



## Pemodelan Perlapisan Bawah Permukaan Manifestasi Semburan Gas Biogenik di Kampung Holtekamp Jayapura Menggunakan Metode Elektromagnetik Pasif

Bangkit Sudrajad<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Cenderawasih  
Gedung Fisika, Fakultas MIPA, Kampus UNCEN Waena, Jl. Kamp Wolker, Kelurahan Yabansai,  
Distrik Heram, Kota Jayapura, Provinsi Papua, Indonesia

\*E-mail korespondensi: [bangkitsudrajad@gmail.com](mailto:bangkitsudrajad@gmail.com)

### Article Info:

Received: 09-03-2026

Revised: 28-04-2026

Accepted: 04-05-2026

### Keywords:

Biogenic Gas, Modeling, Passive Electromagnetic Survey method, Claycap, Aquifer



### Abstract

Natural gas is a natural resource abundant in Indonesia. This abundance of natural gas potential makes Indonesia one of the world's natural gas producers. Papua is one of the regions in Indonesia with large potential natural gas reserves, including in the Jayapura area. The existence of biogenic gas potential in the Jayapura City area is indicated by the biogenic gas eruption that emerged during the drilling process of a well by residents of Holtekamp Village, Muara Tami District, Jayapura City. This gas eruption incident caused unrest among residents. The gas eruption that appeared in the Holtekamp Village area is not the first in the Muara Tami District area but has also been found in West Koya. In relation to this, geophysical research was conducted using a passive electromagnetic survey method. This method is used to determine the condition of the subsurface structure locally. Based on the results of the electromagnetic modeling method, the results showed that the condition of the subsurface layer structure at the location of the natural gas well eruption manifestation is a layer of coastal sediment and swamp areas that have several layers of aquifers, aquitards, and aquicludes. The identified aquifer layers consist of an unconfined aquifer layer near the surface; A confined aquifer containing a gas trap, and a leaky aquifer that allows natural gas to migrate from deeper to shallower aquifers. The leaky aquifer is supported by the identification of an aquitard capable of transmitting fluid migration. In the gas trap area, an aquiclude layer, a wet clay layer (claycap), was identified at a depth of 27.5-28 meters. This claycap layer traps the pressurized gas at that location.

### PENDAHULUAN

Gas biogenik merupakan salah satu sumber daya alam yang banyak terdapat di Indonesia. Gas biogenik yang dikenal pula sebagai gas alam adalah salah satu sumber daya alam yang banyak dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif pada beberapa wilayah di Indonesia. Pada tahun 2022, Indonesia memiliki cadangan gas alam terbukti sekitar 1,029 triliun meter kubik dan cadangan potensial sekitar 0,523 triliun meter kubik. Papua merupakan salah satu daerah di Indonesia yang memiliki cadangan potensial gas alam yang besar, dengan cadangan gas terbukti sekitar 0,277 triliun meter kubik ( $m^3$ ) dan cadangan gas potensial sekitar 0,063 triliun meter kubik ( $m^3$ ) [1]. Secara global, gas biogenik diperkirakan mencakup 20-30% dari total cadangan gas dunia. Gas biogenik menyumbang sekitar 3,8% dari total cadangan gas alam Indonesia [2]. Gas biogenik sendiri dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif untuk berbagai keperluan rumah tangga [3].



**Gambar 1. Sumur bor warga yang keluar semburan gas biogenik di Kampung Holtekamp, Distrik Muara Tami, Kota Jayapura (Sudrajad, 2024).**

Kota Jayapura, yang terletak di Papua, memiliki potensi sumber daya gas biogenik. Indikasi keberadaan gas tersebut terlihat dari peristiwa semburan gas yang terjadi saat pengeboran sumur milik warga di Kampung Holtekamp, Distrik Muara Tami. Semburan gas an terjadi pada 19 Oktober 2023 [4]. Peristiwa ini menimbulkan kekhawatiran di kalangan warga karena gas yang menyembur disertai lumpur dan sempat tersulut api, sehingga menyebabkan nyala api di permukaan sumur. Berdasarkan kondisi geologinya, wilayah Distrik Muara Tami, khususnya wilayah Kampung Holtekamp terdiri dari endapan aluvium, gambut, lapisan lanau dan juga terdapat batuan gamping dari formasi Nubai di sebelah selatan dan dari formasi Jayapura dan Nubai di sebelah utara [5]. Oleh karena itu, dapat diasumsikan bahwa wilayah semburan gas biogenik di Kampung Holtekamp kemungkinan berada dalam wilayah cekungan sedimen, yang berperan sebagai tempat akumulasinya material organik penyebab terbentuknya gas biogenik. Gas seperti metana ( $\text{CH}_4$ ), yang bersifat ringan dan memiliki partikel sangat kecil, cenderung lebih mudah bermigrasi menuju area dengan tekanan yang lebih rendah di dekat permukaan tanah sehingga akan sering ditemukan saat proses pengeboran air tanah.

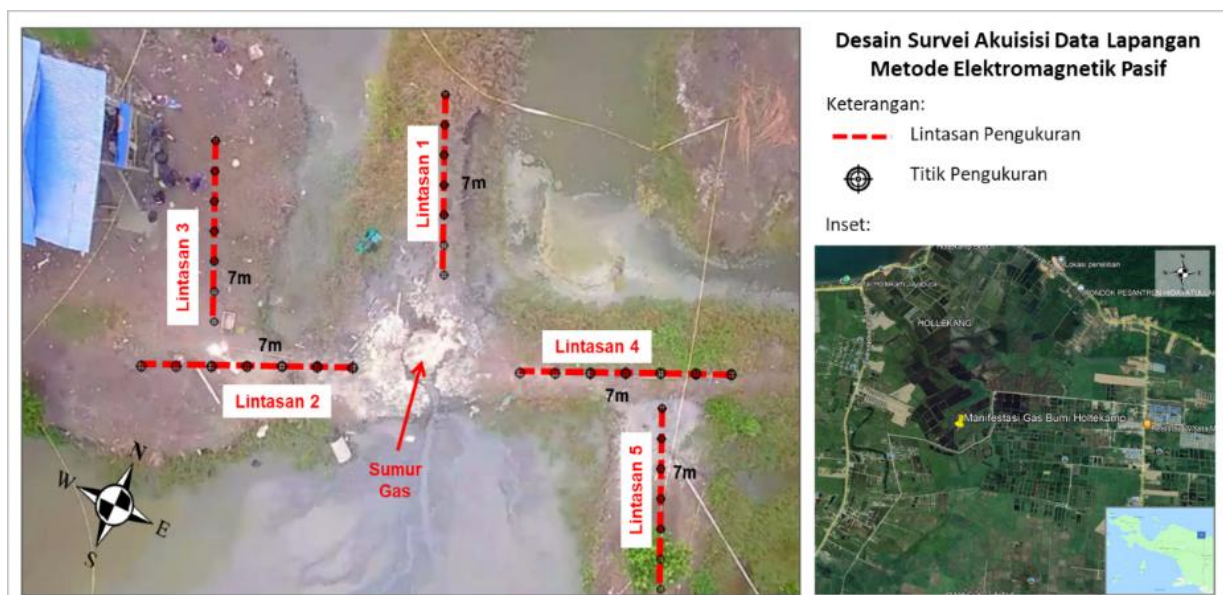
Berdasarkan penelitian sebelumnya dengan metode gravitasi diketahui bahwa lokasi semburan gas berada pada wilayah berdensitas rendah yang merupakan cekungan sedimen dangkal dengan kedalaman cekungan sekitar 500 meter dengan luasan sebesar 9.178,98 ha [6]. Sedangkan berdasarkan penelitian dengan metode geolistrik, diketahui kedalaman lapisan poros yang menyimpan gas bervariasi namun didominasi oleh lapisan pada kedalaman yang dangkal [7]. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diketahui bahwa gas biogenik yang ada di wilayah Kampung Holtekamp dan sekitarnya memiliki potensi yang besar. Dengan demikian perlu dilakukan eksplorasi lebih lanjut karena gas biogenik dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Berkaitan dengan hal tersebut maka dilakukan penelitian geofisika secara lokal di lokasi manifestasi semburan gas biogenik dengan survei metode elektromagnetik pasif.

Penggunaan metode elektromagnetik pasif bertujuan untuk memodelkan struktur bawah permukaan di sekitar titik semburan gas secara lokal guna mengetahui kondisi sekitar yang merepresentasikan perlapisan bawah permukaan pada sumur semburan gas. Dalam penelitian ini metode survei elektromagnetik pasif ini menggunakan data tomografi hasil pengukuran impedansi medan elektromagnetik di lapangan menggunakan perangkat ADMT (*Automatic Digital Mapping Tomography*). Metode elektromagnetik pasif dengan ADMT ini dipilih karena memiliki jangkauan kedalaman yang cukup dalam. Adapun berdasarkan rentang frekuensi yang dipilih metode elektromagnetik pasif dengan ADMT ini dapat menjangkau kedalaman antara 5-100 meter, 10-200 meter, dan 10-300 meter. Selain itu alat survei ADMT lebih *portable* dan praktis dibandingkan alat survei metode elektromagnetik pasif lain karena tersedia dalam konfigurasi *single-channel* sehingga memudahkan akuisisi data pada lokasi manifestasi semburan gas yang

merupakan area kolam dengan ruang yang sempit untuk menancapkan elektroda. Pemodelan dengan metode elektromagnetik pasif dilakukan dalam model penampang 2D (panjang lintasan x kedalaman) dan dalam model volume 3D (panjang x lebar x kedalaman) sebagai fungsi nilai kontras resistivitas bawah permukaan. Melalui perolehan kedua model tersebut, tujuan akhirnya adalah melakukan interpretasi dan identifikasi struktur bawah permukaan secara komprehensif berdasarkan integrasi model resistivitas 2D dan model resistivitas 3D yang telah dihasilkan. Diharapkan hasil dan luaran penelitian ini nantinya dapat menjadi referensi bagi pemerintah daerah untuk melakukan mitigasi dan merumuskan regulasi atau aturan tentang batas kedalaman pengeboran air tanah untuk wilayah yang memiliki potensi gas biogenik di sekitar wilayah holtekamp Distrik Muara Tami dalam upaya memitigasi kejadian semburan gas biogenik serta pengelolaan potensi sumber daya gas alam tersebut.

## METODE PENELITIAN

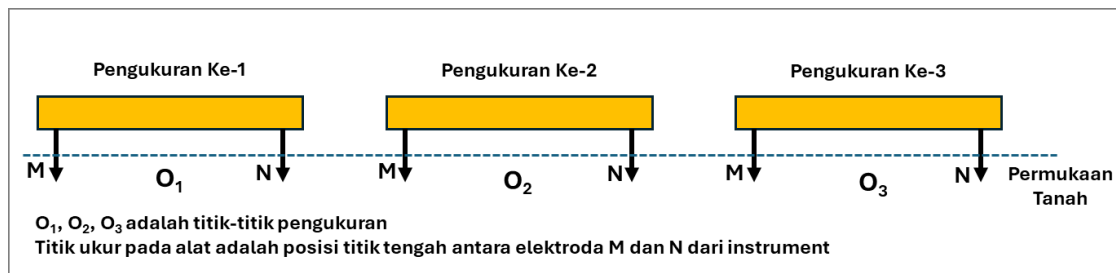
Lokasi dari penelitian metode elektromagnetik ini berada di lokasi manifestasi semburan gas biogenik Kampung Bugis Holtekamp, Distrik Muara Tami, Kota Jayapura, Provinsi Papua yang berada pada koordinat 2.644918° LS dan 140.786501° BT. Adapun target luasan penelitian survei metode elektromagnetik pasif adalah luasan dalam radius 10 m dekat titik semburan gas biogenik dengan 5 lintasan sepanjang 7meter dengan total titik pengukuran total sebanyak 35 titik (7 titik untuk setiap lintasan). Ukuran luas target survei tersebut dipilih karena dalam penelitian ini bertujuan untuk menginterpretasi secara spesifik kondisi perlapisan bawah permukaan sumur semburan gas untuk keperluan mitigasi dan kajian kasus semburan gas. Dengan demikian kondisi sumur yang mengalami semburan gas bisa diestimasi berdasarkan hasil kriging dari grid model penampang di sekitarnya. Akibat kondisi lokasi penelitian yang berada pada wilayah kolam ikan maka 35 titik pengukuran diambil pada 5 lintasan yang terbatas pada area pematang yang tidak terendam oleh air. Adapun desain survei untuk metode elektromagnetik pasif yang digunakan ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta luasan wilayah target penelitian dengan metode elektromagnetik pasif.

Data yang digunakan dalam metode elektromagnetik pasif merupakan data primer berupa nilai impedansi elektromagnetik ( $Z$ ) hasil pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan perangkat *Automatic Digital Mapping Tomography* (ADMT) yang disusun dalam konfigurasi menggunakan elektroda MN [8]. Adapun konfigurasi ini digunakan untuk mengambil data dalam bentuk lintasan dengan mekanisme perpindahan secara *left frogging* sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 3 di bawah ini. Titik  $O_1$  merupakan titik pengukuran

ke-1 begitu pula seterusnya untuk titik  $O_2$ ,  $O_3$  dan seterusnya. Konfigurasi alat ADMT untuk survei metode elektromagnetik pasif dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Konfigurasi alat pada akuisisi data survei metode elektromagnetik pasif.

Prinsip kerja metode elektromagnetik pasif adalah dengan memanfaatkan medan elektromagnetik bumi sebagai sumber medan untuk mengetahui sifat kelistrikan struktur bawah permukaan di dalam bumi. Berdasarkan prinsip tersebut maka nilai frekuensi gelombang elektromagnetik yang berbeda memiliki kedalaman penetrasi lapisan (*skin depth*) yang berbeda. Dengan demikian dalam metode ini pengukuran dilakukan dari nilai frekuensi tinggi sampai dengan frekuensi rendah untuk mengetahui urutan respon elektromagnetik bumi dalam mempelajari perbedaan variasi kelistrikan benda geologi pada kedalaman yang berbeda di bawah permukaan bumi [9].

Gelombang elektromagnetik tanah yang dikirim ke dalam tanah dan perambatan gelombang elektromagnetik di dalam bumi mengikuti persamaan Maxwell [8]. Apabila diasumsikan bahwa sebagian besar massa struktur bawah permukaan bersifat non-magnetik dan bersifat konduktif seragam secara makroskopis dan tidak terjadi akumulasi muatan, maka persamaan Maxwell dapat disederhanakan menjadi Persamaan (1) dan Persamaan (2):

$$\nabla^2 H + k^2 H = 0 \quad (1)$$

$$\nabla^2 E + k^2 E = 0 \quad (2)$$

dimana  $E$  adalah kuat medan listrik;  $H$  adalah kuat medan magnet; dan  $k$  adalah bilangan gelombang atau koefisien perambatan yang bisa dinyatakan sebagai fungsi permitivitas ( $\epsilon$ ), permeabilitas magnetik ( $\mu$ ) dan konduktivitas ( $\sigma$ ) sebagaimana yang ditunjukkan pada Persamaan (3).

$$k = [\omega^2 \mu \epsilon - i \omega \sigma \mu]^{1/2} \quad (3)$$

Koefisien perambatan  $k$  adalah bilangan kompleks, maka dapat dituliskan  $k = b + ia$ , dimana:  $a$  disebut koefisien fase dan  $b$  disebut koefisien serapan. Dengan mengabaikan perpindahan arus maka persamaan koefisien perambatan  $k$  dapat disederhanakan menjadi Persamaan (4):

$$k = [-i \omega \sigma \mu]^{1/2} \quad (4)$$

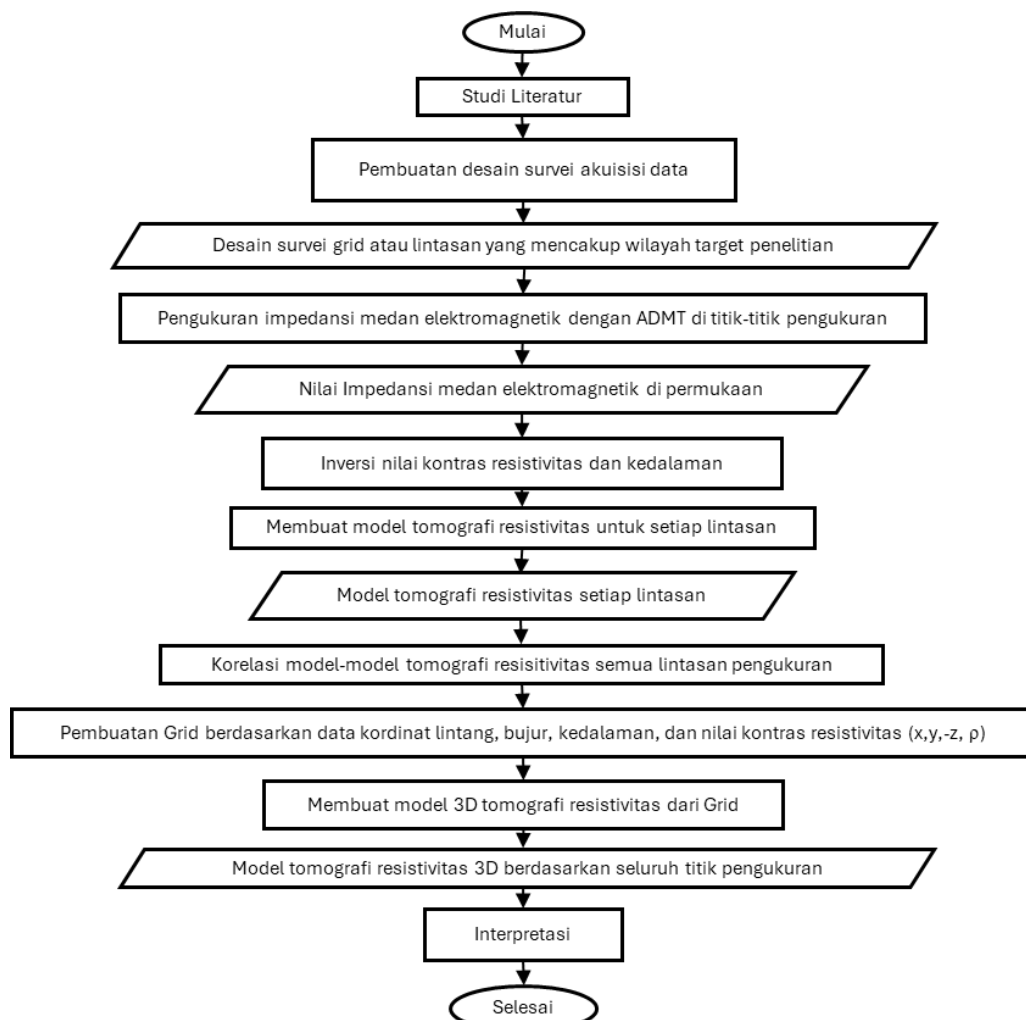
Suatu medan magnet dengan perubahan persamaan Helmholtz menginduksi perubahan medan listrik, dan diperoleh hubungan magnetoelektrik. Impedansi permukaan  $Z$  didefinisikan sebagai rasio medan listrik permukaan dan komponen horisontal medan magnet. Dalam kasus bumi yang dianggap homogen, impedansi ini tidak bergantung pada polarisasi medan datang dan berhubungan dengan resistivitas bumi ( $\rho$ ) dan frekuensi medan elektromagnetik [9]. Dengan demikian impedansi medan elektromagnetik ( $Z$ ) menjadi Persamaan (5).

$$Z = \frac{E}{H} = \sqrt{\omega \mu \rho} e^{i\pi/4} \quad (5)$$

Persamaan impedansi  $Z$  di atas dapat digunakan untuk menentukan resistivitas ( $\rho$ ) di dalam bumi:

$$\rho = \frac{1}{5f} \left| \frac{E}{H} \right|^2 \quad (6)$$

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan data resistivitas hasil pengukuran nilai impedansi gelombang elektromagnetik dengan cara membuat model penampang bawah permukaan 2D dengan menggunakan algoritma inversi terhadap variabel kedalaman. Kelima model tomografi penampang 2D bawah permukaan kemudian saling dikorelasi untuk merepresentasikan kondisi sekitar manifestasi sumur gas biogenik secara lokal [10]. Selanjutnya, lima model tomografi penampang 2D digabungkan ke dalam satu sistem koordinat yang sama, dengan pusat koordinat berada pada sumur manifestasi semburan gas. Proses ini kemudian dilanjutkan dengan pembuatan grid 3D menggunakan algoritma kriging [11]. Dari grid baru tersebut kemudian dapat dihasilkan model tomografi 3D bawah permukaan hasil survei metode elektromagnetik kemudian diinterpretasi guna mengetahui kondisi secara lokal manifestasi gas biogenik di Kampung Holtekamp. Diagram alir tahapan utama penelitian dengan menggunakan metode elektromagnetik pasif dapat dilihat pada Gambar 4.

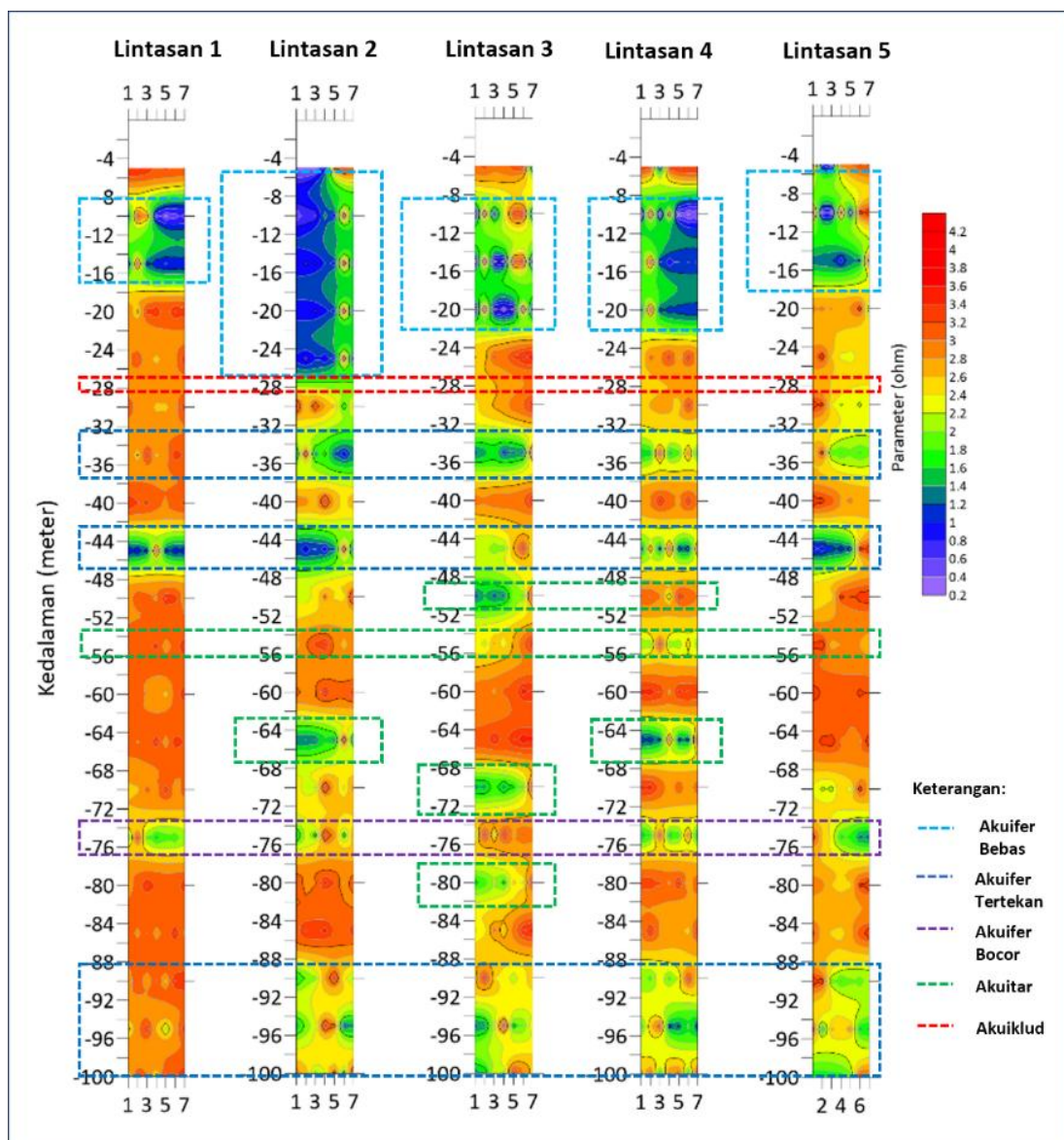


**Gambar 4. Diagram alir penelitian.**

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data hasil survei metode elektromagnetik pasif di lokasi titik manifestasi semburan gas biogenik maka dilakukan proses pemodelan dan interpretasi hasil pemodelan.

Interpretasi dilakukan pada model tomografi 2D bawah permukaan 5 lintasan pengukuran (35 titik ukur) di dekat sumur semburan gas sesuai desain survei (Gambar 2) untuk kedalaman 100 meter. Interpretasi dilakukan dengan mendelineasi lapisan dengan nilai kontras resistivitas rendah yang mengindikasikan lapisan tersebut merupakan lapisan dengan nilai porositas dan permeabilitas tinggi yang terisi fluida air dan gas [12]. Dengan demikian lapisan dengan kontras resistivitas yang sangat rendah dapat diinterpretasi sebagai lapisan akuifer sedangkan yang nilai kontras resistivitas menengah sampai rendah diinterpretasi sebagai lapisan akuitar. Adapun lapisan dengan nilai kontras resistivitas tinggi diinterpretasi sebagai lapisan *impermeable* atau porositas sehingga berpotensi tidak dapat menyimpan dan meloloskan fluida seperti air tanah dan gas biogenik [13]. Dalam interpretasi hasil pemodelan dilakukan berdasarkan hasil perbandingan nilai parameter konfigurasi ADMT terhadap nilai resistivitas jenis dari metode Geolistrik dimana lapisan konduktif yang menyimpan fluida air memiliki parameter  $< 3$  Ohm dan lapisan tidak menyimpan fluida (tidak permeabel) memiliki parameter  $> 3$  Ohm [14]. Dalam interpretasi ini lapisan akuifer diklasifikasikan menjadi 3 jenis akuifer yaitu akuifer bebas, akuifer tertekan, dan akuifer bocor berdasarkan posisi kedalamannya dan berdasarkan posisi lapisan tidak permeabelnya (non-konduktif) sesuai konsep pemodelan air tanah pada hidrogeologi [15]. Detail hasil interpretasi dan korelasi dari 5 model tomografi 2D dari 5 lintasan pengukuran di lokasi sumur gas biogenik dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah.

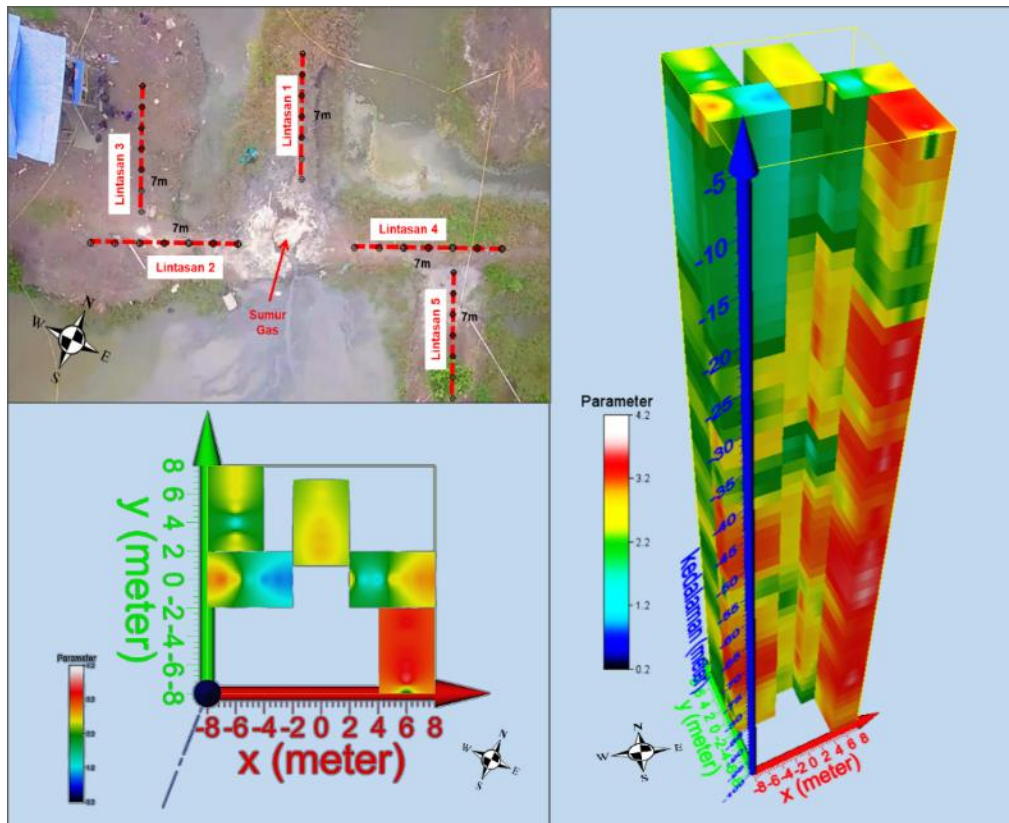


**Gambar 5. Interpretasi lima model 2D tomografi resistivitas dari 5 lintasan di dekat sumur gas biogenik Kampung Holtekamp.**

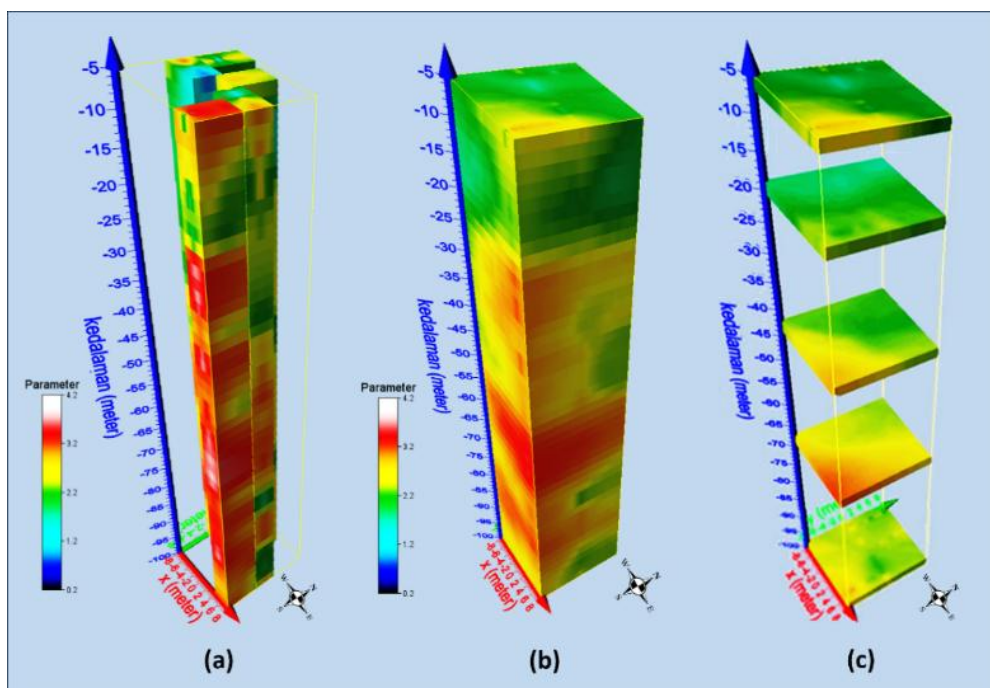
Berdasarkan interpretasi model 2D tomografi Gambar 5, diperoleh hasil bahwa di lintasan 1 akuifer bebas ditemukan pada kedalaman 8- 17 meter; di lintasan 2 akuifer bebas ditemukan pada kedalaman 4-27,5 meter; di lintasan 3 dan lintasan 4 akuifer bebas ditemukan pada kedalaman 8-22 meter; dan di lintasan 5 akuifer bebas ditemukan pada kedalaman 6-16 meter. Kedalaman awal akuifer bebas yang berbeda-beda pada tiap lintasan dipengaruhi oleh resapan air permukaan yang ada pada kolam dan selokan di sekitar 5 lintasan titik ukur sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 6. Lapisan akuifer bebas ini diinterpretasikan sebagai lapisan lapuk atau soil dipermukaan. Apabila merujuk dari data 2 sumur pengeboran air tanah, model tomografi resistivitas 2D lintasan 2 dan lintasan 5 sesuai dengan data hasil pengeboran. Adapun dari model tomografi lintasan 2 diperoleh hasil bahwa pada kedalaman 27,5-28 meter terdapat lapisan dengan kontras resistivitas sedang (1,8-2,0 ohm) yang diinterpretasi sebagai lapisan akuikud yang berupa lapisan lempung basah (*clay*) yang terisi air. Sedangkan lapisan dengan kontras resistivitas tinggi pada kedalaman 28-32 meter diinterpretasi sebagai lapisan lempung yang lebih kering. Hal ini sesuai dengan data bor sumur semburan gas yang menemukan lapisan lempung di kedalaman 28 meter dan pada kedalaman 32 meter ditemukan semburan gas. Dengan demikian lapisan lempung pada kedalaman 28-32 meter ini kemungkinan merupakan *claycap* yang berperan sebagai lapisan tidak permeabel yang mampu memerangkap gas.

Lebih lanjut dari hasil korelasi 5 model tomografi 2D ditemukan beberapa lapisan akuifer tertekan yaitu pada kedalaman 32-37,5 meter; kedalaman 42,5-46 meter; dan kedalaman 88 sampai dengan lebih dari 100 meter. Berdasarkan hasil tersebut maka gas yang muncul pada manifestasi sumur merupakan gas yang terperangkap pada akuifer tertekan pada kedalaman 32-37,5 meter. Karena terperangkap pada jenis akuifer tertekan maka gas memiliki tekanan yang cukup untuk menaikkan air asin beserta material sedimen lumpur pada kedalaman tersebut sampai ke permukaan. Adapun berdasarkan hasil pengambilan sampel di lapangan material lumpur yang keluar dari sumur gas merupakan endapan lanau atau debu. Sehingga lapisan akuifer tertekan pada kedalaman tersebut diinterpretasi sebagai lapisan lanau lumpuran [16]. Lebih lanjut berdasarkan interpretasi dan korelasi 5 model tomografi resistivitas diperoleh akuifer bocor pada kedalaman 73,5-77 meter. Hal ini didasarkan pada teridentifikasinya lapisan akuitar dengan permeabilitas kecil yang cukup untuk meloloskan fluida pada model yang diperoleh yaitu pada kedalaman 48,5- 53,5 meter (model lintasan 2, 3, 4 dan 5); kedalaman 53-58 meter (semua model lintasan); kedalaman 63-67,5 meter (model lintasan 2 dan 4) dan kedalaman 78-82 meter (model lintasan 3). Lapisan akuitar tersebut memungkinkan untuk terjadinya rembesan fluida atau migrasi gas dari lapisan akuifer yang lebih dalam ke lapisan akuifer yang lebih dangkal.

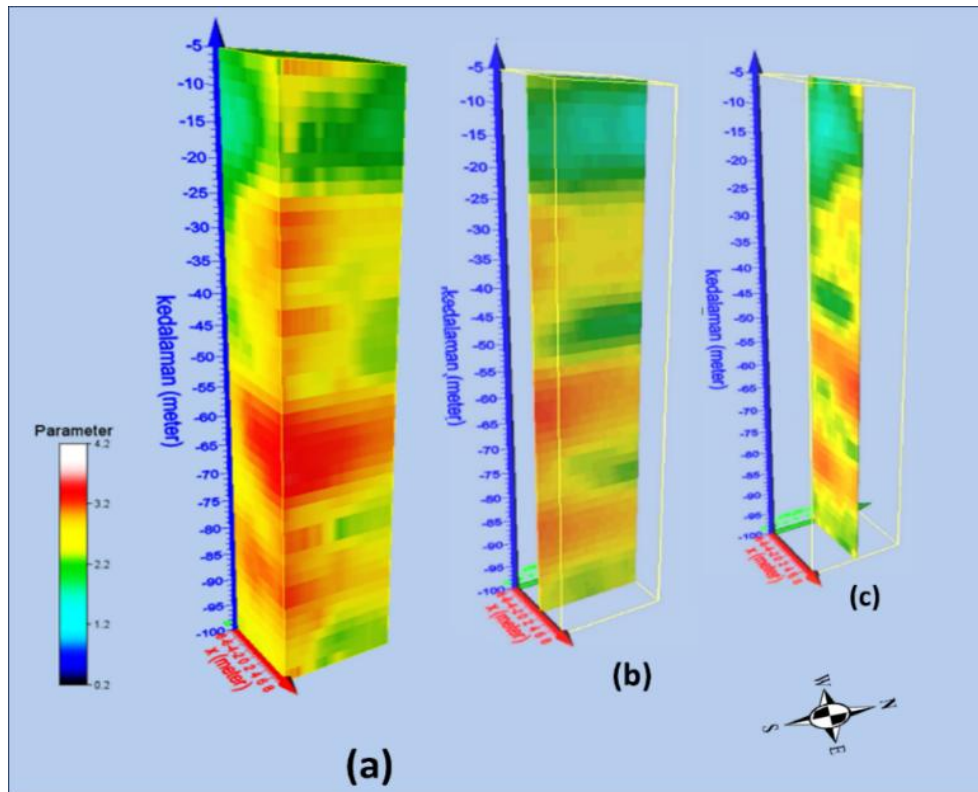
Berkaitan dengan temuan lapisan akuifer dan akuitar yang berpotensi tempat terperangkap dan jalur bermigrasinya fluida gas biogenik, maka data dari 5 model tomografi 2D diplot atau dipetakan pada sistem koordinat tiga dimensi ( $x,y,-z$ ). Plot 5 model tomografi 2D sesuai dengan posisi titik ukur sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 6 ditujukan untuk proses *gridding* lebih lanjut agar dapat diperoleh model 3D hasil interpolasi model menggunakan algoritma kriging. Adapun dari Gambar 6 terlihat bahwa sumur semburan gas berada pada pusat koordinat (0,0,z). Model tomografi 3D hasil dari proses *gridding* dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8. Berdasarkan Gambar 7 terlihat bahwa dari hasil *gridding* diperoleh model 3D dengan dimensi panjang x lebar x kedalaman berturut-turut adalah 16x16x100 meter. Model tomografi 3D dalam bentuk volume perlapisan bawah permukaan ini dapat mempermudah dalam melakukan interpretasi orientasi arah migrasi fluida gas.



Gambar 6. Penggabungan lima model 2D tomografi dari 5 lintasan pengukuran yang disatukan dalam koordinat 3D (x,y,z) berdasarkan posisi lintasan.



Gambar 7. (a) Gabungan lima model 2D tomografi; (b) Model 3D tomografi hasil *gridding* gabungan model 2D tomografi dari 5 lintasan pengukuran; dan (c) interpretasi perlapisan beberapa kedalaman dari model 3D tomografi bawah permukaan.



**Gambar 8. (a) Model 3D tomografi bawah permukaan; (b) Penampang bawah permukaan pada arah sumbu y ( $0, y, z$ ) yang memotong posisi sumur dari Model 3D tomografi bawah permukaan; dan (c) Penampang bawah permukaan pada arah sumbu x ( $x, 0, z$ ) yang memotong posisi sumur dari Model 3D tomografi bawah permukaan.**

Berdasarkan model tomografi 3D pada Gambar 7.b, dapat diinterpretasikan bahwa semua lapisan semakin dalam lapisan sedimen maka lapisan yang berperan sebagai lapisan *unpermiabile* atau akuiklud memiliki kontras resistivitas yang semakin meningkat. Adapun lapisan-lapisan akuifer yang teridentifikasi juga memiliki kecenderungan yang sama dimana kontras resistivitas rendah semakin meningkat seiring bertambahnya kedalaman. Hal ini sesuai dengan konsep horisontalitas dimana semakin dalam maka semakin padat atau porositas semakin kecil karena mengalami kompaksi oleh tekanan. Namun ada kemungkinan nilai kontras resistivitas lapisan akuifer yang cenderung meningkat terhadap kedalaman ini juga disebabkan oleh keberadaan gas pada lapisan yang lebih dalam tersebut karena gas bersifat osilator. Lebih lanjut berdasarkan interpretasi perlapisan beberapa kedalaman dari model 3D tomografi resistivitas pada Gambar 7.c, terlihat bahwa pada kedalaman 5 meter, 20 meter, 44 meter; 75 meter, dan 100 meter lapisan akuifer air tanah yang berpotensi menjebak dan memigrasikan gas biogenik memiliki orientasi horisontal pada arah Baratlaut. Hal ini ditunjukkan oleh nilai kontras densitas yang sangat rendah pada arah Baratlaut di setiap lapisan yang disebutkan.

Berikutnya untuk melihat potensi migrasi fluida pada arah vertikal maka dilakukan interpretasi penampang arah sumbu x ( $x, 0, z$ ) dan pada arah sumbu y ( $0, y, z$ ) yang melalui pusat koordinat atau posisi sumur semburan gas (Gambar 8). Dari hasil yang ditunjukkan model penampang pada arah sumbu y ( $0, y, z$ ) pada Gambar 8.b, terlihat bahwa akuifer air tanah paling dominan atau memiliki kontras resistivitas paling rendah adalah akuifer bebas di kedalaman 5-28 meter; akuifer tertekan di kedalaman 42,5-46,0 meter; akuifer bocor di kedalaman 73,5-77,0 meter; dan akuifer tertekan di kedalaman 88 meter sampai lebih dari 100 meter. Adapun akuifer tempat terjebak gas biogenik di permukaan tidak memiliki kontras resistivitas yang rendah kemungkinan disebabkan lapisan aquifer ini tidak jenuh air karena juga terisi oleh gas biogenik yang bersifat isolatif. Lebih lanjut berdasarkan model penampang pada arah sumbu x ( $x, 0, z$ ) Gambar 8.c, terlihat bahwa ada pola jalur migrasi fluida dari lapisan aquifer bocor pada kedalaman 73,5-77,0 meter ke lapisan akuifer yang ada di atasnya 63,0-73,5 meter.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian survei metode elektromagnetik pasif dengan pemodelan 2D dan 3D dapat disimpulkan bahwa terdapat lapisan lempung (*clay*) yang bersifat tidak permiabel di kedalaman 28-32 meter serta terdapat beberapa lapisan akuifer tertekan pada kedalaman 32-37,5 meter yang terjebak di bawah *claycap* impermeabel. Migrasi fluida juga terjadi melalui akuifer bocor pada kedalaman 73,5-77 meter, memungkinkan gas naik ke lapisan lebih dangkal. dan akuifer bocor serta akuitar di bawahnya yang berpotensi juga untuk menjadi tempat cebakan atau jalur migrasi gas biogenik. Dengan demikian semburan gas di Kampung Holtekamp berasal dari akumulasi gas pada akuifer tertekan dangkal dengan arah orientasi jalur migrasi gas dominan ke arah barat laut, dengan pola migrasi vertikal dan horisontal yang menunjukkan peran lapisan lanau dan lempung sebagai pengontrol utama pergerakan gas.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada Pemerintah Kota Jayapura dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Cenderawasih. Karena telah mengizinkan dan mendukung penulis melaksanakan kegiatan penelitian di lokasi manifestasi semburan gas biogenik Kampung Holtekamp sehingga penelitian dapat mencapai hasil yang ditargetkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian ESDM, *Statistik Minyak dan Gas Bumi 2022*, Jakarta, Indonesia: Kementerian ESDM, 2022.
- [2] A. R. Amelia, "Kementerian ESDM temukan potensi gas biogenik di Bali Utara," *Katadata.co.id*, 2017. [Online]. Available: <https://katadata.co.id/berita/energi/5e9a5656f21e2/kementerian-esdm-temukan-potensi-gas-biogenik-bali-utara>. [Accessed: Feb. 10, 2025].
- [3] S. Sembiring, R. L. Panjaitan, S. Susianto, and A. Altway, "Pemanfaatan gas biogenik sebagai LPG (Liquified Petroleum Gas)," *J. Tek. ITS*, vol. 8, no. 2, pp. F206-F211, 2020.
- [4] Ceposonline, "Gegerkan Warga, Semburan Gas Muncul dari Sumur Air di Kampung Holtekamp Jayapura," 2023. [Online]. Available: <https://www.ceposonline.com/nasional/1993220696/breaking-news-gegerkan-warga-sembruran-gas-muncul-dari-sumur-air-di-kampung-holtekamp-jayapura>. [Accessed: Feb. 10, 2026].
- [5] N. Suwarna and Y. Noya, *Peta Lembar Geologi Jayapura*, Bandung, Indonesia: Pusat Pengembangan dan Geologi, 1995.
- [6] B. Sudrajad and T. Sutarman, "Identifikasi Cekungan Sedimen Lokasi Manifestasi Gas Alam Kampung Holtekamp Kota Jayapura Melalui Pemodelan Tiga Dimensi (3D) Berdasarkan Anomali Gravitasi GGMplus," *J. Teori Dan Apl. Fis.*, vol. 13, no. 1, 2025, <https://doi.org/10.23960/jtaf.v13i01.451>.
- [7] N. Lunga, S. Y. Y. Mantiri, R. A. Resa, and D. Napitupulu, "Identifikasi Lapisan Tanah Mengandung Gas Biogenik Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Schlumberger Vertikal di Kampung Bugis Holtekamp, Distrik Muara Tami, Kota Jayapura," *J. Health, Educ. Econ. Sci. Technol. (J-HEST)*, vol. 7, 2024.
- [8] Aidu Research and Development Team, *Aidu Golden Rod Operational Manual*, Shanghai, China: Guiin Technology Hydrology Geological Prospecting Institute, 2021.
- [9] H. Yao et al., "Two-dimensional magnetotelluric finite element modeling by a hybrid Helmholtz-curl formulae system," *J. Comput. Phys.*, vol. 445, Nov. 2021, Art. no. 110533, <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2021.110533>.
- [10] B. Sudrajad and T. Sutarman, "Pemodelan Bawah Permukaan Wilayah Manifestasi Semburan Gas Alam di Kampung Holtekamp Menggunakan Metode Elektromagnetik

- Tomografi dan Metode Gravitasi," Laporan Penelitian PNBPN, LPPM Universitas Cenderawasih, Jayapura, Indonesia, 2024.
- [11] D. G. Krige, "A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand," *J. Chem. Metall. Min. Soc. S. Afr.*, vol. 52, pp. 119-139, 1951.
- [12] W. M. Telford, L. P. Geldart, and R. E. Sheriff, *Applied Geophysics*, 2nd ed. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 1990.
- [13] S. H. Yuwanto, H. T. Wibowo, H. Bahar, and M. S. Putra, "Identifikasi keberadaan gas biogenik dengan metode geolistrik sebagai energi alternatif daerah Kampil dan sekitarnya, Kecamatan Wiradesa, Kabupaten Pekalongan, Jawa Tengah," Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya, Indonesia, 2019.
- [14] R. J. Marbun, I. N. Simpen, I. N. Sandi, K. N. Suarbawa, N. N. Rupasih, W. G. Suharta, Perbandingan Metode Geolistrik dengan Metode Audio Magnetotelluric (ADMT) pada Uji Posisi Akuifer di Rumah Sakit Universitas Udayana", *Buletin Fisika* vol.26, no.1, pp. 80-87, 2025.
- [15] C. Astiti, P. Sagung, G. N. Kerta Arsana, "Hidrologi dan Hidrogeologi," Media Publishing, 2025.
- [16] B. E. Nurhandoko, K. Triyoso, M. R. A. Hadi, I. Rizal, D. S. Widarto, and N. Nurhasan, "Karakterisasi Akuifer Berumur Miosen di Daerah Geologi Kompleks Thrust Fault Zona Kendeng dengan Rock Physics dan Tomografi," *J. Geofisika*, vol. 18, no. 2, pp. 53-59, 2020.