

IDENTIFIKASI KOROSIVITAS TANAH MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS WENNER-4 PIN

BUDI SANTOSO^{1*}, BAMBANG WIJATMOKO¹

¹Departemen Geofisika, FMIPA, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang KM.21 Jatinangor 45363, Sumedang, Jawa Barat

*email: budi@geophys.inpad.ac.id

Diserahkan: 02/04/2022

Diterima: 02/05/2023

Dipublikasikan: 11/08/2023

Abstrak. Penelitian korosivitas tanah telah dilakukan di kilang minyak Balikpapan, Kalimantan Timur. Lokasi penelitian ini berada di dekat laut sehingga tanah di lokasi tersebut memiliki potensi korosif. Pada area kilang minyak terdapat pipa maupun struktur penyangga bangunan yang terbuat dari logam yang ditanam dalam tanah. Infrastruktur tersebut sangat riskan terhadap korosi. Korosi di industri migas harus dikendalikan karena dapat menurunkan kemampuan suatu bahan (logam) dalam menerima beban, sehingga berdampak pada keamanan dan keselamatan kerja. Salah satu metode geofisika untuk mengidentifikasi korosivitas tanah yaitu Metode Resistivitas Wenner 4 pin. Metode ini merupakan metode pengujian resistivitas tanah yang telah terstandarisasi internasional berdasarkan American Society for Testing and Materials (ASTM-G57). Dalam pengukuran korosivitas tanah, spasi antar elektroda yang digunakan : 1 – 15 m, dengan kedalaman yang dapat dideteksi mulai kedalaman : 0 – 2 m, 2 – 3,5 m, 3,5 – 6,5 m, 6,5 – 8 m dan 8 – 10 m.

Kata Kunci: korosivitas tanah, resistivitas, Wenner-4 pin

Abstract. Research on soil corrosivity has been carried out at the Balikpapan oil refinery, East Kalimantan. The location of this research is near the sea so the land in the location has corrosive potential. In the oil refinery area, there are pipes or building supporting structures made of metal planted in the soil. The infrastructure is very risky to corrosion. Corrosion in the oil and gas industry must be controlled because it can reduce the ability of a material (metal) to receive loads, so it has an impact on workplace safety and safety. One of the geophysical methods to identify soil corrosivity is the Wenner 4 Pin resistivity method. This method is a method of testing soil resistivity that has been standardized internationally based on the American Society for Testing and Materials (ASTM-G57). In soil corrosivity measurement, the space between electrodes used: 1 - 15 m, with depths that can be detected from depth: 0 - 2 m, 2 - 3.5 m, 3.5 - 6.5 m, 6.5 - 8 m, and 8-10 m

Keywords: soil corrosivity, resistivity, Wenner-4 pins

1. Pendahuluan

Penelitian ini dilakukan di kilang minyak yang terdapat di daerah Balikpapan, Kalimantan Timur. Secara geografis daerah penelitian berada sekitar 2 km dari laut, sehingga memiliki potensi korosi yang relatif tinggi. Korosi merupakan suatu proses degradasi penurunan kualitas material akibat interaksi dengan lingkungannya [1]. Pada area kilang minyak terdapat pipa maupun struktur penyangga bangunan yang terbuat dari logam yang ditanam dalam tanah. Infrastruktur tersebut sangat riskan terhadap korosi. Korosi di industri migas harus dikendalikan karena dapat menurunkan kemampuan suatu bahan

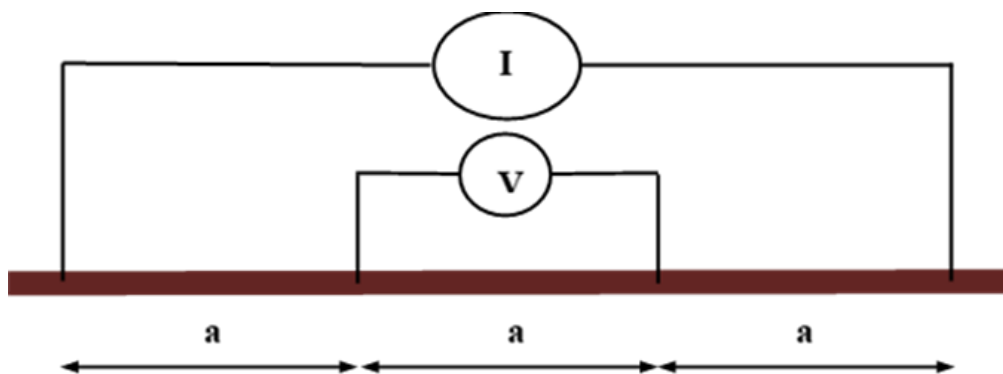
(logam) dalam menerima beban, sehingga berdampak pada keamanan / keselamatan kerja dan lingkungan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi laju korosivitas tanah, diantaranya: resistivitas tanah, kandungan air, ion terlarut dan pH [2; 3]. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi korosivitas tanah yaitu Metode Resistivitas Wenner 4 pin. Metode ini merupakan metode pengujian resistivitas tanah yang telah terstandarisasi internasional berdasarkan *American Society for Testing and Materials* dengan serial ASTM-G57 [4].

Berdasarkan geologi regional daerah penelitian [5] terdiri dari: lempung, lempung pasir, pasir, kerikil dan kerakal (Pengarang lembar sangata). Apabila dilihat dari jenis batuan, maka resistivitasnya relatif rendah karena memiliki kadar air tinggi dan pengaruh dari salinitas. Tanah yang memiliki resistivitas rendah memiliki tingkat korosif tinggi sehingga akan berpengaruh terhadap pipa (logam) yang ada di dalam tanah.

2. Metode Penelitian

Metode Geofisika yang digunakan dalam identifikasi korosivitas tanah yaitu Metode Resistivitas_Wenner 4-Pin. Dalam Metode Resistivitas Wenner 4-Pin, elektroda yang ditancapkan ke dalam tanah sebanyak 4 buah dengan jarak antar elektroda sama (Gambar 1). Dalam metode ini penjalaran arus listrik diinjeksikan ke dalam tanah melalui dua buah elektroda arus, kemudian respon beda potensial yang terjadi diukur menggunakan dua buah elektroda yang ditancapkan dipermukaan [6].



Gambar 1. Skema pengukuran resistivitas tanah menggunakan Konfigurasi Wenner 4-Pin (I : elektroda arus, V : elektroda potensial, a : jarak antar elektroda)

Berdasarkan nilai arus listrik (I) yang diinjeksikan dan beda potensial (ΔV) yang ditimbulkan, besarnya resistivitas (ρ) dapat dihitung dengan persamaan rumus dibawah ini:

$$\rho_s = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

Dengan ρ_s = resistivitas semu (Ohm.cm), ΔV = beda potensial (V), I = arus yang diinjeksikan (A), dan a = spasi antara pasangan elektroda arus dan elektroda potensial (m).

Alat yang digunakan untuk pengukuran resistivitas tanah yaitu *Soil Resistivity Meter Neoresist AH-2*. Pengukuran resistivitas dilakukan sebanyak 11 titik yang tersebar mulai dari Utara – Selatan lokasi penelitian.



Gambar 2. Peta Titik Pengukuran Resistivitas Tanah

Data yang diperoleh dalam pengukuran ini yaitu data resistivitas semu. Untuk mendapatkan nilai resistivitas sebenarnya maka dilakukan pemodelan inversi dengan bantuan perangkat lunak *PROGRESS-1D* versi 3.0 [7]. Pemodelan resistivitas dilakukan untuk mendapatkan tingkat korosivitas tanah secara vertikal pada kedalaman : (0 – 2) m, (2 – 3,5) m, (3,5 – 6,3) m, (6,3 – 8) m dan (8 – 10) m. Korosivitas tanah pada setiap kedalaman memiliki tingkat korosivitas yang berbeda-beda, tergantung dari nilai resistivitas tanah yang berkaitan dengan laju korosivitas tanah tersebut. Klasifikasi korosivitas tanah berdasarkan nilai resistivitas tanah ditunjukkan pada Tabel 1 [8].

Tabel 1. Klasifikasi Korosivitas Tanah Berdasarkan Nilai Resistivitas [8]

Resistivitas Tanah (Ohm.cm)	Klasifikasi Korosivitas	Antisipasi aktivitas korosi
0 - 2.000	Sangat Korosif	Sangat Tinggi
2.000 - 10.000	Korosif	Tinggi
10.000 - 30.000	Cukup Korosif	Sedang
> 30.000	Tidak Korosif	Rendah

3. Hasil dan Pembahasan

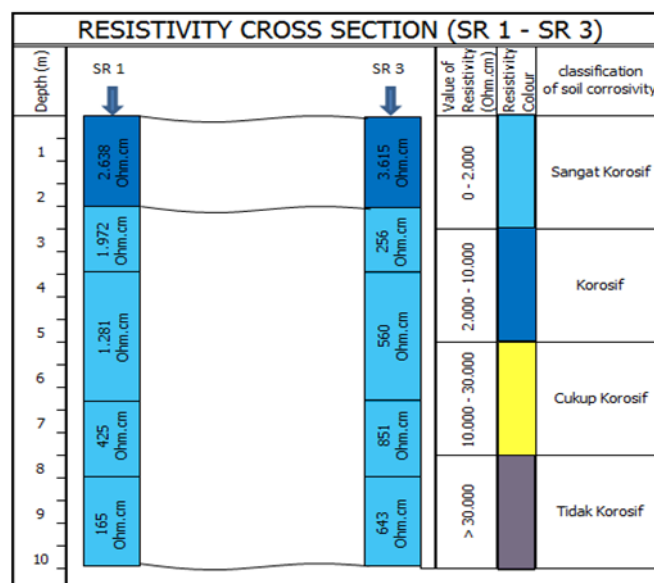
Pengukuran resistivitas tanah telah dilakukan di area kilang minyak sebanyak 11 titik. Panjang bentangan kabel arus dibuat bervariasi mulai dari : 2 m, 3 m, 4 m, sampai dengan 45 m, agar diperoleh nilai resistivitas tanah pada kedalaman yang telah ditentukan, yaitu : (0 – 2) m, (2 – 3,5) m, (3,5 – 6,3) m, (6,3 – 8) m dan (8 – 10) m.

Berdasarkan hasil pemodelan-1d diperoleh nilai resistivitas tanah di area Kilang Minyak di Balikpapan yang ditunjukkan pada Tabel 2. Variasi nilai resistivitas batuan yang diperoleh menunjukkan tingkat korosivitas tanah. Untuk melakukan interpretasi dalam menentukan klasifikasi tingkat korosivitas tanah, maka digunakan referensi klasifikasi tingkat korosivitas tanah pada Tabel 1.

Tabel 2. Nilai Resistivitas Tanah di Lokasi Penelitian

Titik	Resistivitas (Ohm.cm)				
	Depth : (0-2)m	Depth : (2-3,5)m	Depth : (3,5-6,3)m	Depth : (6,3-8)m	Depth : (8-10)m
SR 1	2.638	1.972	1.281	425	165
SR 2	3.002	1.777	905	407	327
SR 3	3.615	256	560	851	643
SR 4	11.854	221	197	556	2.359
SR 5P	10.535	251	358	646	834
SR 6	8.421	4.105	2.52	611	451
SR 7	11.602	8.324	3.749	1.101	696
SR 8P	24.357	906	1.514	2.398	2.827
SR 9P	37.921	637	2.027	3.416	3.324
SR 10	11.602	8.324	3.749	1.101	696
SR 11	116.652	154.952	110.884	7.3681	61.305

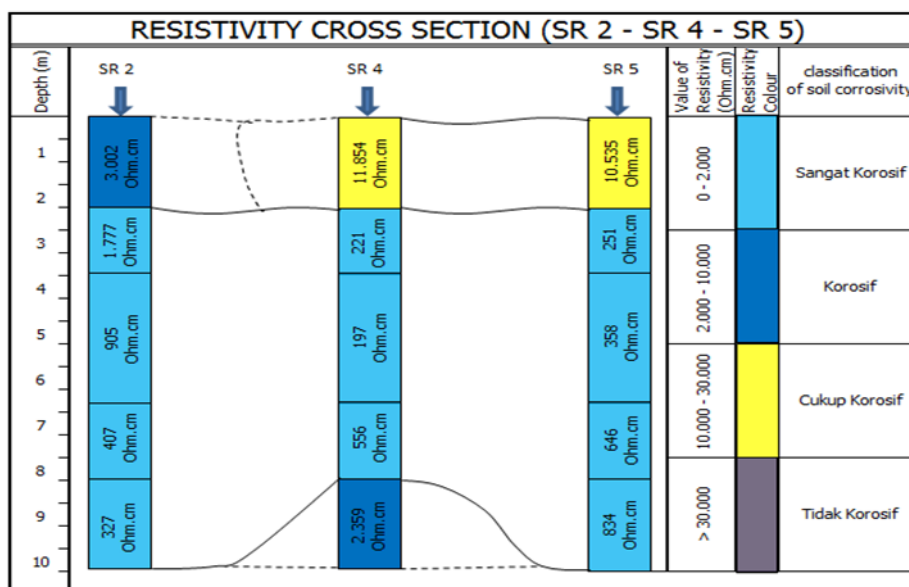
Lokasi penelitian ini berada dekat laut sehingga tanah dilokasi tersebut memiliki potensi korosif. Secara geologi jenis batuan daerah penelitian terdiri dari: lempung, lempung pasir, pasir, kerikil dan kerakal, dimana jenis batuan tersebut memiliki potensi korosif. Pada Penampang resistivitas tanah SR1 - SR3 (Gambar 3) didominasi oleh resistivitas rendah dengan nilai : (256 - 1.972) Ohm.cm dan terdapat pada kedalaman (2 - 10) m. . Nilai resistivitas pada kedua titik tersebut rendah karena berada di sekitar kolam dan rawa. Resistivitas tanah ditentukan oleh jumlah ion dalam tanah sebagai elektrolit. Kondisi tanah di titik tersebut mengandung air, lembab dan tidak padat. Kondisi tanah seperti itu mengakibatkan jumlah ion (elektrolit) sebagai komponen pembawa aliran listrik bertambah banyak, yang memudahkan arus mudah mengalir sehingga akan diperoleh nilai resistivitas rendah. Berdasarkan klasifikasi korosivitas [8], maka lapisan tanah pada kedalaman : (2 - 10) m dengan nilai resistivitas : (256 - 1.972) Ohm.cm dikategorikan sangat korosif.

**Gambar 3.** Penampang Resistivitas Tanah (SR 1 – SR 3)

Pada kedalaman : (0 - 2) m, diperoleh resistivitas sedang dengan nilai: 2.638 Ohm.cm (SR 1) dan 3.615 Ohm.cm (SR 2). Resistivitas pada kedalaman : (0 - 2) m, nilainya lebih

tinggi dibandingkan pada kedalaman : (2 - 10) m karena infiltrasi dari air rawa tidak sebesar pada kedalaman : (2 - 10) m. Berdasarkan klasifikasi korosivitas [8], maka pada kedalaman (0 - 2) m dengan resistivitas : (2.638 - 3.615) Ohm.cm dikategorikan korosif.

Gambar 4 menampilkan penampang resistivitas (SR 2 - SR 4 - SR 5). Pada kedalaman (0 - 2) m terdapat resistivitas sedang dengan nilai 3.002 Ohm.cm (SR3) yang dikategorikan ke dalam lapisan korosif, sedangkan pada titik SR 4 dan SR 5 terdapat resistivitas tinggi dengan nilai : (10.535 - 11.854) Ohm.cm yang dikategorikan sebagai lapisan cukup korosif. Resistivitas tanah pada titik SR 4 dan SR 5 nilainya relatif tinggi karena diduga memiliki porositas rendah dan padat.

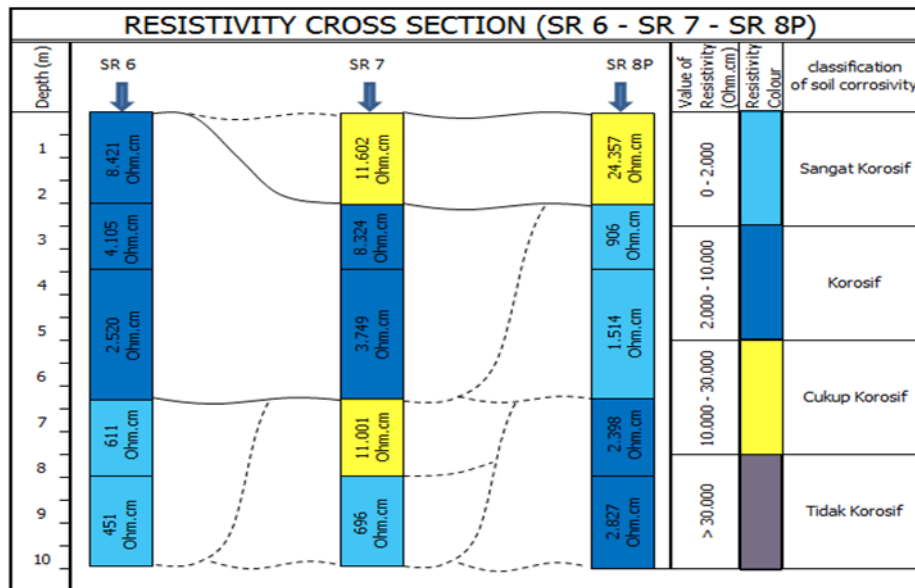


Gambar 4. Penampang Resistivitas Tanah (SR 2 - SR 4 - SR 5)

Pada titik SR 2 dan SR 5 (kedalaman : 2 - 10 m) dan titik SR 4 (kedalaman : 2 - 8 m) terdapat resistivitas rendah dengan nilai (197 - 1.777) Ohm.cm, dikategorikan sebagai lapisan sangat korosif dan antisipasi aktivitas korosi sangat tinggi. Lapisan tanah pada kedalaman > 2 m diduga terdiri dari perselingan lempung dan pasir yang mengandung air, sehingga arus listrik yang dihasilkannya besar dan nilai resistivitasnya rendah.

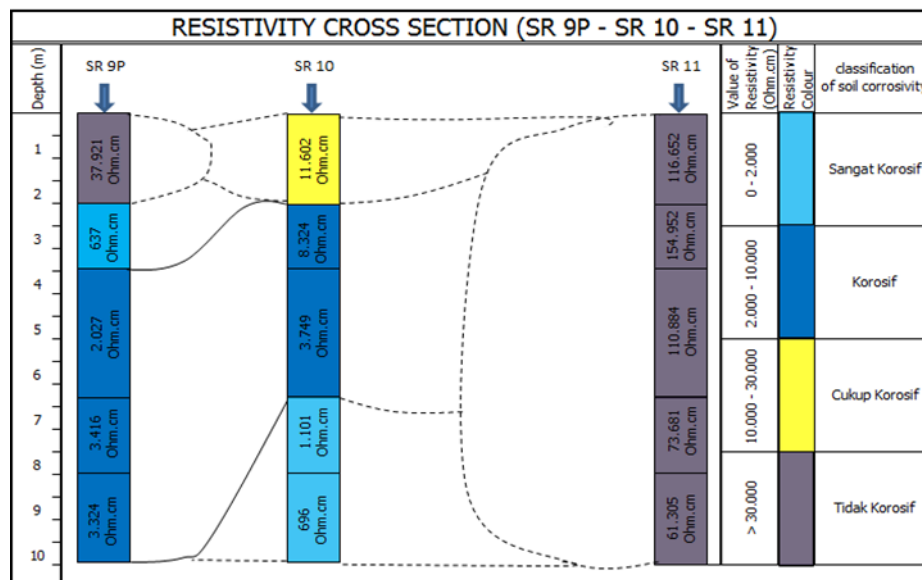
Pada kedalaman (8 - 10) m di titik SR 4 terdapat resistivitas sedang dengan nilai 2.359 Ohm.cm yang dikategorikan sebagai lapisan korosif.

Pada Gambar 5 ditunjukkan penampang resistivitas tanah (SR 6, SR 7, SR 8). Pada penampang ini didominasi oleh lapisan korosif dan sangat korosif. Lapisan korosif dengan nilai resistivitas: (2.398 - 8.421) Ohm.cm terdapat pada titik SR6 (kedalaman: 0 - 6,5 m), titik SR7 (kedalaman: 2 - 6,5 m) dan titik SR8P (kedalaman: 6,5 - 10 m). Lapisan sangat korosif dengan nilai resistivitas (451 - 1.514) Ohm.cm terdapat pada titik SR6 (kedalaman 6,5 - 10 m), titik SR7 (kedalaman : 8 - 10 m) dan pada titik SR8 (kedalaman : 2 - 6,5 m). Lapisan cukup korosif dengan nilai resistivitas tinggi (11.001 - 24.357) Ohm.cm terdapat pada titik SR7 (kedalaman 0 - 2 m, 6,5 - 8 m) dan titik SR8P (kedalaman 0 - 2 m). Resistivity rendah dengan nilai (451 - 1.514) Ohm.cm terdapat pada titik SR6 (kedalaman 6,3 - 10 m), titik SR 7 (kedalaman : 8 - 10 m) dan titik SR 8P (kedalaman 2 - 6,3 m). Lapisan tanah dengan nilai resistivitas (451 - 1.514) Ohm.cm dikategorikan sebagai lapisan cukup korosif.



Gambar 5. Penampang Resistivitas Tanah (SR 6 – SR 7 – SR 8)

Penampang Resistivitas (SR9, SR10, SR11) ditunjukkan pada Gambar 6. Resistivitas tinggi dengan nilai (37.921 – 154.952) Ohm.cm terdapat pada titik SR 11 pada kedalaman (0 – 10) m dan titik SR 9p pada kedalaman (0 – 2) m. Tingginya nilai resistivitas tanah tersebut karena tingkat kelembaban tanah yang sangat rendah, sehingga jumlah ion (elektrolit) sebagai komponen pembawa aliran listrik sedikit, sehingga nilai resistivitas tanah yang dihasilkan menjadi tinggi. Lapisan tanah dengan nilai resistivitas (37.921 – 154.952) Ohm.cm dikategorikan lapisan tidak korosif.



Gambar 6. Penampang Resistivitas Tanah (SR 9 – SR 10 – SR 11)

Resistivitas sedang dengan nilai 11.602 Ohm.cm terdapat pada titik SR 10 pada kedalaman (0 – 2) m, yang dikategorikan sebagai lapisan cukup korosif.

Resistivitas rendah dengan nilai (2.027 – 8.324) Ohm.cm terdapat pada titik SR 9P pada kedalaman (3,5 – 10) m dan titik SR 10 pada kedalaman (2 – 6,5) m. Rendahnya nilai resistivitas tanah karena berkaitan dengan tingginya kadar air pada Lapisan tanah

tersebut. Lapisan tanah dengan nilai resistivitas (2.027 – 8.324) Ohm.cm dikategorikan lapisan korosif.

Resistivitas sangat rendah dengan nilai (637 – 1.101) Ohm.cm terdapat pada titik SR 9P (kedalaman 2 – 3,5 m) dan titik SR 10 (kedalaman 6,5 – 10) m. Nilai resistivitas tanah sangat rendah dititik tersebut karena lapisan tanahnya memiliki kadar air dan kelembaban tanah yang sangat tinggi, selain itu dari jenis batumannya terdiri dari lapisan pasir yang memiliki porositas tinggi sehingga bisa menyimpan air. Lapisan tanah dengan nilai resistivitas (637 – 1.101) Ohm.cm dikategorikan lapisan sangat korosif.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Secara umum lokasi penelitian diklasifikasikan tanah cukup korosif (10.000 – 30.000 Ohm.cm) – sangat korosif (< 2.000 Ohm.cm), kecuali pada titik SR 11 dengan kedalaman : 0 – 10 m dan titik SR 9P dengan kedalaman : 0 – 2 m yang dikategorikan sebagai lapisan tanah tidak korosif (> 30.000 Ohm.cm).
- Lapisan tanah sangat korosif (resistivitas < 2.000 Ohm.cm) / korosif (resistivitas : 2.000 – 10.000 Ohm.cm) terdapat di sebelah Utara area penyelidikan yang diduga terdiri dari pasir yang mengandung air, pasir lempungan dan lempung, sedangkan lapisan tanah cukup korosif (10.000 – 30.000 Ohm.cm) dan tidak korosif > 30.000 Ohm.cm terdapat di sebelah Selatan area penyelidikan yang diduga merupakan lapisan tanah padat (kompak) terdiri dari Batupasir kuarsa (padat), lempung, kerikil dan sedikit bongkahan batuan.
- Lapisan tanah sangat korosif memiliki nilai resistivitas rendah karena tanah tersebut mengandung air, lembab dan tidak padat, dengan kondisi tanah seperti itu mengakibatkan jumlah ion (elektrolit) sebagai komponen pembawa aliran listrik bertambah banyak, yang memudahkan arus mudah mengalir sehingga akan diperoleh nilai resistivitas rendah.

Daftar Pustaka

1. FAO, *Crop Production*, www.fao.org. 8 October 2019.
2. A. D. Khuluq, *Potensi Pemanfaatan Limbah Tebu sebagai Pakan Fermentasi Probiotik*, Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri, Vol. 4, Issue 1 (2012), p. 37-45.
3. Bradford, S. A, *Practical Handbook of Corrosion Control In Soils, Pieplines, Tanks, Casings, Cables*, Publishing Ltd, Canada (2001).
4. Willmott, M J and Jack, T R, *Corrosion by Soils*, John Wiley & Sons Inc. (2006), p.329.
5. Putra, R., Muhammad, Huzni, S and Fonna, S, *Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Potensi Korosi Pada Pipa Air Bawah Tanah di Jalur Kreung Peusangan Hingga Krueng Geukueh*, Aceh Utara, Jurnal Teknik Mesin Untira (2018).
6. ASTM G57-06, *Standard Test Method for Field Measurement of Soil Resistivity Using the Wenner Four-Electrode Method*, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, US (2012).
7. Hidayat, S dan Umar, L, *Peta Geologi Lembar Balikpapan*, Kalimantan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung (1994).
8. Telford, W. M, L. P, Geldart and R. E. Sheriff, *Applied Geophysics* 2 Edition, Cambridge University Press, Cambridge (2004), p 535-7.

9. Bagus, I, Progress Version 3.0 – Using Non Linier Optimization Method, PT Aneka Tambang, Tbk (2001).
10. Sulaiman, A, Karyanto, H, Corrosion Control and Monitoring, Workshop Pertamina (1992).