



APLIKASI METODE GEOLISTRIK SEBAGAI DASAR PERENCANAAN PENGEBORAN HDD CROSSING SUNGAI DALAM PROYEK PEMBANGUNAN JDU SPAM REGIONAL MAMMISANATA, PROVINSI SULAWESI SELATAN

U. N. Oktaviani¹, R. N. Nababan¹

¹PT. Abhinaya Mappindo Bumitala

PT. Abhinaya Mappindo Bumitala

www.abhinaya-mb.com

cs@abhinaya-mb.com

Abstrak

Penelitian geofisika telah dilakukan di sekitar Jembatan Kembang Gowa, Kecamatan Palangga, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan untuk mendukung rencana pemasangan pipa air bersih Jaringan Distribusi Utama (JDU) dengan metode *Horizontal Directional Drilling (HDD)*. Tujuan utama survei ini adalah untuk mengidentifikasi karakteristik litologi bawah permukaan guna menentukan jalur pengeboran yang aman dan efisien untuk wilayah *crossing* sungai. Metode yang digunakan adalah Metode Geolistrik konfigurasi *dipole-dipole* dengan spasi elektroda 10 meter. Akuisisi data dilakukan pada empat lintasan, yaitu X01 (180 m), Y01 (100 m), X02 (170 m), dan Y02 (100 m), menggunakan alat *Geomative GD-10*. Hasil interpretasi menunjukkan variasi resistivitas yang merepresentasikan perbedaan litologi, sehingga dapat digunakan untuk merencanakan jalur pengeboran *HDD* yang menghindari zona berisiko tinggi seperti batuan keras. Survei ini memberikan kontribusi signifikan dalam perencanaan teknis pembangunan infrastruktur air bersih yang berkelanjutan.

Kata kunci: Geolistrik, *Dipole-dipole*, *HDD*

Abstract

Geophysical research was conducted around the Kembang Gowa Bridge, Palangga District, Gowa Regency, South Sulawesi Province, to support the planned installation of clean water pipelines for the Main Distribution Network (JDU) using the Horizontal Directional Drilling (HDD) method. The primary objective of this survey was to identify subsurface lithological characteristics in order to determine a safe and efficient drilling path for the river crossing area. The method employed was the geoelectrical resistivity method using a dipole-dipole configuration with an electrode spacing of 10 meters. Data acquisition was carried out along four survey lines: X01 (180 m), Y01 (100 m), X02 (170 m), and Y02 (100 m), using the Geomative GD-10 instrument. The interpretation results revealed variations in resistivity that indicate differences in lithology, which can be used to plan HDD drilling paths that avoid high-risk zones such as hard rock formations. This survey provides a significant contribution to the technical planning of sustainable clean water infrastructure development.

Keywords: Geoelectrical, *Dipole-dipole*, *Horizontal Directional Drilling (HDD)*



I. LATAR BELAKANG

Penyediaan air minum yang aman dan berkelanjutan merupakan aspek krusial dalam menunjang kualitas hidup masyarakat serta mendukung pembangunan daerah. Di Sulawesi Selatan, khususnya pada kawasan regional Mammisanata, peningkatan kebutuhan air bersih seiring pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi menuntut pembangunan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) yang handal dan efisien. Dalam rangka mendukung kelancaran distribusi air bersih, pembangunan Jaringan Distribusi Utama (JDU) pada SPAM Regional Mammisanata melibatkan berbagai tantangan teknis, salah satunya adalah pemasangan pipa pada area *crossing* sungai yang rawan dan memerlukan teknologi pengeboran *Horizontal Directional Drilling* (HDD).

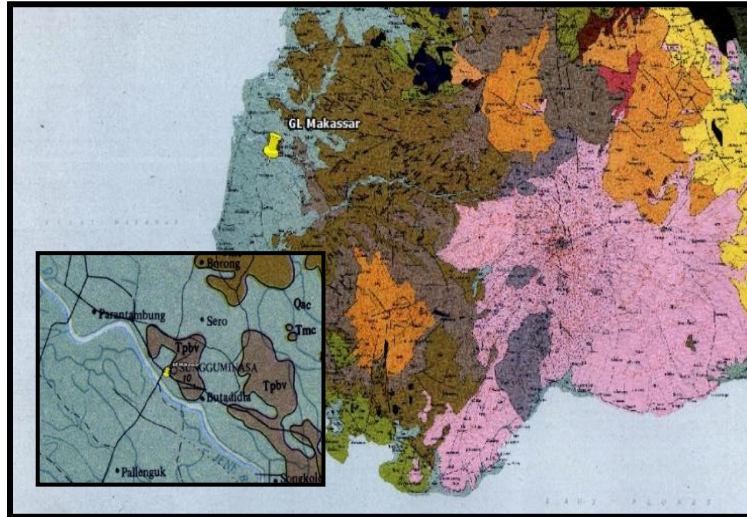
Pengeboran *HDD crossing* sungai menjadi metode pilihan dalam pemasangan pipa di bawah sungai untuk meminimalkan gangguan lingkungan dan risiko kerusakan. Namun, keberhasilan pengeboran *HDD* sangat bergantung pada data kondisi bawah permukaan yang akurat, khususnya struktur geologi dan litologi batuan yang akan dilalui. Untuk memperoleh data tersebut, metode geolistrik dengan konfigurasi *dipole-dipole* dapat digunakan sebagai survei awal yang efektif. Metode geolistrik *dipole-dipole* memanfaatkan prinsip pengukuran resistivitas listrik untuk memetakan distribusi struktur bawah permukaan, termasuk lapisan tanah dan batuan. Data resistivitas yang diperoleh memungkinkan identifikasi zona-zona litologi yang berbeda dan potensi hambatan pada jalur pengeboran. Dengan survei geolistrik ini, perencanaan jalur pengeboran *HDD* dapat dilakukan secara lebih tepat dan aman, sehingga risiko kegagalan pengeboran, kerusakan pipa, dan gangguan lingkungan dapat diminimalkan. Penerapan metode geolistrik konfigurasi *dipole-dipole* sebagai survei awal pada pembangunan JDU SPAM Regional Mammisanata diharapkan dapat memberikan informasi detail tentang kondisi bawah permukaan di lokasi *crossing* sungai. Informasi tersebut menjadi dasar penting dalam menentukan rute pengeboran *HDD* yang optimal, meningkatkan efisiensi proses konstruksi, dan memastikan keberlanjutan distribusi air minum.

II. GEOLOGI REGIONAL

Wilayah studi yang termasuk dalam pembangunan JDU SPAM Regional Mammisanata secara geologi berada pada cakupan Lembar Ujung Pandang, Bantaeng, dan Sinjai, Sulawesi Selatan, berdasarkan Peta Geologi Indonesia oleh Sukanto dan Supriatna (1982). Secara regional, wilayah ini terdiri dari berbagai satuan batuan yang terbentuk akibat proses geologi kompleks, termasuk aktivitas tektonik, vulkanik, dan sedimentasi yang berlangsung sejak Mesozoikum hingga Kuartar. Dua satuan batuan utama yang relevan dengan lokasi lintasan jaringan distribusi utama dan survei geolistrik adalah Formasi Aluvium (Qac) dan Formasi Batupasir Vulkanik Baturappe (Tpbv).

Formasi Qac (*Quaternary Alluvium*) merupakan satuan batuan termuda yang tersebar luas di dataran rendah, lembah sungai, dan pesisir. Batuan ini terdiri dari endapan lepas seperti lempung, lanau, pasir, dan kerikil, yang umumnya belum mengalami litifikasi. Formasi ini terbentuk dari proses sedimentasi oleh aliran sungai, pelapukan, dan aktivitas geomorfik lainnya.

Formasi Tpbv (Tpbv: *Tertiary volcanic sandstone, Baturappe Formation*) terdiri dari batupasir tufaan, breksi, lava andesit-basalt, dan sisipan lempung serta napal. Satuan ini merupakan hasil aktivitas vulkanik selama kala Tersier dan tersingkap terutama di bagian perbukitan dan dataran tinggi.



Gambar 1. Peta Geologi Regional Lembar Ujung Pandang, Benteng, dan Sinjau, Sulawesi.
(Sukanto dan Supriatna, 1982)

III. TINJAUAN PUSTAKA

A. Geolistrik

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk menyelidiki sifat kelistrikan batuan di bawah permukaan tanah melalui pengukuran tahanan jenis (resistivitas) (Telford et al., 1990). Prinsip dasar metode ini adalah mengalirkan arus listrik ke dalam tanah melalui elektroda arus, dan mengukur beda potensial yang terjadi menggunakan elektroda potensial. Nilai resistivitas yang diukur mencerminkan karakteristik fisik bawah permukaan, seperti kandungan air, porositas, dan jenis litologi. Metode ini banyak digunakan dalam eksplorasi geologi teknik, hidrologi, pertambangan, serta perencanaan infrastruktur karena bersifat non-destruktif, relatif cepat, dan ekonomis (Loke, 2004). Dalam konteks teknik sipil dan pembangunan infrastruktur jaringan pipa bawah tanah, metode geolistrik sangat berguna dalam menentukan struktur dan komposisi lapisan tanah yang akan dilalui oleh sistem jaringan tersebut.

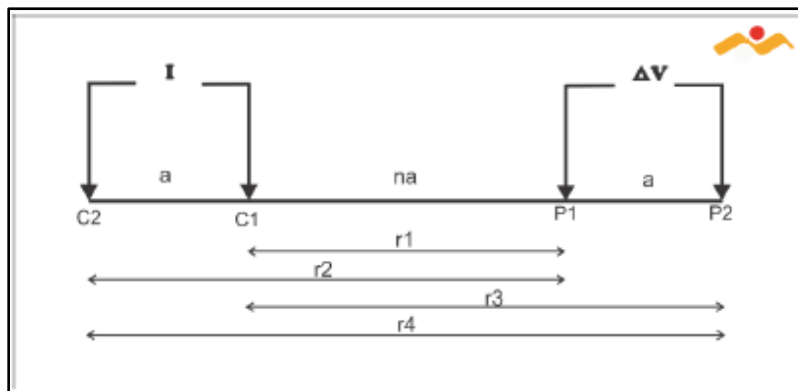
B. Konfigurasi *Dipole – Dipole*

Konfigurasi *Dipole-dipole* merupakan salah satu perhitungan dan tata letak elektroda dari pengukuran geolistrik. Dimana tatanan elektroda dalam konfigurasi ini menggunakan 4 buah elektroda, yaitu pasangan elektroda arus “*current dipole*” dan pasangan elektroda potensial “*potential dipole*”. Pada prinsipnya, konfigurasi *dipole-dipole* merupakan gabungan dari teknik *profiling / mapping* dan *depth sounding*. Metode resistivitas menggunakan pengukuran konfigurasi *dipole-dipole* dilakukan dengan metode *mapping* yaitu pengukuran dengan spasi elektroda yang konstan, dimana elektroda arus dan potensial bergerak bersama-sama sehingga diperoleh harga

tahanan jenis secara lateral (horizontal) spasi elektroda yang digunakan akan menentukan kedalaman target yang akan dicapai. Konfigurasi elektroda *dipole-dipole* memiliki nilai faktor geometri:

$$K = \pi(1 + n)(2+n)n.r$$

Data-data resistensi yang terukur diplot pada titik-titik yang sesuai dengan harga $n = 1, 2, 3, 4, \dots, n$ dengan kedalaman semu sehingga dapat dibuat kontur *pseudodepth section* variasi resistivitas ke arah lateral dan vertikal.



Gambar 2. Konfigurasi Elektroda *Dipole – Dipole*

Keterangan:

C1 = Elektroda Arus 1

C2 = Elektroda Arus 2

P1 = Elektroda Potensial 1

P2 = Elektroda Potensial 2

r_1 = C1 sampai P1

r_2 = C2 sampai P1

r_3 = C1 sampai P2

r_4 = C2 sampai P2

I = Arus Listrik (mA)

ΔV = Beda potensial (mV)

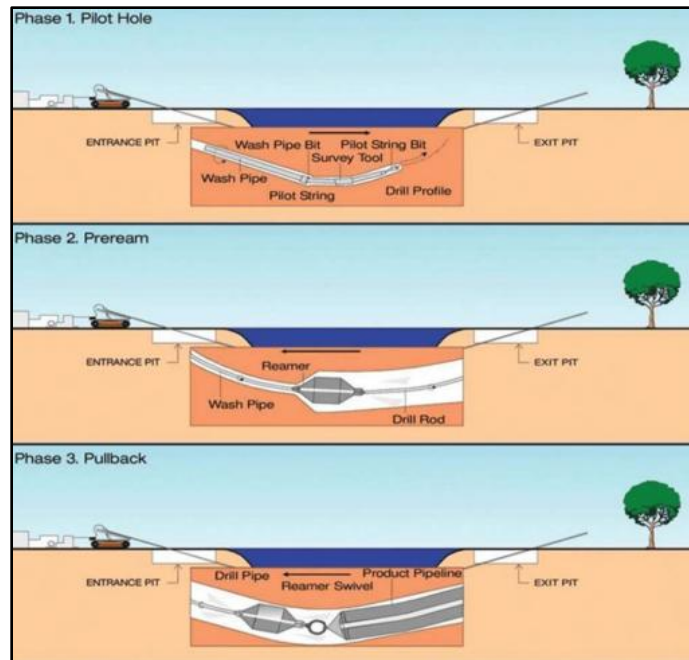
n = Bilangan pengali

r = Jarak elektroda

Kelebihan konfigurasi *dipole-dipole* antara lain kemampuannya untuk menghasilkan citra bawah permukaan dua dimensi (2D) dengan resolusi spasial yang cukup baik, terutama pada area dengan kontras resistivitas yang tinggi. Konfigurasi ini memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap variasi lateral resistivitas, sehingga cocok digunakan untuk mendeteksi struktur geologi yang tidak homogen secara horizontal, seperti patahan, rekahan, atau kontak litologi (Dahlin & Zhou, 2004). Namun, kelemahannya adalah sensitivitas yang menurun secara vertikal, sehingga untuk kedalaman yang lebih besar diperlukan panjang bentangan yang lebih luas.

C. Metode *Horizontal Directional Drilling* (HDD)

Metode *Horizontal Directional Drilling* (HDD) merupakan metode pengeboran terarah tanpa galian terbuka (*trenchless technology*) yang banyak digunakan untuk instalasi jaringan utilitas seperti pipa air, gas, dan kabel di bawah hambatan permukaan seperti sungai, jalan raya, maupun lahan terbangun (Maula et al., 2021).



Gambar 3. Proses Pemasangan Pipa Metode HDD

Tahapan proses pemasangan pipa dengan metode HDD ada 3. Tahap pertama, *pilot hole* yaitu lubang horizontal awal yang dibor di sepanjang rute yang dimaksudkan untuk produk pipa akhir. Tujuan utama dari *pilot bore* adalah untuk memetakan jalur instalasi pipa yang telah ditentukan. Cairan bor, atau lumpur bor adalah campuran air dan bentonit tanah liat dan sangat penting untuk pengoperasiannya. Cairan bor ini digunakan untuk mengarahkan mata bor saat mengebor lubang. Ini juga menstabilkan lubang bor dan bertindak sebagai pelumas dan pendingin untuk mata bor. Tahap kedua, *reaming* yaitu pembesaran lubang dilakukan berturut-turut ditarik maju mundur melalui lubang bor sampai lubang berukuran sekitar satu setengah kali ukuran pipa yang akan dipasang. Kemudian tahap ketiga, *pullback* yaitu penarikan pipa ke dalam lubang yang telah dipersiapkan yang dimulai dari *exit pit* menuju *entrance pit*.

Adapun aplikasi dari pemasangan dengan metode *Horizontal Directional Drilling* adalah sebagai berikut:

- 1) Lalu lintas perkotaan yang padat penduduk misalnya pada area jalan raya yang padat kendaraan atau kawasan tol yang rawan akan kecelakaan dan dibawah area jalan raya akan dipasang utilitas umum seperti pemasangan pipeline.
- 2) Pada kawasan perumahan/ pemukiman warga yang padat penduduk dan juga kawasan sentral usaha. Yang dibawah area kawasan tersebut akan dipasang jalur pipeline atau instalasi system perpipaan dimana pemilihan metode Horizontal Directional Drilling lebih menguntungkan daripada menggunakan metode lainnya.
- 3) Area sungai yang lebar dan jalur perlintasan kereta api.

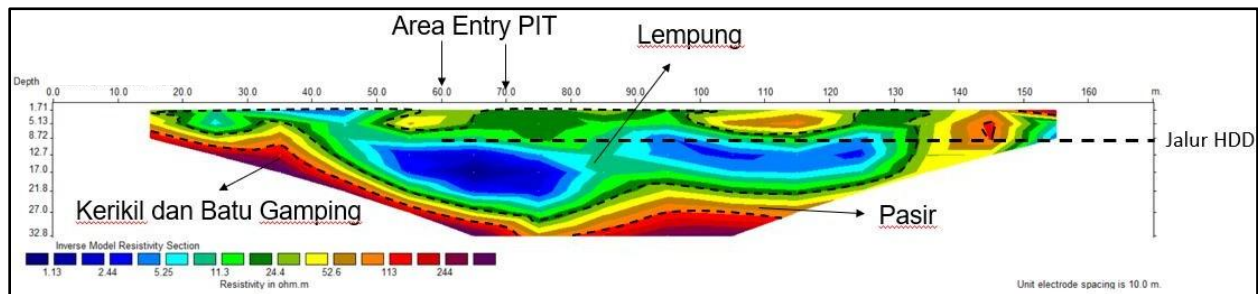
Keberhasilan pelaksanaan HDD sangat ditentukan oleh pemahaman terhadap kondisi geologi bawah permukaan. Oleh karena itu, sebelum pengeboran dilakukan, diterapkan survei geofisika

menggunakan metode geolistrik konfigurasi dipole-dipole untuk mengidentifikasi karakteristik litologi, ketebalan lapisan, serta nilai resistivitas tanah dan batuan (Raharjo & Sugianto, 2020). Data resistivitas ini menjadi dasar dalam menentukan lintasan bor yang aman, menghindari zona berisiko seperti lapisan lempung jenuh atau batuan retak, serta mengoptimalkan efisiensi dan stabilitas pengeboran bawah sungai.

IV. HASIL DAN INTERPRETASI DATA

Hasil pengukuran geolistrik konfigurasi *dipole-dipole* yang dilakukan pada lintasan rencana pengeboran *HDD* di area *crossing* sungai dalam pembangunan JDU SPAM Regional Mammisanata. Interpretasi dilakukan berdasarkan nilai resistivitas, korelasi litologi regional, serta kondisi geologi yang telah diketahui sebelumnya.

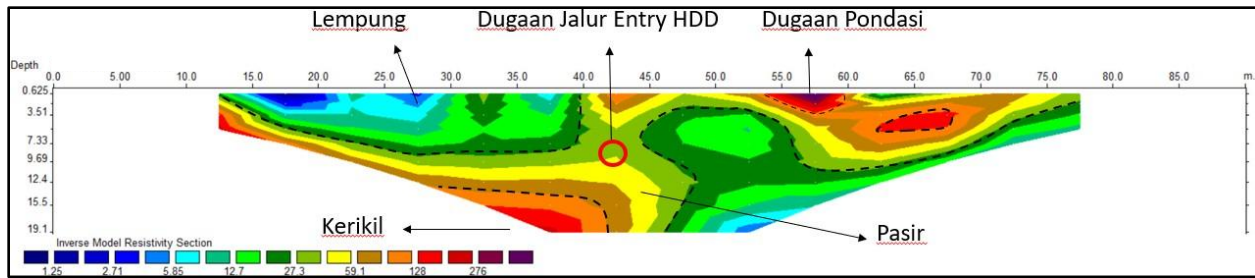
A. Lintasan X01



Gambar 4. Penampang Resistivitas 2D Lintasan X01

Berdasarkan hasil inversi data resistivitas, didapatkan model 2D lintasan X01 (**Gambar 3**) yang diolah menggunakan *software RES2DINV* dan diinterpretasikan berdasarkan kondisi geologi daerah penelitian dan nilai resistivitasnya. Litologi lempung ditemukan pada kedalaman 1.7 – 27 m dengan nilai resistivitas sebesar 0 – 20 Ω m. Pada kedalaman 1.7 – 32.8 m diinterpretasikan berupa pasir dengan nilai resistivitas 20 – 100 Ω m. Litologi kerikil ditemukan pada kedalaman 1.7 – 32.8 m dengan nilai resistivitas 100 – 300 Ω m. Sedangkan untuk nilai resistivitas >300 Ω m diinterpretasikan sebagai batu gamping pada kedalaman 12.7 – 32.8 m. Pada lintasan X01 merupakan area *entry pit* dengan rencana kedalaman jalur HDD maksimal di $\pm 9 - 10$ meter yang dikategorikan aman, dikarenakan litologi kerikil pada kedalaman 0 – 10 meter adalah sisipan.

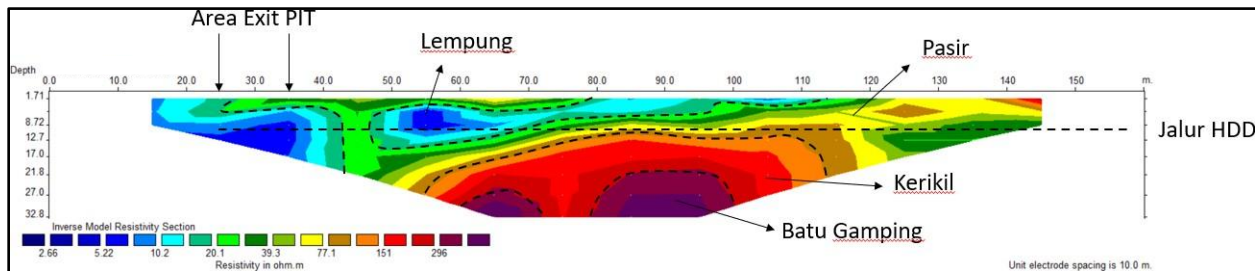
B. Lintasan Y01



Gambar 5. Penampang Resistivitas 2D Lintasan Y01

Berdasarkan hasil inversi data resistivitas, didapatkan model 2D lintasan Y01 (**Gambar 4**) yang diolah menggunakan *software RES2DINV* dan diinterpretasikan berdasarkan kondisi geologi daerah penelitian dan nilai resistivitasnya. Litologi lempung, pasir, dan kerikil ditemukan pada kedalaman 0.6 – 19.1 meter. Litologi lempung diinterpretasikan dengan nilai resistivitas sebesar 0 – 20 Ωm . Litologi pasir diinterpretasikan dengan nilai resistivitas 20 – 100 Ωm . Sedangkan, litologi kerikil diinterpretasikan dengan nilai resistivitas 100 – 300 Ωm . Pada lintasan Y01 merupakan area jalur *crossing entry* pengeboran HDD dengan rencana kedalaman jalur HDD maksimal di $\pm 9 - 10$ meter yang dikategorikan aman, dikarenakan pada jarak 42 meter yang merupakan dugaan area jalur *entry* HDD pada kedalaman 0 – 10 meter hanya terdapat litologi batuan yang memiliki nilai resistivitas rendah.

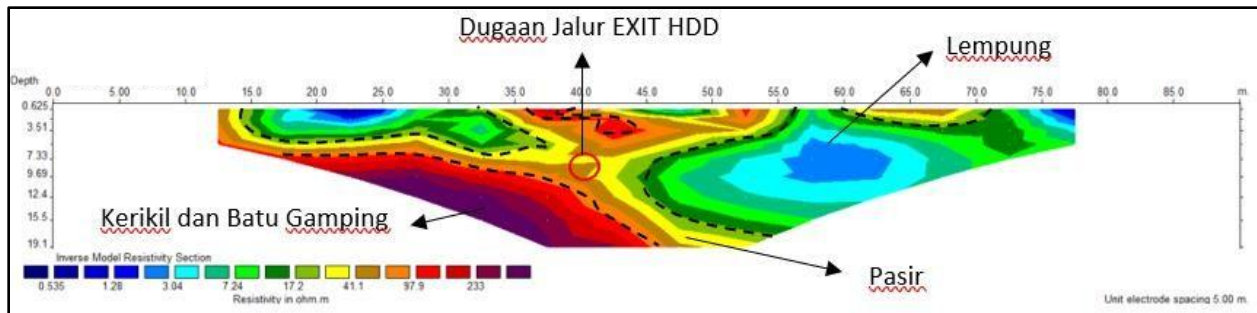
C. Lintasan X02



Gambar 6. Penampang Resistivitas 2D Lintasan X02

Berdasarkan hasil inversi data resistivitas, didapatkan model 2D lintasan X02 (**Gambar 5**) yang diolah menggunakan *software RES2DINV* dan diinterpretasikan berdasarkan kondisi geologi daerah penelitian dan nilai resistivitasnya. Litologi lempung ditemukan pada kedalaman 1.7 – 21.8 m dengan nilai resistivitas sebesar 0 – 20 Ωm . Pada kedalaman 1.7 – 27 m diinterpretasikan berupa pasir dengan nilai resistivitas 20 – 100 Ωm . Litologi kerikil ditemukan pada kedalaman 1.7 – 32.8 m dengan nilai resistivitas 100 – 300 Ωm . Sedangkan untuk nilai resistivitas $>300 \Omega\text{m}$ diinterpretasikan sebagai batu gamping pada kedalaman 21.8 – 32.8 m. Pada lintasan X01 merupakan area *exit pit* dengan rencana kedalaman jalur HDD maksimal di $\pm 9 - 10$ meter yang dikategorikan aman, dikarenakan litologi kerikil pada kedalaman 0 – 10 meter adalah sisipan.

D. Lintasan Y02

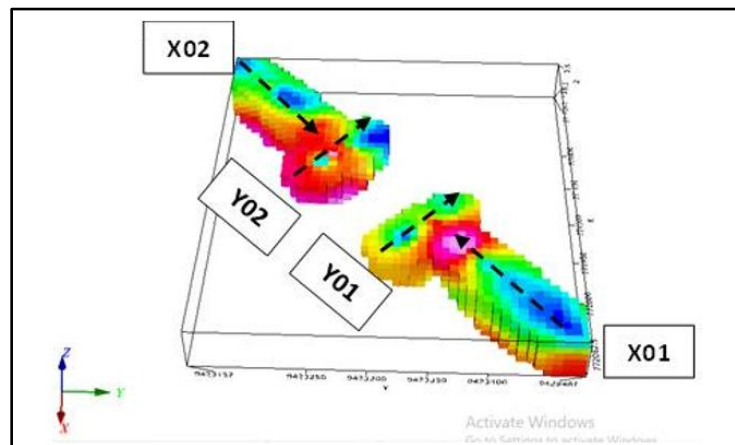


Gambar 7. Penampang Resistivitas 2D Lintasan Y02

Berdasarkan hasil inversi data resistivitas, didapatkan model 2D lintasan Y02 (**Gambar 6**) yang diolah menggunakan *software RES2DINV* dan diinterpretasikan berdasarkan kondisi geologi daerah penelitian dan nilai resistivitasnya. Litologi lempung ditemukan pada kedalaman 0.6 – 15.5 m dengan nilai resistivitas sebesar 0 – 20 Ωm . Pada kedalaman 0.6 – 19.1 m diinterpretasikan berupa pasir dengan nilai resistivitas 20 – 100 Ωm . Litologi kerikil ditemukana pada kedalaman 7.3 – 19.1 m dengan nilai resistivitas 100 – 300 Ωm . Sedangkan untuk nilai resistivitas >300 Ωm diinterpretasikan sebagai batu gamping pada kedalaman 9.6 – 19.1 meter. Pada lintasan Y02 merupakan area *exit pit* dengan rencana kedalaman jalur HDD maksimal di $\pm$ maksimal 13 meter dikategorikan perlu berhati – hati, dikarenakan pada jarak 40 meter yang merupakan dugaan area jalur *exit HDD* pada kedalaman 0 – 13 meter akan melewati litologi batuan keras.

E. Pemodelan 3D

Berikut (**Gambar 7**) merupakan hasil 3D dari penampang geolistrik untuk lintasan X01 dengan panjang 180 meter, Y01 dengan panjang 100 meter, X02 dengan panjang 170 meter, dan Y02 dengan panjang 100 meter. Hasil 3D dapat digunakan untuk melihat korelasi antar lintasan apakah saling berpotongan dan menunjukan nilai resistivitas yang sama pada titik perpotongan atau bersinggungan, hal ini dapat menjadi koreksi dari tiap lintasan apakah saling berkorelasi atau tidak.



Gambar 8. Pemodelan 3D

V. KESIMPULAN



Berdasarkan hasil survei geolistrik konfigurasi *dipole-dipole* dan interpretasi data resistivitas bawah permukaan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal penting terkait kondisi geologi di lokasi rencana pengeboran HDD.

1. Berdasarkan peta geologi regional, daerah penelitian masuk kedalam formasi endapan alluvium dan pantai (Qac) dengan litologi seperti kerikil, pasir, lempung, lumpur, dan batu gamping koral.
2. Litologi lempung memiliki nilai resistivitas $0 - 20 \Omega\text{m}$, litologi pasir $20 - 100 \Omega$, litologi kerikil $100 - 300 \Omega\text{m}$, dan batu gamping $>300 \Omega\text{m}$.
3. Lintasan X01, Y01, dan X02 dengan rencana kedalaman HDD $\pm 9 - 10 \text{ m}$ dikategorikan aman untuk dilakukan pengeboran dengan Metode HDD.
4. Lintasan Y02 dengan rencana kedalaman HDD $\pm 9 - 10 \text{ m}$ dikategorikan perlu berhati-hati untuk dilakukan pengeboran dengan Metode HDD.

VI. SARAN

Kondisi tanah atau jenis litologi dapat bervariasi secara signifikan pada sebuah lintasan uji dengan lokasi di sekitarnya. Jika ditemukan perbedaan antara kondisi di lapangan dan hasil penyelidikan tanah, maka disarankan untuk dilakukan uji Pengeboran Dalam (*Deep Boring*) guna mendapatkan nilai *SPT* (*Standard Penetration Test*) untuk mengetahui atau mendapatkan daya dukung tanah secara langsung.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- Dahlin, T., & Zhou, B. (2004). *A numerical comparison of 2D resistivity imaging with ten electrode arrays*. *Geophysical Prospecting*, 52(5), 379–398.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2478.2004.00423.x>
- Loke, M. H. (2004). *Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Geotomo Software. Retrieved from <https://www.geotomosoft.com/downloads.php>
- Machfud, M., & Hermawan, S. (2024). Pemasangan Pipa HDPE dengan Metode Horizontal Directional Drilling pada Rehabilitasi Pipa Jalan Diponegoro Surabaya. *Jurnal Dimensi Insinyur Profesional*, 2(2), 45-49.
- Sukamto, R., & Supriatna, S. (1982). *Peta Geologi Lembar Ujung Pandang, Benteng, dan Sinjai - Sulawesi Selatan* (Skala 1:250.000). Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics* (2nd ed.). Cambridge University Press.