

Identifikasi dan Pemodelan 2D Zona Akuifer Daerah Sungai Buffalo Dengan Menggunakan Data Audiomagnetotellurik

Selvi Misnia Irawati¹, Fadhlan Amin¹ dan Andri Yadi Paembonan¹

¹Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sumatera

*Email: selvi.irawati@tg.itera.ac.id

Submit: 15 Oktober 2024; Revised: 22 Juli 2025; Accepted: 29 Juli 2025

Abstrak: Air adalah elemen vital bagi keberlangsungan hidup di bumi. Salah satu sumber air yang paling sering digunakan saat ini adalah air tanah. Air tanah tersimpan di bawah permukaan bumi dan mengisi celah-celah pada lapisan batuan geologi. Lapisan tempat air tersebut berada dikenal dengan sebutan akuifer. Eksplorasi air tanah dari target kedalaman dangkal sampai dengan sangat dalam menjadi pilihan untuk ketersediaan air di daerah aliran sungai (DAS) Buffalo, Arkansas. Wilayah sungai Buffalo memiliki potensi air tanah yang terletak pada kedalaman sangat dalam. Kondisi ini menjadi tantangan bagi penerapan metode geofisika konvensional seperti geolistrik, yang terbatas dalam menjangkau kedalaman tersebut. Untuk mengatasi kendala ini, Metode Audiomagnetotellurik (AMT) dapat digunakan karena mampu mendeteksi lapisan akuifer pada kedalaman lebih dari 100 meter. Oleh sebab itu, metode AMT diperlukan guna mencapai target eksplorasi dan mengidentifikasi litologi pada kedalaman tersebut. Dengan cakupan frekuensi antara 1 Hz - 10,000 Hz, metode AMT dapat menembus kedalaman lebih dari 1,000 meter, sehingga menjadi solusi yang efektif dalam mendeteksi target pada lapisan yang sangat dalam. Data AMT yang digunakan diperoleh dari U.S Geological Survey dengan 6 titik pengukuran yang dimodelkan menjadi 2 lintasan. Data AMT dirotasi ke arah *geolectrical strike* sebesar N75°E dan dimodelkan menggunakan inversi 2D *Non Linear Conjugate Gradient*. Berdasarkan hasil pemodelan dan interpretasi, formasi yang tersusun pada daerah penelitian terdiri dari Formasi Bloyd, Hale, Boone, Everton dan Formasi Ordovician. Lapisan yang memiliki potensi sebagai lapisan akuifer diperoleh pada resistivitas rendah 1-100 Ωm , berada pada kedalaman 0 - 500 meter dengan litologi yang tersusun pada Formasi Bloyd dan Formasi Hale. Formasi tersebut tersusun dari beberapa jenis batuan yaitu batu pasir dan batu gamping.

Kata kunci: Audiomagnetotellurik, Akuifer, Air tanah, *Geoelectrical Strike*

Abstract: Water is one of the important components of life on earth. The water source that is widely used today is groundwater. Groundwater is water that exist beneath the surface and fills cavities in geological layers. Exploration of groundwater from shallow to depths has become a choice for ensuring water availability in the Buffalo River Basin, Arkansas. The Buffalo River area has groundwater potential

at very deep depths. The very deep groundwater depths pose a challenge for using common geophysical exploration methods such as geoelectrics. Estimating aquifer at deep depths can be addressed by using the Audiomagnetotelluric (AMT) method, particularly for aquifer deeper than 100 meters. Therefore, this method is necessary to identify the lithology and aquifer. The use of the AMT method, with a frequency range of 1 Hz - 10,000 Hz which can reach depths of over 1000 meters, is one solution to the problem of estimating very deep targets. The AMT data were obtained from the U.S. Geological Survey, with 6 measurement points modeled into 2 lines. The AMT data was rotated to the *geoelectric strike* of N75°E and modeled using 2D *Non Linear Conjugate Gradient inversion*. The result form 2D inversion show that the formations in the research area consist consist of the Bloyd Formation, Hale Formation, Boone Formation, Everton Formation and Ordovician Formation. Layers that have the potential to serve as aquifers are identified at low resistivity (1-100 Ωm), located at a depths of 0 - 500 meters, with lithology composed of the Bloyd and Hale Formation. These formations consist of several types of rocks, including sandstone and limestone.

Keywords: Audiomagnetotelluric, Aquifer, Groundwater, *Geoelectrical strike*

1 LATAR BELAKANG

Air menjadi sumber kebutuhan utama bagi kehidupan makhluk di bumi. Salah satu sumber air yang banyak dimanfaatkan adalah air tanah. Air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan yang menempati rongga-rongga di lapisan geologi dan dengan jumlah yang cukup (Bisri, 2012). Air yang berada di bawah permukaan tanah merupakan sistem air jenuh yang dipengaruhi oleh kondisi geologi bawah permukaan (Hadian dkk., 2006). Jenis air tanah dapat berbeda dipengaruhi oleh kondisi geologi yang menyusun bawah permukaan daerah tersebut. Sirkulasi air yang disebut sebagai daur hidrologi merupakan proses sirkulasi air yang terjadi secara berulang (Bisri, 2012). Lapisan yang dapat menyimpan dan mengalirkan air tanah dengan jumlah yang cukup disebut dengan lapisan akuifer. Umumnya lapisan akuifer tersusun dari batuan yang memiliki permeabilitas dan porositas yang cukup baik sehingga mampu mengalirkan dan menyimpan air (Owolabi dkk., 2020). Adapun perbedaan la-

pisan akuifer dapat dipengaruhi oleh kondisi litologi bawah permukaan. Menurut Kirsch (2008); eksplorasi air tanah dapat dilakukan dengan beberapa metode geofisika yaitu geolistrik (Bisri, 2012; Irawati dkk., 2016), petrofisika (Khan dkk., 2020; Slater, 2007), elektromagnetik (Falgàs-Parra, 2017; Ariyo dkk., 2009) dan beberapa metode lainnya. Diantara metode tersebut metode geolistrik resistivitas merupakan metode yang paling sering digunakan. Namun target yang terlalu dalam menjadi sebuah masalah yang timbul jika melakukan pengukuran geolistrik resistivitas, karena target kedalaman yang akan berpengaruh dengan panjang lintasan yang ingin digunakan (Sultan dkk., 2013; Apparao, 1991).

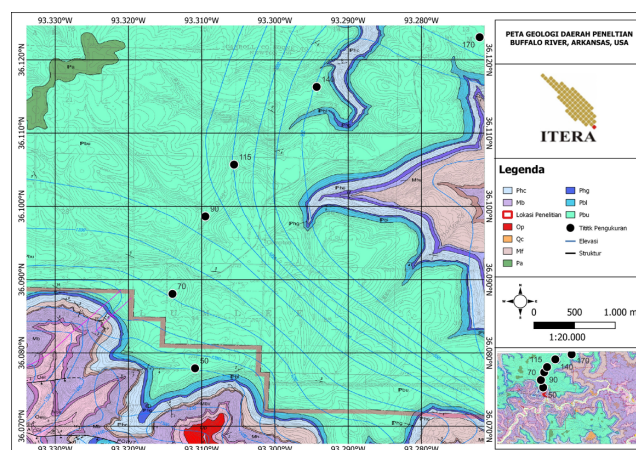
Metode elektromagnetik dapat menjadi solusi permasalahan untuk eksplorasi dengan target yang lebih dalam. Fenomena elektromagnetik didasarkan pada persamaan Maxwell (Kirsch, 2008). Salah satu metode elektromagnetik yang dapat digunakan untuk eksplorasi air tanah adalah metode Audiomagnetotellurik (AMT) (Falgàs-Parra, 2017). Metode ini merupakan metode pasif yang menggunakan variasi geomagnetik, terjadi karena adanya induksi elektromagnetik yang diakibatkan oleh badai petir (Simpson dan Bahr, 2005). Kedalaman penetrasi metode AMT menggunakan konsep *skin depth*, berdasarkan pada frekuensi yang digunakan dan konduktivitas material yang dilaluinya (Simpson dan Bahr, 2005). Semakin kecil frekuensi yang digunakan maka semakin dalam informasi yang didapatkan.

Penelitian ini menggunakan metode AMT yang dilakukan di sekitar sungai Buffalo. Sungai Buffalo adalah sungai nasional yang letaknya di Arkansas, Amerika Serikat. Eksplorasi akuifer ini merupakan hal yang penting di daerah sungai Buffalo dan sekitarnya. Karena permintaan air meningkat yang menyebabkan kekhawatiran tentang ketersediaan air, maka penelitian terhadap lapisan akuifer ini sangat diperlukan. Akuifer dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah irigasi di bidang pertanian dan perkebunan (Wolf, 1981). Pendugaan akuifer yang tertimbun sulit, karena tidak dapat diidentifikasi di atas permukaan dan sudah banyak uji lubang bor yang tidak dapat menembus endapan glasial. Berdasarkan pada penelitian sebelumnya yaitu (Wolf, 1981) batas akuifer terkubur di area penelitian berkisar di kedalaman 60- 305 meter di bawah permukaan tanah. Pada target kedalaman tersebut sangat memungkinkan untuk menggunakan metode AMT dikarenakan dapat mencapai kedalaman tersebut yang menggunakan frekuensi 1 Hz - 10.000 Hz, dibandingkan dengan geolistrik yang tidak disarankan untuk dipakai karena akan memerlukan bentangan elektroda yang sangat jauh dan panjang.

2 METODOLOGI

2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di daerah sekitar sungai Buffalo, yang merupakan sungai nasional yang terletak di Arkansas, Amerika Serikat. Data diperoleh dari situs U.S Geological Survey, dengan 6 titik data pengukuran. Jarak antara 1 data dengan lainnya dipisahkan sejauh 700 meter. Durasi pengukuran data yaitu 5 hari, dimulai dari tanggal 23 agustus 2017 hingga 28 agustus 2017. Sungai ini terletak pada koordinat $36^{\circ}10'41''\text{N}$ dan $92^{\circ}25'34''\text{W}$ yang berada di sebelah utara sungai Buffalo dengan jarak 2 km.



Gambar 1. Geologi daerah Penelitian (Hudson dan Turner, 2014).

Pada umumnya daerah penelitian berada di dekat Daerah Aliran Sungai (DAS) nasional Buffalo seperti pada gambar 1 terdiri dari batuan dengan umur batuan periode Pennsylvanian dengan Formasi batuan Bloyd (*Pbu*) terdiri dari serpih, batu pasir dengan perselingan batu lanau. Batuan yang terbentuk di sekitar sungai Buffalo terbentuk pada era Paleozoikum, yang ditandai dengan banyaknya endapan batu gamping dan dolomit yang disusupi oleh mineral silika disusupi oleh sebagian besar dari sekresi dan kerangka laut mikroskopis (Smith, 2022). Formasi Bloyd ini terbentang dari Arkansas hingga Oklahoma yang panjangnya 200 mil (McCaleb, 1968). Kemudian terdiri dari bagian bawah Formasi Bloyd (*Pbl*) dengan umur Pennsylvanian akhir yang terusun oleh batu pasir dan gamping yang berkorelasi dengan Formasi Hale (*Phg*) dan Formasi Cane Hill (*Phg*).

2.2 Methode Audiomagnetotellurik (AMT)

Pada metode AMT, dapat diperhatikan beberapa prinsip dasar yang dijelaskan dalam persamaan Maxwell. Persamaan ini merupakan himpunan persamaan diferensial yang mendeskripsikan sifat medan listrik, medan magnet juga hubungan dari 2 medan tersebut. Secara matematis prinsip AMT dijelaskan dalam persamaan 1, 2, 3 dan 4:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (1)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{j}_f + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (2)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (3)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \eta_f \quad (4)$$

Dalam persamaan 1, 2, 3 dan 4 dapat dijelaskan bahwa $\mathbf{E}$ didefinisikan sebagai medan listrik (V/m), dan $\mathbf{B}$ merupakan induksi magnetik (Tesla), $\mathbf{H}$ merupakan medan magnet (Ampere/m), $\mathbf{j}_f$ adalah rapat arus (Ampere/m²), $\mathbf{D}$ pergeseran muatan listrik (Coulomb/m³), η_f merupakan rapat muatan listrik (Coulomb/m³) (Simpson dan Bahr, 2005).

Pada persamaan 1 merupakan persamaan hukum Faraday. Pada persamaan 2 merupakan persamaan hukum Ampere. Untuk persamaan ke 3 merupakan hukum Gauss magnet menyatakan tidak ada muatan magnet yang bebas dalam hal ini kutub mono. Persamaan 4 adalah persamaan Gauss listrik.

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H} \quad (5)$$

$$\mathbf{D} = \varepsilon \mathbf{E} \quad (6)$$

$$\mathbf{J}_f = \sigma \mathbf{E} = \frac{\mathbf{E}}{\rho} \quad (7)$$

Persamaan 5, 6 dan 7 merupakan sifat intrinsik bumi dimana μ melambangkan permeabilitas, ε melambangkan permitivitas listrik, dan σ melambangkan konduktivitas listrik. Pada pembelajaran metode AMT, variasi permitivitas listrik, permeabilitas magnetik batuan diabaikan dan dibandingkan dengan variasi konduktivitas batuan ($\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ F/m dan $\mu_0 = 1.2566 \times 10^{-6}$ H/m) (Simpson dan Bahr, 2005).

Untuk mengaplikasikan persamaan 5, 6 dan hukum Ohm, maka persamaan Maxwell dapat ditulis sebagai berikut:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (8)$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \sigma \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (9)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (10)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\eta_f}{\varepsilon} \quad (11)$$

2.3 Analisis Tensor Fase

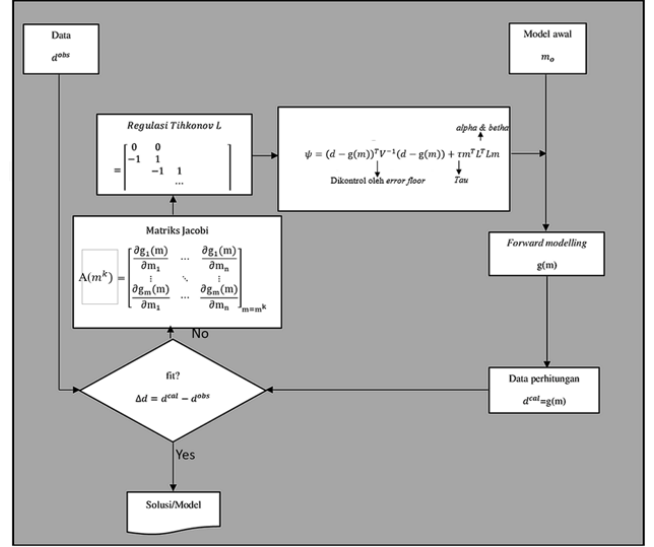
Analisis tensor fase bertujuan untuk mendapatkan dimensionalitas data dan *geolectrical strike* (Irawati dkk., 2019). Penentuan *geolectrical strike* digunakan untuk merotasi data AMT karena pemodelannya 2D. Analisis ini didasari pada teori Caldwell dkk. (2004) yang dapat ditunjukkan oleh persamaan 12 dan 1. Persamaan ini menyatakan bahwa tensor fase merupakan bilangan kompleks yang ditentukan oleh rasio antara bilangan real (X) dan imajiner (Y) dari tensor impedansi.

$$\Phi = X^{-1}Y \quad (12)$$

$$\begin{bmatrix} \Phi_{11} & \Phi_{12} \\ \Phi_{21} & \Phi_{22} \end{bmatrix} = \frac{1}{\det(X)} \begin{bmatrix} X_{22}Y_{11} - X_{12}Y_{21} & X_{22}Y_{12} - X_{12}Y_{22} \\ X_{11}Y_{21} - X_{21}Y_{11} & X_{11}Y_{22} - X_{21}Y_{12} \end{bmatrix} \quad (13)$$

2.4 Pemodelan Data AMT

Untuk menggambarkan keadaan bawah permukaan, diperlukan pemodelan untuk dapat melihat sistem air tanah dan



Gambar 2. Diagram Alir Inversi NLCG

lapisan akuifer daerah penelitian. Pemodelan yang digunakan adalah metode inversi 2D *Nonlinear Conjugate Gradient* (NLCG). Inversi NLCG dapat menyederhanakan mesh atau blok yang sama untuk parameter model resistivitas. Menurut Rodi dan Mackie (2001) jenis inversi ini menggunakan algoritma yang mampu menyederhanakan suatu fungsi objektif (Ψ) yang ada di resistivitas (persamaan 14). Selain itu juga dapat mengatasi permasalahan yang bukan kuadratik dan membebaskan kerangka iterasi. Algoritma inversi NLCG diberikan pada Gambar 2.

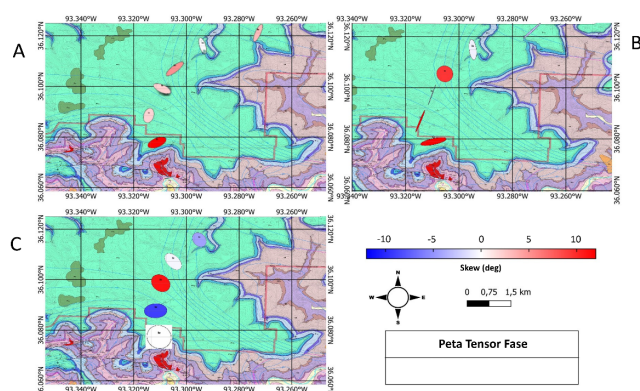
$$\Psi = (d - g(m))^T V^{-1} (d - g(m)) + \tau m^T L^T L m \quad (14)$$

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

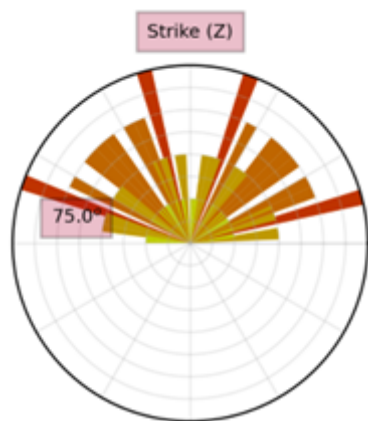
3.1 Analisis Data AMT

Geoelectrical strike merupakan arah yang merepresentasikan orientasi arah arus listrik bawah permukaan akibat dari ketidak homogenan lateral konduktivitas listrik bumi (Niasari, 2016). Analisis *strike* berguna untuk menunjukkan konsistensi dengan hasil inversi menjadi indikasi anomali resistivitas struktur (Khyzhnyak, 2014). Informasi yang didapatkan dari analisis ini berguna untuk rotasi data AMT sebelum dilakukan pemodelan. Perhitungan tensor fase dapat memperkirakan dimensi data dan mendapatkan arah *geolectrical strike*. Nilai *geolectrical strike* dari tensor fase dikorelasikan dengan arah geological strike di daerah penelitian. Pada penelitian ini, analisis tensor fase dilakukan pada semua periode data AMT. Kemudian dari persamaan 12 dan 13 dibuatkan peta persebaran nilai tensor fase tiap periode dan tiap titik dan didapatkan pada Gambar 3 yang terbagi atas periode tinggi, sedang dan rendah. Dari hasil peta tensor fase menunjukkan bahwa elips didominasi dengan warna merah yang mempunyai *skew* besar $\beta > 3^\circ$, mengindikasikan data AMT mempunyai dimensionalitas 3D.

Sumbu utama pada masing-masing tensor fase pada seluruh titik pengukuran di-plot ke dalam diagram rose. Arah *geolectrical strike* pada data AMT ini yaitu sebesar N75°E



Gambar 3. Peta tensor fase yang di-overlay dengan peta geologi pada (A) Periode Rendah, (B) Periode Sedang, dan (C) Periode Tinggi. Warna pada elips menunjukkan nilai sudut *skew* pada tensor fase. Warna merah menunjukkan nilai *skew* besar (3°) sedangkan warna biru menunjukkan nilai *skew* kecil (-3°).

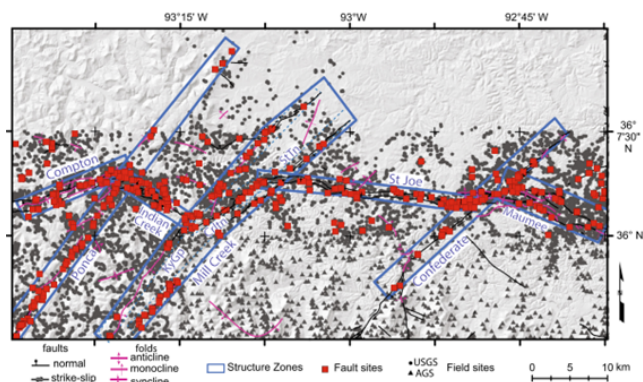


Gambar 4. Hasil diagram rose yang menunjukkan arah *geoelectrical strike* $N75^\circ E$.

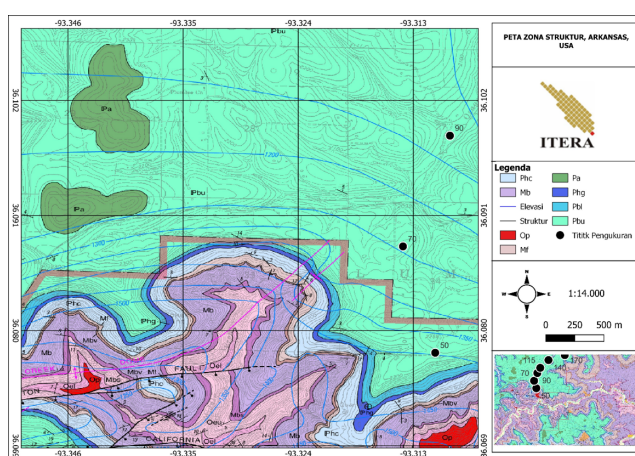
(Gambar 4). Hal ini didukung oleh zona struktur Arkansas seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5. Zona Compton merupakan zona struktur yang berada di dekat lokasi penelitian dan menjadi tempat keberadaan Sesar Compton sepanjang 120 m arah barat daya - timur laut (Hudson dan Turner, 2022). Selain itu, terdapat zona Ponca yang mempunyai struktur dengan arah barat laut. Zona Ponca merupakan sesar yang panjang berarah timur laut dan memotong sedikit zona Compton. Pada bagian barat area penelitian, terdapat struktur utama dengan arah mendekati $N75^\circ E$ yang dapat dilihat pada Gambar 6. Dengan adanya informasi pendukung tersebut maka dapat disimpulkan bahwa arah *geoelectrical strike* adalah $N75^\circ E$. Arah ini digunakan untuk merotasi data MT sebelum dilakukan pemodelan inversi 2D.

3.2 Pemodelan 2D

Proses inversi data AMT diperlukan untuk menggambarkan distribusi nilai tahanan jenis bawah permukaan. Pemodelan inversi sering pula disebut sebagai *data fitting* karena pencarian parameter model yang menghasilkan respon bawah permukaan dengan menggunakan data pengamatan (Takodama



Gambar 5. Zona struktur Arkansas (Hudson dan Turner, 2022).

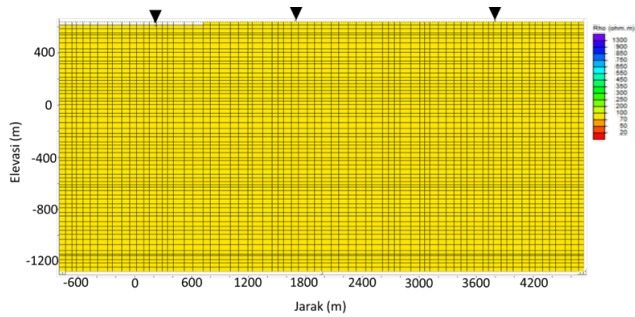


Gambar 6. Peta zona struktur dekat penelitian (Hudson dan Turner, 2014).

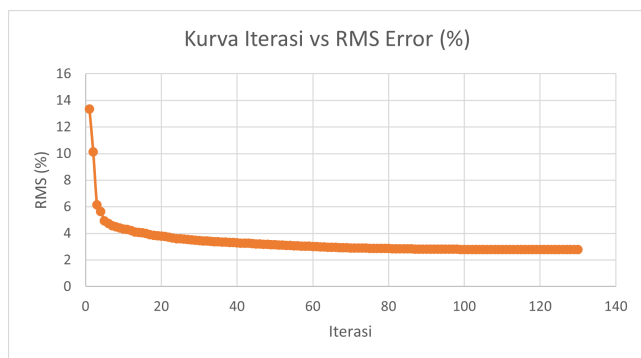
dkk., 2018). Inversi ini menggunakan algoritma NLCG yang dapat secara langsung meminimalisasi problem yang bukan kuadratik (Rodi dan Mackie, 2001). Setiap satu kali iterasi pada inversi di setiap lintasan akan menyelesaikan dua atau 3 *problem forward* (Siripunvaraporn, 2012). Parameter yang digunakan inversi NLCG adalah model awal berupa resistivitas sebenarnya, dengan menggunakan konsep bumi merupakan lapisan homogen *half space*. Nilai tau dan lagrange menjadi fungsi minimum pada parameter ini.

Penelitian ini menggunakan 6 titik pengukuran dengan 2 lintasan, lintasan pertama memakai 3 titik pengukuran dan lintasan 2 terdiri dari 4 titik pengukuran. Setiap lintasan menggunakan parameter model awal berupa medium homogen dengan resistivitas $100 \Omega m$ (Gambar 7). Target kedalaman pada penelitian ini adalah akuifer yang tertimbun dengan kedalaman yang perlu dicapai adalah 60-330 meter (Wolf, 1981), sehingga penetrasi kedalaman yang penulis tampilkan sampai kedalaman 1300 meter. Selain mengatur target kedalaman, pengaturan *mesh grid* juga merupakan hal yang penting. Nilai *mesh grid* menggunakan perkalian antara jumlah stasiun, jumlah dekade, data per dekade dan jumlah komponen. *Mesh grid* yang dipakai tidak boleh lebih kecil dari hasil perkalian sebelumnya. Pada lintasan 1 dan 2 menggunakan grid yang sama yang berjumlah 9292 grid.

Pemodelan inversi dilakukan untuk menghasilkan model konvergen. Model konvergen ditunjukkan dari kurva ite-



Gambar 7. Model awal berupa medium homogen dengan resistivitas 100 Ω m.

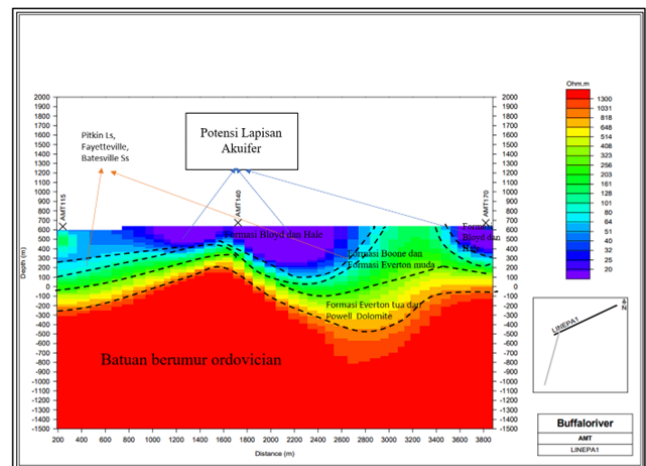


Gambar 8. Perbandingan Iterasi dengan RMS Error (%).

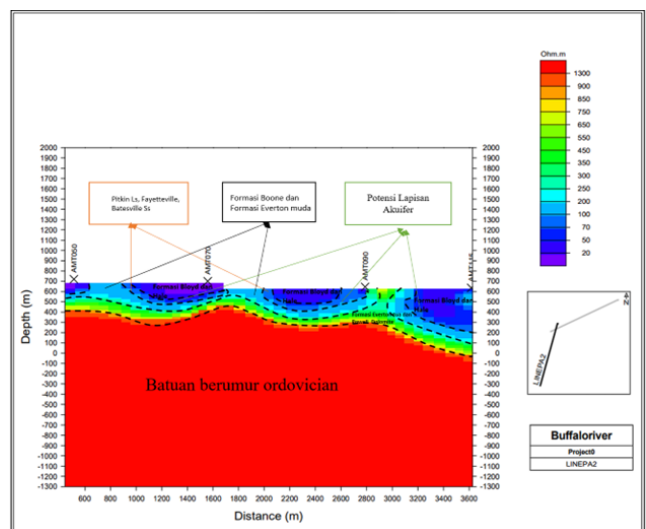
rasi versus *RMS error* (Gambar 8) dimana nilai RMS sudah tidak turun lagi ketika iterasi bertambah. Kurva tersebut memperlihatkan kestabilan nilai error pada jumlah iterasi yang telah ditentukan. Pemakaian iterasi sebagai parameter utama validasi model, perlu didukung oleh data geologi daerah penelitian dan stratigrafi bawah permukaan agar tidak terjadi kesalahan dalam interpretasi model bawah permukaan. Jika nilai iterasi ditambah lagi, maka terjadi *overfitting* antara data kalkulasi dengan data observasi yang mengakibatkan model yang dihasilkan tidak sesuai dengan kondisi geologi di area penelitian.

Lintasan 1 yang ditunjukkan pada Gambar 9 merupakan lintasan yang memakai 3 titik pengukuran yaitu AMT 115, AMT 140 dan AMT 170 dengan arah timur laut-barat daya. Lintasan ini melewati formasi batuan yang berbeda yaitu Formasi Bloyd dan Hale. Perbedaan formasi ini berada antara titik AMT 140 dan AMT 170. Elevasi titik pengukuran berada pada ketinggian 600-630 meter diatas permukaan laut. Nilai RMS error yang dihasilkan adalah 2.7724%.

Model 2D pada lintasan 1 (Gambar 9) dapat diidentifikasi bahwa batuan penyusun didominasi oleh batuan dengan umur antara Pennsylvanian sampai umur Ordovician dengan nilai resistivitas rendah (20-101 *Omegam*) berada diatas batuan yang memiliki nilai resistivitas tinggi (818-1300 Ω m). Nilai resistivitas rendah berada pada kedalaman sampai 600 meter dengan ditandai warna ungu sampai warna biru muda. Kemudian respon resistivitas yang bernilai sedang (101-818 Ω m) ditunjukkan pada warna kuning sampai hijau dengan ketebalan lapisannya 100-900 meter. Selanjutnya didapatkan warna yang paling dominan pada model



Gambar 9. Hasil pemodelan 2D lintasan 1.



Gambar 10. Hasil pemodelan lintasan 2.

lintasan 1 yaitu warna merah yang menandakan resistivitas tinggi.

Lintasan 2 menggunakan 4 titik pengukuran yaitu AMT 050, AMT 070, AMT 090, dan AMT 115. Hasil pemodelan yang ditunjukkan pada Gambar 10 merupakan lintasan yang melewati 1 formasi yaitu Formasi Bloyd, memiliki panjang lintasan 3000 meter. Elevasi titik pengukuran berada pada ketinggian 600-680 meter di atas permukaan laut. Pada pemodelan ini didapatkan nilai RMS error sebesar 6.07%. Pada lintasan ini didapatkan beberapa titik dengan kedalaman sampai 300 meter dengan respon nilai resistivitas rendah dan selanjutnya didapatkan respon nilai resistivitas sedang ditandai dengan warna hijau sampai kuning dengan ketebalan lapisan 50-200 meter. Selanjutnya didapatkan warna merah menandai respon resistivitas tinggi.

Pada hasil yang ditunjukkan pada Gambar 9 dan 10 memberikan informasi nilai dan respon resistivitas batuan bawah permukaan. Nilai resistivitas yang diberikan antara rentang 20-1300 Ω m, dengan rentang warna antara ungu sampai dengan merah. Warna dan nilai ini memberikan informasi batuan dari yang konduktif sampai dengan yang pa-

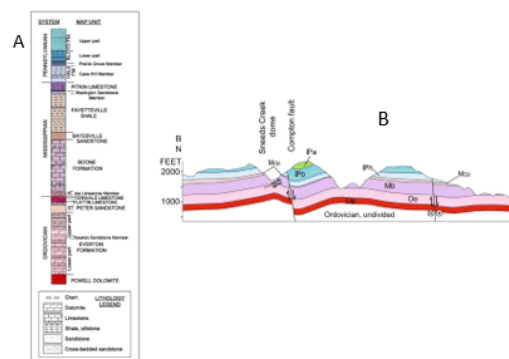
Tabel 1. Rentang resistivitas penelitian sebelumnya (Fields dan Halihan, 2015).

Rentang Resistivitas	Klasifikasi dan Jenis Batuan
< 50 Ωm	Tanah, mikroba atau material fluida yang bersifat konduktif
50 – 150 Ωm	Tanah atau material fluida yang bersifat konduktif
150 - 500 Ωm	Batuan dasar yang lapuk oleh air dan bersifat resistif
500 – 1000 Ωm	Batuan dasar yang lapuk oleh air dan bersifat sangat resistif
> 1000 Ωm	Batuan dasar yang tidak lapuk oleh air dan bersifat sangat resistif

ling resistif. Stratigrafi pada daerah penelitian tersusun dari batuan yang berumur Pennsylvanian sampai dengan batuan yang berumur Ordovician. Pada lapisan pertama mempunyai nilai resistivitas 0-70 Ωm , diduga nilai ini diperoleh karena lapisan ini tersusun oleh Formasi Bloyd dan Formasi Hale. Formasi Hale dan Bloyd disusun oleh batu lanau, batu pasir, dan batu gamping. Pada lintasan 1, lapisan ini ditemukan pada kedalaman 0-400 meter sementara itu pada lintasan 2 didapatkan pada kedalaman sampai dengan 0-300 meter dibawah permukaan. Kemudian didapatkan lapisan dengan ketebalan yang tipis dengan rata rata ketebalan 50-90 meter. Lapisan ini ditandai dengan nilai resistivitas 70-100 Ωm dengan warna biru. Lapisan ini diduga sebagai lapisan batuan Pitkin Limestone, Fayetteville, dan Batesville Sandstone. Lapisan ini didapatkan pada kedalaman 400-500 meter dibawah permukaan pada lintasan 1 dan pada kedalaman 200-300 meter pada lintasan 2.

Respon resistivitas antara 100-250 Ωm yang ditunjukkan oleh warna biru muda., diduga merupakan Formasi Boone dan Formasi Everton Muda. Formasi Boone tersusun atas batu chert dan batu gamping, sedangkan untuk Formasi Everton muda disusun oleh sebagian batu dolomit lalu sebagian batu gamping dan batu pasir. Lapisan ini didapatkan pada kedalaman 200-600 meter dibawah permukaan pada lintasan 1. Pada lintasan 2 didapatkan pada kedalaman 200-400 meter dibawah permukaan. Kemudian lapisan keempat, mulai didapatkan respon resistivitas yang tinggi dengan rentang antara 250-750 Ωm ditandai dengan warna hijau sampai kuning. Dugaan lapisan ini terdapat Formasi Everton Tua dan Formasi Powell Dolomite yang penyusun batumannya adalah batu chert yang berasal dari mineral silikon dioxide dan batuan dengan mineral dolomit. Lapisan keempat pada lintasan 1 berada pada kedalaman 500-800 meter, sedangkan di lintasan 2 terdapat di kedalaman 400-600 meter di bawah permukaan. Lapisan selanjutnya diduga merupakan batuan kompak yang berumur Ordovician, ditandai dengan respon resistivitas dengan rentang antara 750-1300 Ωm . Respon ini ditandai dengan warna merah dengan kategori resistivitas batuan sangat tinggi.

Interpretasi model juga mengacu pada penelitian sebelumnya oleh Fields dan Halihan (2015) yang memberikan rentang nilai resistivitas seperti pada Tabel 1. Pada rentang nilai resistivitas 20 - 100 Ωm , didominasi oleh batuan yang dikategorikan baik sebagai lapisan akuifer yaitu batu sedimen, batu serpih, batu lanau, maupun batu gamping. Ke-

**Gambar 11.** Hasil pemodelan lintasan 2.

dalam lapisan ini berada di 0 - 500 meter pada lintasan 1 dan sementara itu pada lintasan 2 diduga lapisan akuifer berada pada kedalaman 0 - 400 meter dibawah permukaan. Pembagian klasifikasi lapisan formasi dan penyusun formasi tiap kedalaman didukung oleh penelitian Keen-Zebert dkk. (2017) pada Gambar 11(A) dan Hudson dan Turner (2022) seperti pada Gambar 11(B).

4 KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil dan pembahasan yang telah didapatkan, maka kesimpulan yang diperoleh adalah:

- Berdasarkan model 2D AMT, lokasi penelitian diduga tersusun oleh formasi yang berumur batuan Pennsylvanian sampai Ordovician. Formasi tersebut adalah Formasi Bloyd, Formasi Hale, Formasi Boone, Formasi Everton dan Formasi Ordovician. Litologi penyusun pada formasi tersebut terdiri atas batu pasir, batu serpih, batu gamping, batu kapur.
- Lapisan akuifer pada kedua lintasan diduga berada pada kedalaman 0 - 500 meter pada lintasan 1 dan 0-400 meter pada lintasan 2 dengan nilai resistivitas 0-100 Ωm karena tersusun oleh batu pasir, batu gamping, batu serpih, dan batu lanau.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada *U.S Geological Survey* yang telah menyediakan data yang digunakan pada penelitian ini.

Pustaka

- Ariyo, S., Oladapo, A. Oyebamiji, A. (2009): Electromagnetic vlf survey for groundwater development in a contact terrain; a case study of ishara-remo, southwestern nigeria. *Journal of Applied Sciences Research*, **5**, 1239-1246.
- Bisri, M. (2012): Air Tanah. Universitas Brawijaya Press, ISBN 9786022032014.
- Caldwell, T.G., Bibby, H.M. Brown, C. (2004): The magnetotelluric phase tensor. *Geophysical Journal International*, **158**(2), 457-469, doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2004.02281.x>.
- Falgàs-Parra, E. (2017): Hydrogeophysics as a Multidisciplinary Tool on Aquifer Appraisal: Focus on AMT Capabilities. Ph.D. thesis, Universitat de Barcelona.

- Fields, J. Halihan, T. (2015): Preliminary electrical resistivity surveys of mount judea alluvial sites. *2nd Quarter 2015 Report: Oklahoma State University*.
- Hadian, M., Mardiana, U., Abdurahman, O. Iman, M. (2006): Sebaran akuifer dan pola aliran tanah di kecamatan batucapeur dan kecamatan benda kota tangerang, propinsi banten. *Jurnal Geologi Indonesia*, **1**(3), 115–128, doi:10.17014/ijog.1.3.115-128.
- Hudson, M.R. Turner, K.J. (2022): Late paleozoic flexural extension and overprinting shortening in the southern ozark dome, arkansas, usa: Evolving fault kinematics in the foreland of the ouachita orogen. *Tectonics*, **41**(6), e2021TC006706, doi:https://doi.org/10.1029/2021TC006706, e2021TC006706 2021TC006706.
- Hudson, M. Turner, K. (2014): Geologic map of the west-central buffalo national river region, northern arkansas. *U.S. Geological Survey*, doi:10.3133/sim3314.
- Irawati, I., Rahman, A. Musa, D. (2016): Identifikasi sebaran akuifer menggunakan metode geolistrik hambatan jenis di desa bora kecamatan sigi biromari kabupaten sigi. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, **5**, doi:10.22487/25411969.2016.v5.i2.6709.
- Irawati, S., Hidayat, H. Grandis, H. (2019): Magnetotelluric (mt) data analysis and 2d modeling of the kutai basin, indonesia: Preliminary results. doi:10.3997/2214-4609.201900406.
- Keen-Zebert, A., Hudson, M.R., Shepherd, S.L. Thaler, E.A. (2017): The effect of lithology on valley width, terrace distribution, and bedload provenance in a tectonically stable catchment with flat-lying stratigraphy. *Earth Surface Processes and Landforms*, **42**(10), 1573–1587, doi:https://doi.org/10.1002/esp.4116.
- Khyzhnyak, M. (2014): Geoelectric strike and its application in magnetotellurics. Bachelor's thesis, University of Iceland.
- Kirsch, R. (2008): Groundwater Geophysics: A Tool for Hydrogeology. Springer Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-540-88404-0, doi:https://doi.org/10.1007/978-3-540-88405-7.
- McCaleb, J.A. (1968): Lower pennsylvanian ammonoids from the bloyd formation of arkansas and oklahoma. In: *Lower Pennsylvanian Ammonoids from the Bloyd Formation of Arkansas and Oklahoma*. Geological Society of America, ISBN 9780813720968, doi:10.1130/SPE96-p1.
- Niasari, S. (2016): A short introduction to geological strike and geo-electrical strike. vol. 1755, 100002, doi:10.1063/1.4958531.
- Owolabi, S.T., Madi, K., Kalumba, A.M. Orimoloye, I.R. (2020): A groundwater potential zone mapping approach for semi-arid environments using remote sensing (rs), geographic information system (gis), and analytical hierarchical process (ahp) techniques: a case study of buffalo catchment, eastern cape, south africa. *Arabian Journal of Geosciences*, **13**(1184), doi:10.1007/s12517-020-06166-0.
- Rodi, W. Mackie, R.L. (2001): Nonlinear conjugate gradients algorithm for 2-d magnetotelluric inversion. *GEO-PHYSICS*, **66**(1), 174–187, doi:10.1190/1.1444893.
- Simpson, F. Bahr, K. (2005): Practical Magnetotellurics. Cambridge University Press.
- Siripunvaraporn, W. (2012): Three-dimensional magnetotelluric inversion: An introductory guide for developers and users. *Surveys in Geophysics*, **33**(1), 5–27, doi:10.1007/s10712-011-9122-6.
- Smith, K. (2022): Buffalo River Handbook. Ozark Society Foundation, ISBN 9780912456294.
- Wolf, R. (1981): Hydrogeology of the buffalo aquifer, clay and wilkin counties, west-central minnesota. *U.S. Geological Survey*, doi:10.3133/wri814.