

PENGARUH VARIASI KEDALAMAN ELEKTRODA DAN RESISTIVITAS TANAH DALAM MEMREDIKSI POTENSI KOROSI DENGAN METODA WENNER

Reza Putra¹, Muhammad¹, Syifaul Huzni² dan Nurdin Ali²

¹Jurusan S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh.

²Jurusan S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
*Email:reza.putra@unimal.ac.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh variasi kedalaman elektroda terhadap nilai resistivitas untuk memprediksi potensi terjadinya korosi dalam tanah. Lokasi penelitian terletak di Peusangan hingga Krueng Geukueh dengan garis lintang 5°11'N dan 5°15'N, dan bujur 96°48'E dan 97°03'E. Pengukuran resistivitas tanah dilakukan di lokasi yang berbeda dengan menggunakan metode Wenner. Variasi jarak elektroda yang digunakan adalah 150, 300, 240 dan 600 cm. Hasil penelitian menunjukkan distribusi nilai resistivitas tanah pada setiap lokasi yang diukur, berbeda menurut kondisi lingkungan dan tingkat kedalamannya. Secara umum semakin besar jarak elektroda maka nilai resistivitas tanah akan semakin mengecil, hal ini menunjukkan bahwa potensi korosi pada infrastruktur oleh faktor eksternal semakin besar sehingga perlu didesain teknik pencegahan korosi yang tepat.

Kata kunci: Korosi, resistivitas, metoda *Wenner*.

Pengantar

Pesatnya pembangunan Industri di daerah otonomi khusus pada lokasi-lokasi strategis membutuhkan perhatian lebih pada kondisi lingkungannya. Lingkungan ini berpengaruh pada sistem infrastruktur yang akan digunakan. Persyaratan perlindungan lingkungan juga menempatkan focus pada masalah korosi. Oleh karena itu, ketika pembangunan sistem infrastruktur terkubur atau terendam mulai direncanakan, maka tingkat korosifitas lingkungan harus dianggap sebagai salah satu factor dalam perancangan sistem. Jika factor korosi tidak dipertimbangkan, masa kerja suatu sistem mungkin terlalu singkat dan berpengaruh pada bencana yang akan ditimbulkan pada masyarakat dan lingkungan sekitar.

Material konstruksi umum yang berkenaan dengan korosi di lingkungan tanah adalah baja karbon dan paduannya. Material ini sebahagian besar digunakan untuk pipa distribusi air maupun gas ditanam dalam tanah dengan tingkat elevasi yang berbeda. Parameter yang umum digunakan untuk mengevaluasi potensi korosi tanah adalah resistivitas, pH, kadar sulfat, kadar klorida, potensi redoks dan kadar sulfida. Tanah biasanya memiliki kisaran pH 5-8. Tanah yang lebih asam mewakili risiko korosi yang serius terhadap bahan struktural umum seperti baja, besi cor dan lapisan seng [1,2].

Tanah adalah kumpulan mineral, bahan organik, air, dan gas (kebanyakan udara). Ini dibentuk oleh gabungan aksi cuaca angin dan air, dan juga peluruhan organik. Proporsi konstituen dasar sangat bervariasi dalam jenis tanah yang berbeda. Misalnya, humus memiliki kandungan bahan organik yang sangat tinggi, dimana kandungan organik pasir pantai praktis nol. Sifat dan karakteristik tanah jelas bervariasi sebagai fungsi kedalaman [2]. Resistivitas secara historis sering digunakan sebagai indikator luas korosifitas tanah. Karena aliran arus ionik dikaitkan dengan reaksi korosi tanah, resistivitas tanah yang tinggi dapat dibidang memperlambat reaksi korosi [3]. Resistivitas tanah pada umumnya menurun seiring dengan meningkatnya kadar air dan konsentrasi spesies ionik. Resistensi tanah

sama sekali bukan satu-satunya parameter yang mempengaruhi risiko kerusakan korosi. Variasi resistivitas tanah sepanjang pipa sangat tidak diinginkan, karena ini akan menyebabkan pembentukan sel korosi makro. Oleh karena itu, untuk struktur seperti jaringan pipa, manfaat klasifikasi potensi korosi berdasarkan nilai absolut resistivitas tanah sangat dibutuhkan.

Tingkat korosifitas tanah dapat sangat bervariasi dari satu wilayah geografis atau lokasi ke lokasi lain sehingga prinsip teknik menuntut agar tingkat korosifitas spesifik di lokasi harus digunakan dalam desain pelindung yang optimal dari struktur bawah tanah [3]. Pengujian resistivitas tanah daerah metropolitan Kaduna bervariasi dalam ekstrem sekitar 31,9 $\Omega \cdot m$ pada kedalaman 0.5m sampai 152,9 $\Omega \cdot m$ pada kedalaman 4.5m dengan nilai rata-rata keseluruhan 72.13481 $\Omega \cdot m$, standar deviasi 33.78109 $\Omega \cdot m$ dan koefisien variasi 46,83%. Hasil penelitian tersebut mewakili spektrum korosivitas tanah yang rata-rata bersifat korosif rata-rata dan umumnya bervariasi ke bawah di bawah tanah dari yang agresif pada kedalaman kurang dari sekitar 0,5 m sampai sedikit korosif sekitar 4,5 m [4].

Pengembangan model statistik dari total 259 sampel tanah dan pipa untuk jaringan pipa bawah tanah di lakukan pada daerah Meksiko selatan [5]. Studi tersebut menunjukkan bahwa kegagalan pipa minyak dan gas bumi kemungkinan besar disebabkan oleh kebocoran akibat korosi pitting eksternal. Jenis kegagalan ini sulit dimodelkan berdasarkan reaksi elektrokimia. Oleh karena itu, pengembangan model prediktif untuk pertumbuhan pit diperkenalkan terutama dengan pendekatan statistik, bukan pendekatan elektrokimia. Model ini mempertimbangkan sifat kimia dan fisika tanah dan pipa untuk memprediksi ketergantungan waktu terhadap kedalaman dan kecepatan pitting.

Penelitian tentang hubungan antara sifat tanah dan pertumbuhan korosi eksternal baja karbon telah dilakukan [6]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh resistivitas tanah lebih dominan dalam mempercepat laju laju korosi pada baja karbon bila dibandingkan dengan pH tanah. Pada tahun yang sama [7], juga dilakukan penelitian mengenai resistivitas permukaan tanah untuk mengevaluasi korosi baja di dalam tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air tanah sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan korosi terutama pada pipa yang tidak diangkut.

Penggabungan model pertumbuhan pit diprediksi dengan distribusi variabel model yang diamati di dalam tanah [8]. Distribusi probabilitas kedalaman pit dan pertumbuhan pit diselidiki dengan menggunakan simulasi Monte Carlo. Pengembangan model stokastik untuk evolusi kerusakan korosi dilakukan untuk mendapatkan distribusi probabilitas kedalaman korosi dan laju korosi pada waktu tertentu diperkirakan secara analitis dari fungsi kepadatan probabilitas empiris kedalaman kerusakan korosi, jumlah karakteristik korosi yang terdeteksi dan distribusi waktu nukleasi korosi [9].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh variasi kedalaman elektroda dan nilai resistivitas tanah dalam memprediksi potensi korosi. Pola resistivitas tanah untuk menentukan tata kelola parameter ini pada pertumbuhan korosi. Meskipun resistivitas bukan satu-satunya faktor yang dapat mempengaruhi dinamika korosi di dalam tanah, hasil penelitian ini mengetahui hubungan antara intensitas resistivitas tanah dan tingkat kedalaman pengukuran tanah.

Metode Penelitian

Metode terbaik untuk menguji resistivitas tanah adalah metode *Wenner 4-Point*. Metode *array Wenner* dan teknik *Fall-of-Potential* digunakan untuk menentukan resistivitas tanah yang sesuai dengan ASTM G57-06 [10-12]. Alat yang digunakan adalah alat ukur *Soil Resistivity Meters* dengan menggunakan 4 kutub digital, yaitu alat dengan merek *MeggerDET4TD2*, 4 buah elektroda, dan kabel penghubung.

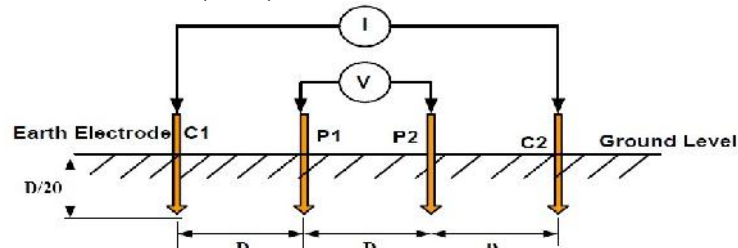
Wenner 4-point Method menggunakan empat buah metal sebagai probe yang ditancapkan ketanah dalam sebuah garis lurus dengan jarak yang sama antar probe seperti yang terlihat pada Gambar 1. Arus bolak balik dari *Soil Resistivity Meters* akan menyebabkan aliran arus pada tanah antara pin C1 dan C2. Potensial diukur antara pin P1 dan P2. Resistivitas tanah akan didapat dengan memasukkan nilai yang dibaca oleh *soil resistivity meter* ke persamaan 1:

$$R = \frac{\rho}{2\pi A} \quad (1)$$

ρ = resistivitas tanah (Ohm-cm)

A = jarak antar probe

R = pembacaan alat (Ohm)



Gambar 1. Skema *Wenner 4-pin Method* (10).

Metode pengukuran potensi korosi ini dilakukan pada jalur pemasangan pipa bawah tanah dengan menggunakan metode *Wenner*. Penentuan lokasi pengumpulan data dipilih pada lokasi yang berbeda keadaan lingkungannya. Mengambil data uji untuk nilai resistivitas tanah dengan metode *Wenner* pada variasi jarak antara elektroda adalah 150, 300, 450 dan 600cm. Data nilai resistivitas ini akan dikembalikan dengan menggunakan rumus untuk menghitung nilai resistivitas nampak yang merupakan kombinasi atau kumpulan data penelitian. Lokasi penelitian terletak di Peusangan hingga Krueng Geukueh dengan garis lintang 5°11'N dan 5°15'N, dan bujur 96°48'E dan 97°03'E (Gambar 2).



Gambar2. Lokasi pengambilan data penelitian

Hasil dan Pembahasan

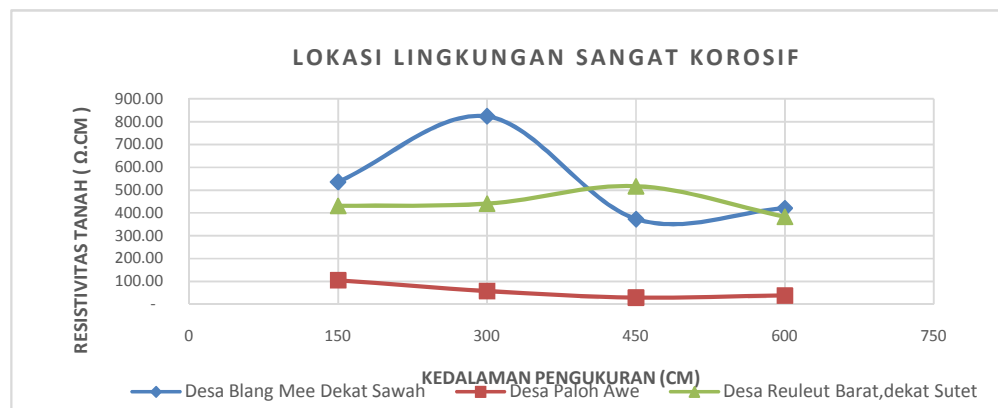
Hasil pengumpulan data awal menggunakan metode *Wenner* dengan alat *Earth Tester* dari merek *Megger* DET4TD2 menunjukkan nilai resistivitas pada permukaan tanah bervariasi di setiap tingkat kedalaman. Perbandingan data nilai resistivitas dan nilai korosi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Resistivitas dan Nilai Korosi[3]

Tingkat Korosi	Resistivitas Tanah (ohm.cm)
Tidak Terkorosi	20,000
Sedikit Korosi	10,000 to 20,000
Korosi Sedang	5,000 to 10,000
Korosi	3,000 to 5,000
Korosi Berat	1,000 to 3,000
Korosi Ekstrim	1,000

Korosititas tanah berdasarkan data nilai resistivitas tanah bervariasi sepanjang daerah penelitian. Kategori korosi pada lapisan tanah sepanjang daerah penelitian umumnya tidak agresif, sedikit agresif atau sangat agresif di daerah-daerah tertentu. Topografi penelitian ini sebagian besar merupakan area yang berdekatan dengan fasilitas umum seperti jalan, jembatan, rumah dan irigasi.

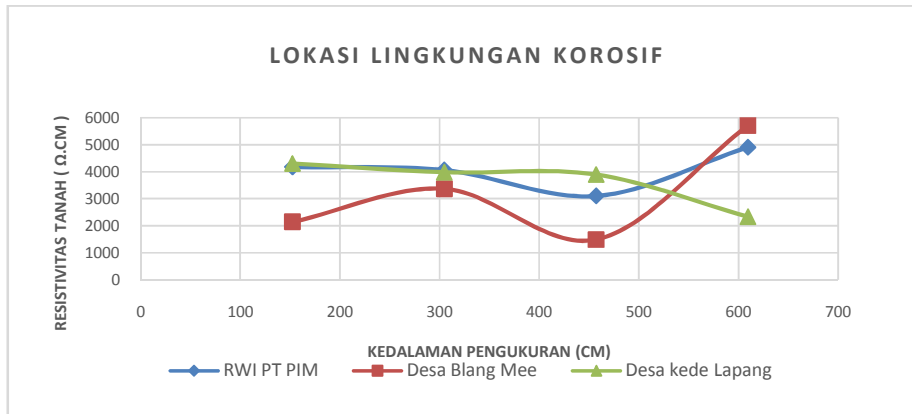
Penelitian ini menggunakan metoda *Wenner* untuk memperoleh data yang merupakan resistivitas semu dimana nilai tahanan yang diperoleh dari pengukuran beda potensial disekitar tempatarus diproyeksikan. Resistivitas semu dipengaruhi oleh jenis batuan yang berada di bawah permukaan. Apabila bebatuannya lebih berongga maka nilai resistivitasnya besar, sedangkan apabila bebatuan lebih kompak maka nilai resistivitasnya akan lebih kecil. Dari data penelitian, dapat diplotkan grafik untuk kategori jenis lingkungan berdasarkan Tabel 1, seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Tingkat Kedalaman dan resistivitas pada Lingkungan Sangat Korosif.

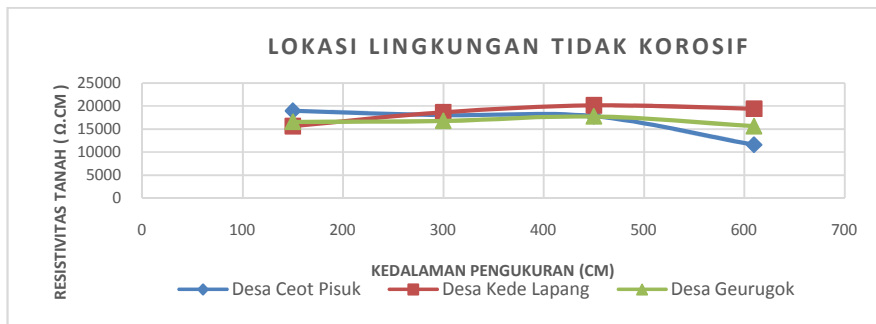
Grafik pada Gambar 3. Menunjukkan lingkungan persawahan dengan irigasinya yang secara umum berlokasi di desa Blang Mee, Paloh Awe dan Reuleut Barat sangat rentan terjadinya proses korosi. Nilai resistivitas tanah disemua tingkat

kedalaman bekisar antara 100-550 cm. Nilai resistivitas dibawah 1000 cm mengindikasikan lingkungan tanah dengan potensi korosi ekstrim. Selanjutnya pada posisi lingkungan didaerah perumahan penduduk yaitu pada Desa Ceot Pisuk, Kede Lapang dan Geurugok, dapat diplot grafik seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik perbandingan tingkat kedalaman dan resistivitas pada lingkungan korosif.

Dari grafik pada Gambar 4. Terlihat bahwa nilai resistivitas tanah hanya seragam di kedalaman 300 cm berkisar antara 3.000 hingga 4.000 cm. nilai ini berada pada kategori tingkat korosi berat yang artinya kondisi tanah pada kedalaman tersebut banyak mengandung air sebagai penghantar arus. Hal ini dimungkinkan juga karena didaerah pengambilan data banyak terdapat pohon-pohon besar, dimana konsentrasi kadar air lebih besar pada bagian akar pohon tersebut. Pada kedalam 600 cm, terlihat peningkatan nilai resistivitas hampermen dekati 6.000 cm. hal ini menunjukkan bahwa bagian dari tanah dilokasi tersebut terdiri dari bebatuan kecil, sehingga dapatdi kategorikan dalam kondisi tanah yang berpotensi korosi sedang atau menengah.



Gambar 5. Grafik perbandingan tingkat kedalaman dan resistivitas pada lingkungan tidak korosif.

Dari grafik pada Gambar 5. Nilai resistivitas tanah pada kedalaman 150 hingga 450 cm menunjukkan nilai yang seragam, berkisar antara 15.000-18.000 cm. Nilai resistivitas tanah ini mengindikasikan tanah di lingkungan tersebut dalam kategori rendah terjadi korosi, sehingga dikategorikan aman untuk infrastruktur. Pada tingkat kedalaman 6 m terjadi penurunan tingkat resistivitas tanah hingga 10.000 cm. walaupun nilai batas ini masih dalam kategori rendah korosi, perlu diperhatikan faktor-faktor lain yang dapat menyebabkan terjadinya percepatan pertumbuhan korosi di lingkungan tersebut.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terkait variasi kedalaman dan sebaran nilai resistivitas tanah yang diperoleh dengan menggunakan metoda *Wenner* dapat disimpulkan bahwa kondisi lingkungan mempengaruhi tingkat resistivitas tanah. Kategori tingkatan ini bervariasi mulai dari lingkungan sangat korosif hingga lingkungan yang tidak berpotensi korosi. Penurunan nilai resistivitas tanah di sebuah lokasi pada kedalaman tertentu menunjukkan peningkatan potensi korosi pada lokasi tersebut dikarenakan nilai potensial arus yang dapat mengalir pada lokasi tersebut adalah tinggi. Penelitian lanjutan untuk menghitung potensial korosi dan tingkat keasaman tanah mutlak diperlukan dalam penentuan jenis proteksi yang sesuai pada setiap lokasi penelitian.

Ucapan Terima kasih

Terimakasih disampaikan penulis kepada Kemenristek dikti kerana telah mendanai penelitian ini.

Referensi

- [1] Pierre R. Roberge,. *Handbook of Corrosion Engineering*, McGraw-Hill(New York San Francisco Washington, D.C.2008)
- [2] Fontana M. G., Greene, N. G., *Corrosion Engineering*, Mc. Graw-Hill, (New York., 1987)
- [3] Telford, W.M., et al, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, (London. England.1990)
- [4] TN. Guma, SU. Mohammed and AJ. Tanimu.,*A field survey of soil corrosivity level of Kaduna metropolitan area through electrical resistivity method.* (International journal of scientific engineering and research,2015) 3(12).
- [5] J.C. Velazquez, F. Caley, A. Valor, and J.M. Hallen. *Predictive Model for Pitting Corrosion in Buried Oil and Gas Pipelines*, Corrosion, (2009) pp. 332-342.
- [6] A. Samuel I.,N. Harold, *Correlation Between Soil Properties and External Corrosion Growth rate of Carbon Steel.*,IJES (2014) p.38-47
- [7] Ngah, S.A., Abam, T.K.S., *Shallow Resistivity Measurement for Subsoil Corrosivity Evaluation in Port Harcourt Metropolis, Nigeria.* (2014) p. 85-91.
- [8] F. Caley, J.C. Velazquez, A. Valor, and J.M. Hallen,. *Probability Distribution of Pitting Corrosion Depth and the Rate in Underground Pipelines: A Monte Carlo Study*, Corrosion Science, 51, 9, (2009) p. 1925-1934.
- [9] J.L. Alamilla, and E. Sosa.*Stochastic Modelling of Corrosion Damage Propagation in Active Sites from Field Inspection Data*, Corrosion Science, 50, (2008) pp1811-1819.
- [10] 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)
- [11]<http://www.nationalobserver.com/2016/04/04/news/transcanada-shuts-down-keystone- after - oil-seeps-surface>
- [12] <http://www.chinapost.com.tw/taiwan/local/kaohsiung/2014/08/01/413785/multi-pus-gas.html>