangan	Salinitas (ppt)	Salinitas (mg/L)
3	Terintrusi	1,83	1.830
6	Terintrusi	2,01	2.010
14	Terintrusi	1,43	1.430
18	Tidak Terintrusi	0,05	50

Keterangan:

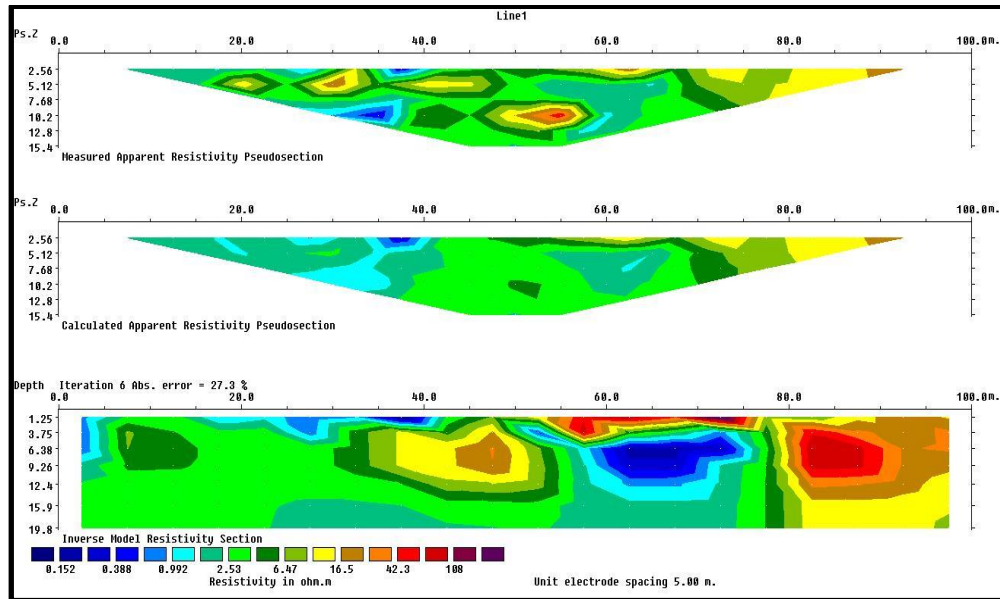
Nomor sumur pada tabel 3 sesuai dengan nomor sampel sumur pada tabel 1.

## 2. Hasil Interpretasi Penampang 2D

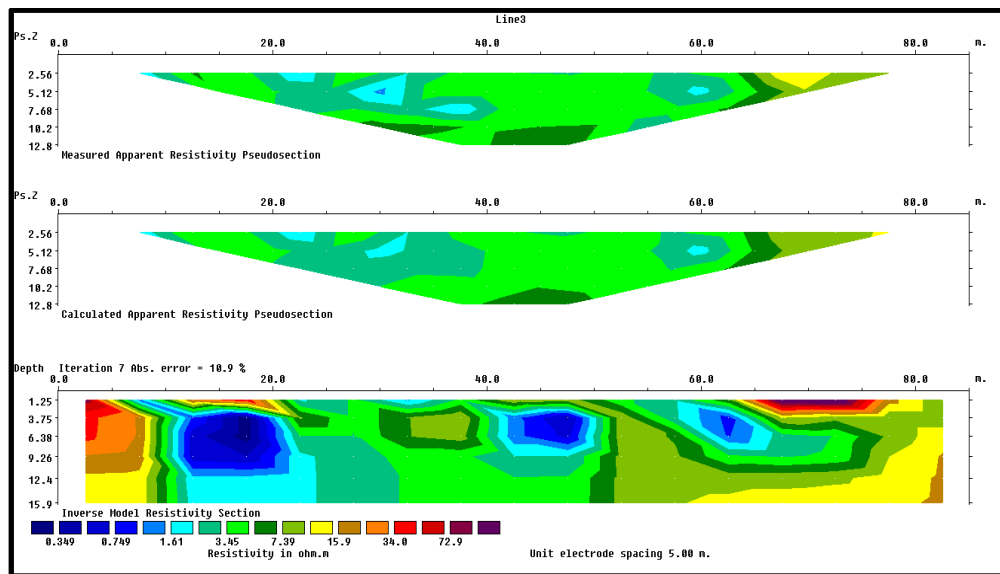
Dari dua belas lintasan, terdapat tiga lintasan yang dipastikan mengalami intrusi air laut. Lapisan bawah permukaan yang terkena intrusi air laut digolongkan menjadi lapisan yang terintrusi banyak dan lapisan yang terintrusi sedikit. Lintasan ke-1 dan lintasan ke-3 termasuk lintasan yang terintrusi banyak. Sedangkan lintasan ke-8 memiliki lapisan yang terintrusi sedikit. Dengan melihat perbedaan nilai resistivitas pada lintasan ke-12 yang dijadikan lintasan pembanding, ketiga lintasan tersebut mempunyai resistivitas rendah. Adapun penampang 2D dan nilai-nilai resistivitas tersebut ditampilkan pada tabel 4 di bawah ini:



**Gambar 3.** Penampang 2D lintasan ke-12

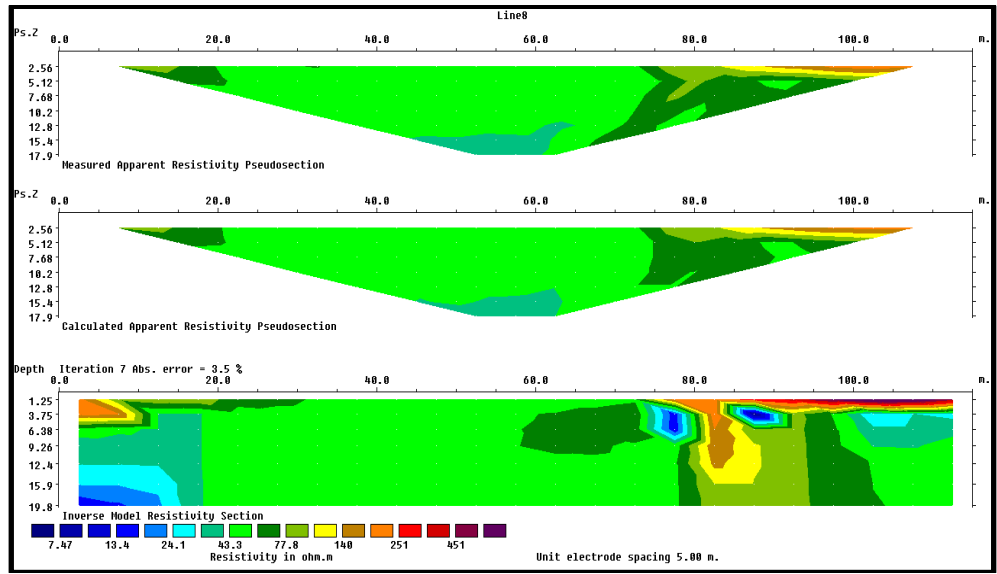


Gambar 4. Penampang 2D lintasan ke-1



Gambar 5. Penampang 2D lintasan ke-3





Gambar 6. Penampang 2D lintasan ke-8

Tabel 4. Hasil interpretasi 2D dari lintasan yang terintrusi dan lintasan pembanding

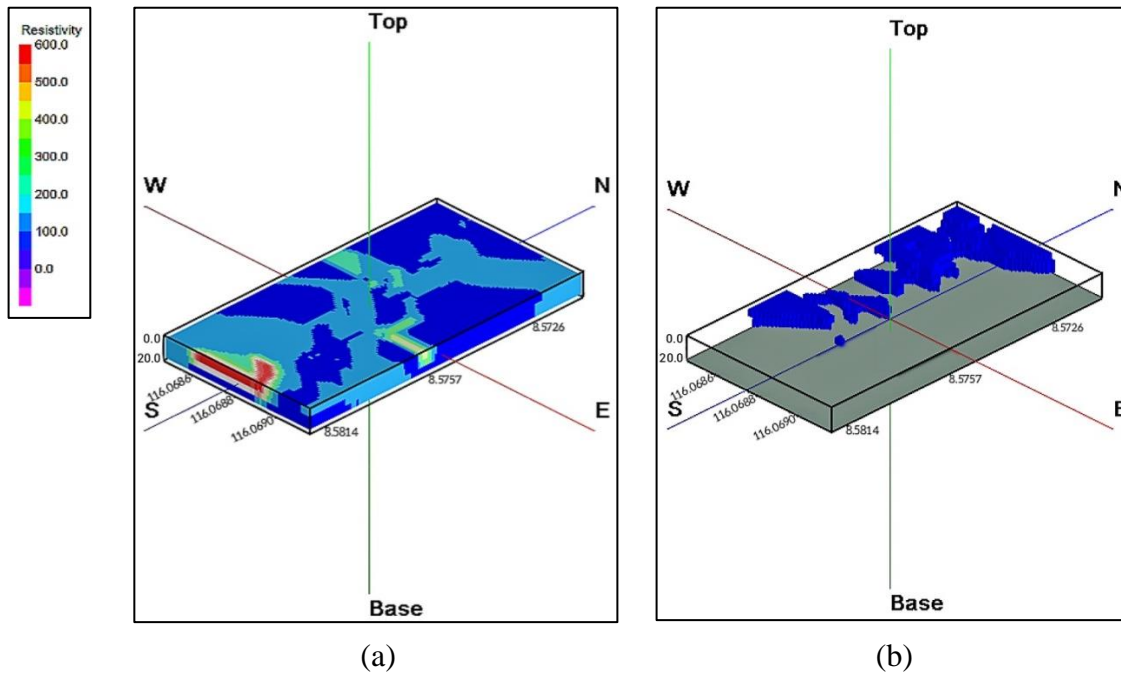
Lintasan ke-	Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )	Batuan	Kedalaman (m)	TDS (mg/L)	Salinitas (mg/L)
1	0,15 - 16,5	Pasir	1,25 - 19,8	549	1.830
	16,5 - 108	Pasir lempungan	1,25 - 15,0		
	>108	Pasir berkerikil	1,25		
3	0,35 - 15,9	Pasir	1,25 - 15,9	1.216	2.010
	15,9 - 72,9	Pasir lempungan	1,25 - 15,9		
	>72,9	Pasir berkerikil	1,25		
8	7,47 - 140	Pasir	1,25 - 19,8	731	1.430
	140 - 451	Pasir lempungan	1,25 - 12,4		
	>451	Pasir berkerikil	1,25		
12	16,3 - 38,5	Pasir	1,25 - 19,8	254	50
	38,5 - 54,3	Pasir lempungan	1,25 - 15,9		
	> 54,3	Lempung pasiran	3,75 - 12,4		

Di bagian pesisir, lapisan pasir dan pasir lempungan menjadi batuan yang lebih mendominasi. Batuan penyusun berupa pasir dan pasir lempungan ini menjadi lapisan yang sangat rentan untuk meloloskan air laut untuk masuk ke dalam lapisan bawah permukaan.

### 3. Hasil Pemodelan 3D

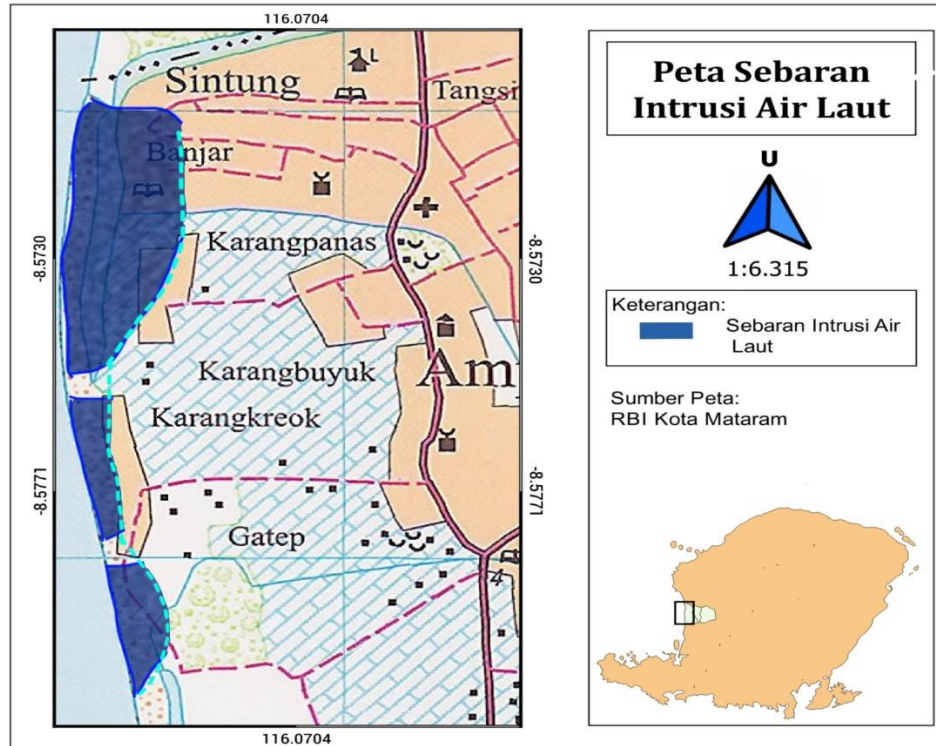
Nilai resistivitas rendah ditunjukkan oleh bagian penampang dengan warna biru tua hingga muda, sedangkan nilai resistivitas tinggi digambarkan dengan penampang berwarna hijau hingga warna merah. Untuk memperoleh penampang sebaran intrusi air laut di lokasi penelitian, dilakukan proses *iso-leveling* untuk mengetahui sebaran nilai resistivitas rendah dan tinggi. Pada penelitian ini, intrusi air laut memiliki resistivitas rendah antara (0,15 - 24,1)  $\Omega\text{m}$ . Berdasarkan hasil pemodelan 3D, intrusi air laut memiliki volume 1.904,501  $\text{m}^3$  dari

total volume keseluruhan yaitu 27.128,970 m<sup>3</sup>. Berikut adalah hasil penampang 3D untuk sebaran intrusi air laut di lokasi penelitian:



**Gambar 7.** (a) Penampang 3D resistivitas, (b) Hasil *Iso-leveling* penampang 3D untuk model intrusi air laut.

Titik pengukuran geolistrik dimulai pada jarak 30 meter dari garis pantai. Jarak ini merupakan jarak terdekat dari garis pantai ke titik nol pengukuran. Keberadaan intrusi air laut yang terdeteksi berdasarkan penampang 2D seperti yang ditampilkan pada gambar 4 bahwa intrusi air laut tersebar sejauh 75 meter ke arah timur laut dilihat dari titik nol pengukuran. Selanjutnya dari peta sebaran intrusi air laut yang dibuat berdasarkan gambar 7, diperoleh bahwa intrusi air tersebut sejauh 900 meter ke arah selatan. Dengan demikian, pada penelitian ini diperkirakan intrusi air laut tersebar sekitar 75 meter ke arah timur laut dari pesisir pantai dan sekitar 900 meter ke arah selatan. Adapun peta sebaran intrusi air laut ditunjukkan oleh gambar 8 di bawah ini:



**Gambar 8.** Peta sebaran intrusi air laut

Dalam peta tersebut intrusi air laut tersebar secara tidak merata. Dilihat dari persebaran ke arah selatan, intrusi air laut memiliki celah-celah persebaran. Celah-celah tersebut muncul akibat perbedaan jenis batuan penyusun lapisan bawah permukaan di lokasi penelitian. Pada daerah tersebut jenis batuan penyusun bawah permukaan diinterpretasikan sebagai lempung pasir. Karena lapisan ini lebih dominan lempung, maka air laut akan kesulitan untuk merembes masuk ke dalam lapisan bawah permukaan.

### Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa di wilayah pesisir pantai Penghulu Agung sudah mengalami intrusi air laut. Intrusi air laut ini diperkirakan tersebar sekitar 75 meter ke arah timur laut dari pesisir pantai dan sekitar 900 meter ke arah selatan.

### Referensi

- [1] Badan Pusat Statistik Kota Mataram, 2018, *Kecamatan Ampenan Dalam Data*, Diskominfo Kota Mataram, Mataram.
- [2] Mangga, S.A., Atmawinata, S., Hermanto, B., Setyogroho, B., Amin, T.C., 1994, *Peta Geologi Lembar Lombok*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [3] Samira I., Roslan, H., Samsudin, B.T., 2010, *Mapping of Salt-Water Intrusion by Geoelectrical Imaging in Carey Island*. 5th International Symposium on Hydrocarbons & Chemistry (ISHC5), Sidi Fredj, Algiers. 23rd - 25th.

- [4] Musa, La., Purnama, S., Suprayogi, S., 2019, Analisis Kerentanan dan Kualitas Air tanah Bebas di Kota Mataram, *Jurnal Sains Informasi Geografi*, 2(1), 1-8.
- [5] Badan Standarisasi Nasional, 2006, *Air Minum dalam Kemasan*, Jakarta.
- [6] Bagaskara, W.A., Sholichin, M., Asmaranto, M., 2019, *Aplikasi Geolistrik untuk Identifikasi Intrusi Air Laut di Tuban Utara*, UB, Malang.
- [7] Pujiastuti, D., Putri, Y.D., Afdal, 2020, Penentuan Zona Intrusi Air Laut di Area Pelabuhan Perikanan Samudera Bungus Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner Dua Dimensi, *Jurnal Fisika Unand*, 9(4), 465-471.
- [8] Muhardi., Faurizal., Widodo., 2020, Analisis Pengaruh Intrusi Air Laut terhadap Keberadaan Air Tanah di Desa Nusapati, Kabupaten Mempawah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas, *Indonesian Journal of Applied Physics*, 10(2), 89-96.
- [9] Syahfitri, M., Sehad., Sunardi, 2021, Pendugaan Sebaran Intrusi Air Laut Melalui Sungai Di Desa Ujungmanik Kecamatan Kawunganten Kabupaten Cilacap Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner, *Jurnal Teras Fisika*, 5(4), 176-186.
- [10] Ishaq, M., 2003, *Fisika Dasar*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [11] Reynolds, J.M., 1997, *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, John Geophysics in Hydrogeological and Wiley and Sons Ltd, New York.
- [12] Telford, W.M., Geldart, L.P. and Sheriff, R.E., 1990, *Applied Geophysics, Second Edition*, Cambridge University Press, Australia.
- [13] Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2021, Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Jakarta.