

PEMETAAN POTENSI KOROSI PADA JALUR PIPA BAWAH TANAH MENGUNAKAN INTERPOLASI KRIGING

Reza Putra¹, Muhammad¹, Syifaul Huzni², Nurdin Ali²

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh
Lhokseumawe, 24355

²Jurusan Teknik Mesin, Universitas Syiah Kuala
Banda Aceh, 23111

*Email : reza.putra@unimal.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk memetakan potensi korosi pada jalur pipa bawah tanah menggunakan metoda interpolasi Kriging. Lokasi penelitian terletak di Aceh Utara hingga Bireun, dengan garis lintang 5°11' N dan 5°15' N, dan bujur 96°48' E dan 97°03' E. Pengukuran resistivitas tanah menggunakan metoda Wenner, dengan variasi jarak 150cm, 300cm dan 450cm. Hasil pengukuran ini diinterpolasi dengan metoda Kriging untuk memperoleh pemetaan. Hasil penelitian menunjukkan distribusi nilai resistivitas beragam dengan kontur yang bervariasi berdasarkan kedalaman pengukuran. Secara keseluruhan lokasi penelitian berpotensi korosi ringan, korosi menengah dan korosi berat.

Kata kunci: korosi, resistivitas, Wenner, Kriging.

ABSTRACT

The research has been conducted to mapping potential corrosion in underground pipeline using Kriging interpolation method. The study sites are located in North Aceh to Bireun, with latitude 5°11' N and 5°15' N, and longitude 96°48'E and 97°03'E. The measurement of soil resistivity using Wenner method, with variation of distance 150cm, 300cm and 450cm. The result of this measurement is interpolated by Kriging method to obtain the mapping. The results showed the distribution of various resistivity values with varying contours based on depth measurement. Overall the site of the study was potentially mildly corrosive, corrosive and highly corrosive.

Keywords : corrosion, resistivity, Wenner, Kriging.

PENDAHULUAN

Pabrik yang dibangun di wilayah zona industri kota Lhokseumawe membutuhkan ketersediaan air bersih yang sangat banyak untuk memenuhi kebutuhan pabrik dan komplek perumahan. Kebutuhan air ini disalurkan melalui pipa baja dari sungai yang terletak ±24 km dari lokasi pabrik yaitu di sungai Peusangan (Kabupaten Bireuen). Pada saat pembangunannya, pipa tersebut telah dilindungi dari korosi dengan sistem proteksi katodik. Jalur pipa bawah tanah ini telah menjalankan fungsinya selama lebih dari 30 tahun.

Rusaknya lapisan coating pada area splash zone akan memicu korosi galvanis terjadi pada jaringan pipa ini. Penurunan kemampuan proteksi oleh sistem proteksi katodik diduga akibat pengaruh lingkungan instalasi yang berubah drastis dan kerusakan lapisan coating oleh pemakaian diatas umur

desain. Berdasarkan evaluasi awal menunjukkan indikasi adanya bagian dari jalur pipa tersebut yang tidak terproteksi dan rawan terjadinya korosi akibat faktor internal dan eksternal.

Korosi pipa bawah tanah merupakan sebuah fenomena yang kompleks, dengan berbagai variabel yang saling terkait. Reaksi kimia yang terjadi melibatkan hampir setiap elemen yang berada pada tanah tersebut banyak diantaranya yang belum diketahui secara tuntas. Variasi sifat dan karakteristik tanah merupakan faktor utama penyebab korosi pada struktur yang terpendam (Samuel,2014).

Material baja karbon digunakan untuk pipa distribusi air baku (raw water) yang 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.

Tanah adalah kumpulan mineral, bahan organik, air, dan gas (kebanyakan udara). Tanah ini dibentuk oleh gabungan aksi cuaca angin dan air, dan juga peluruhan organik. Proporsi mineral dan bahan organik lainnya 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.(Fontana, 1987).

Resistivitas secara historis sering digunakan sebagai indikator luas korosifitas tanah. Karena aliran arus ionik dikaitkan dengan reaksi korosi tanah, resistivitas tanah yang tinggi dapat dibilang memperlambat reaksi korosi (Guma dkk, 2015). Resistivitas tanah pada umumnya menurun seiring dengan meningkatnya kadar air dan konsentrasi spesies ionik. 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.

Menurut data yang dirangkum oleh Wikipedia, pada tahun 2015 kecelakaan yang diakibatkan kegagalan jaringan pipa di Amerika Serikat telah tercatat sebanyak 39 kasus, sebelumnya telah dilakukan pemetaan kecelakaan pemipaan di Amerika Serikat dari tahun 1993 hingga 2013 telah merusak 363 fasilitas umum, 1392 kecelakaan dan mengakibatkan kerugian sebesar \$ 823 Juta (Wikipedia, 2016).

Guma dkk. (2015) melaporkan bahwa resistivitas tanah daerah metropolitan Kaduna bervariasi dalam ekstrem sekitar 31,9 Ω m pada kedalaman 0.5m sampai 152.9 Ω m pada kedalaman 4.5m dengan nilai rata-rata keseluruhan 72.13481 Ω m, standar deviasi 33.78109 Ω m dan koefisien variasi 46,83%. Hasil penelitian ini mewakili spektrum korosifitas tanah dengan stokastik yang rata-rata bersifat korosif rata-rata dan umumnya bervariasi di bawah bawah tanah dari yang

agresif pada kedalaman kurang dari sekitar 0,5 m sampai sedikit korosif sekitar 4,5 m.

Penelitian hubungan antara sifat-sifat tanah dan pertumbuhan korosi eksternal baja karbon telah dilakukan oleh Samuel dkk, (2014). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh resistivitas tanah lebih dominan mempercepat pertumbuhan laju korosi pada baja karbon bila dibandingkan dengan pH tanah. Pada tahun yang sama Ngah dkk (2014), juga melakukan riset tentang resistivitas permukaan tanah untuk mengevaluasi korosi pada baja dalam tanah. Hasil penelitian menunjukkan kualitas air tanah sangat berpengaruh pada pertumbuhan korosi terutama pada pipa yang ditanam tanpa proteksi.

Bhattarai (2013) dalam penelitiannya melakukan investigasi kandungan tanah seperti tingkat kelembaban, pH, resistivitas, potensial redoks, kandungan klorida dan sulfida terhadap tingkat korosi pada pipa galvanis dan pipa cor. Okiongbo dan Ogobiri (2013) juga telah melakukan penelitian korosi tanah pada jalur pemipaan di Niger Delta Basin. Pengujian ini dilakukan untuk memprediksi tingkat korosi hingga kedalaman 3 meter disepanjang jalur pemipaan dengan menggunakan resistivitas tanah sebagai parameternya.

Noor dkk (2012), menyelidiki hubungan antara sifat tanah dan korosi dari baja karbon X70. Penelitian ini menggunakan tiga jenis tanah sebagai acuan dan masing-masing sifat tanah itu adalah kelembaban, keliatan dan tingkat plastisitas. Hasil penelitian menunjukkan tingkat kelembaban tanah sangat signifikan berpengaruh pada pertumbuhan korosi dibandingkan dengan faktor keliatan dan tingkat plastisitas tanah.

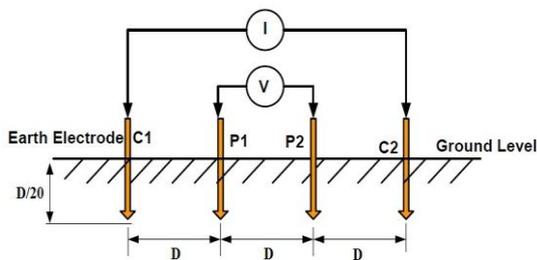
Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pemetaan potensi korosi pada jalur pipa bawah tanah menggunakan interpolasi Kriging. Pola ini diperoleh dari nilai resistivitas tanah pada tingkat kedalaman yang berbeda yaitu 1,5 m, 3 m dan 4,5 m. Meskipun resistivitas bukan satu-satunya faktor yang dapat mempengaruhi dinamika korosi di dalam tanah, hasil penelitian ini diharapkan mampu memetakan lokasi potensi korosi disekitar daerah pengukuran pada tingkat kedalaman yang berbeda.

METODE

Metode terbaik untuk menguji resistivitas tanah adalah metode *Wenner 4-Point*. Metode *Wenner* digunakan untuk menentukan resistivitas tanah yang sesuai dengan ASTM G57-06. Alat yang digunakan adalah alat ukur *Soil Resistivity Meters (SRM)* dengan menggunakan 4 kutub digital, yaitu alat dengan merek *Megger DET4TD2*, 4 buah elektroda, dan kabel penghubung seperti yang terlihat pada Gambar 1. Arus bolak balik dari *SRM* 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 *SRM* ke persamaan 1:

$$\rho = 2\pi AR \tag{1}$$

- ρ = resistivitas tanah (Ohm-cm)
- A = jarak antar probe
- R = pembacaan alat (Ohm)

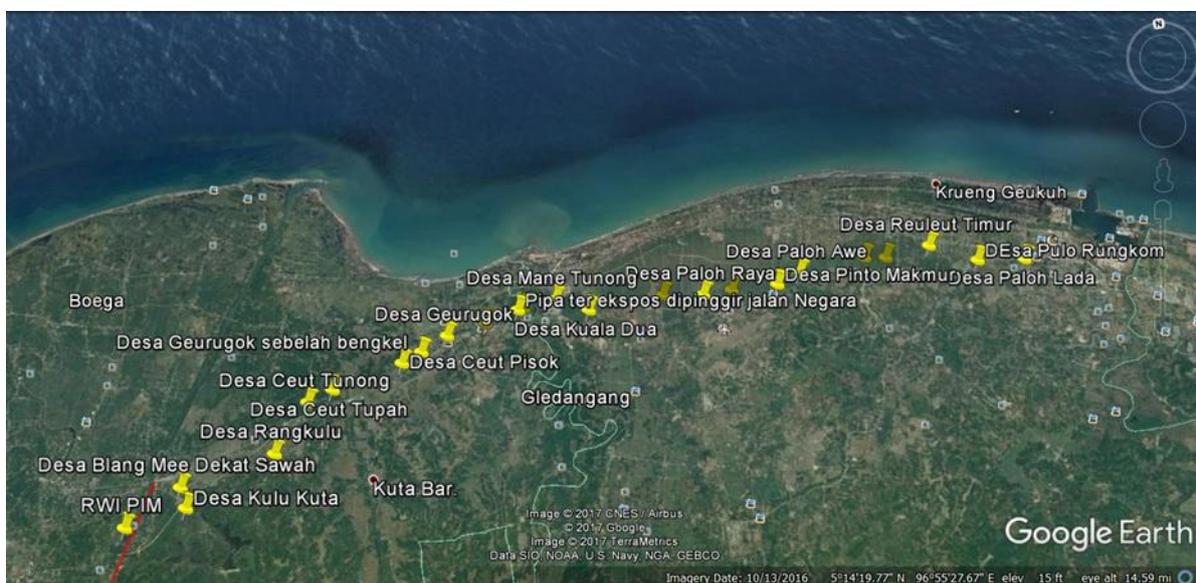


Gambar 1. Skema Metoda Uji *Wenner 4-pin*.

Lokasi pengukuran nilai resistivitas tanah dipilih pada lokasi yang dilalui pipa bawah tanah. Mengambil data uji untuk nilai resistivitas tanah dengan metode *Wenner* pada variasi jarak antara elektroda adalah 150cm, 300cm dan 450cm. Data nilai resistivitas tanah akan diperoleh dengan menggunakan rumus untuk menghitung nilai resistivitas yang merupakan kombinasi antara nilai tahanan dan jarak elektroda.

Kriging adalah sebuah metoda geostatistika yang digunakan untuk mengestimasi nilai dari sebuah titik atau blok sebagai kombinasi linear dari nilai contoh yang terdapat di sekitar titik yang akan diestimasi. Data resistivitas tanah pada setiap kedalaman di interpolasikan dengan metoda *Kriging* untuk memperoleh data yang kemudian diolah oleh program *Surfer* untuk memperoleh model kontur dari nilai resistivitas.

Data pendukung penelitian diperoleh dengan memetakan lokasi jalur pipa dengan menggunakan sistim pemetaan *Google Earth*. Hasil penentuan lokasi ini disesuaikan dengan data koordinat GPS yang diperoleh dari perusahaan terkait. Lokasi penelitian terletak di Peusangan hingga Krueng Geukuh dengan garis lintang 5°11' N dan 5°15' N, dan bujur 96°48' E dan 97°03' E (Gambar 2).



Gambar 2. Lokasi pengambilan data penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Survei lapangan yang dilakukan oleh di simpulkan bahwa lokasi pengambilan data untuk nilai resistivitas tanah disepanjang

jalur pemipaan bawah tanah akan diklasifikasikan berdasarkan kondisi tanah dan lingkungan (Tabel 1).

Tabel 1. Klasifikasi kondisi tanah dan lingkungan.

Lingkungan	Nama Desa	Jenis Permukaan Tanah
Persawahan	Kulu Kuta, Rangkulu, Paloh Awe, Reulet Barat, Cot Pisok.	Liat, gambut, tanah basah.
Pinggir jalan	Geurugok dekat Bengkel, Tepin Siren, Geurugok, Pulo Rungkom,	Bebatuan, kerikil, keras.
Perumahan	Geurugok, Kede Lapang, Paloh Lada, Mane Tunong, Reuleut Timur, Simpang tiga ASEAN	Kerikil, batu, keras
Dekat Irigasi	Kuala Dua, Pinto, Paloh Awe, Pinto Makmur setelah simpang	Tanah timbun, kerikil
Pipa Terekspos	Blang Mee, Pinto Makmur, Paloh Raya. Kuala dua	Diatas irigasi, jembantan

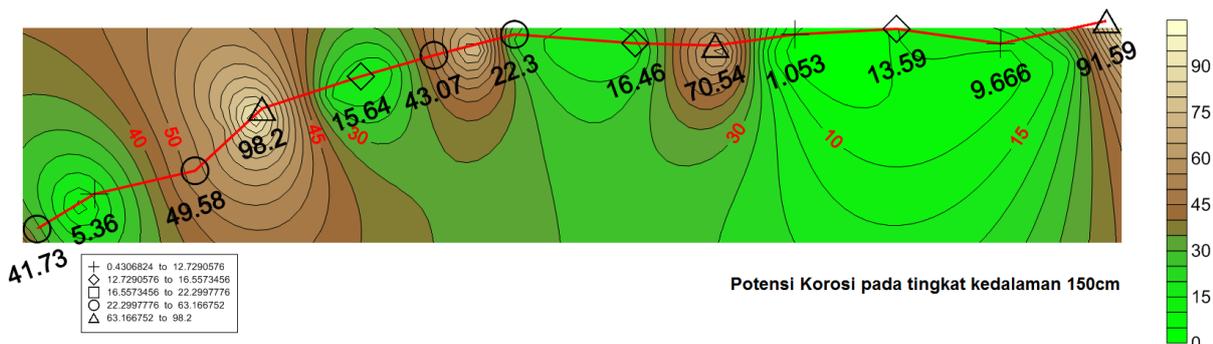
Hasil Pengukuran pada lokasi yang telah di tabelkan menggunakan metode *Wenner* menunjukkan nilai resistivitas pada permukaan tanah bervariasi disetiap tingkat kedalaman. Perbandingan data nilai resistivitas dan nilai korosi dapat dilihat pada Tabel 2.

Gambar 3 menunjukkan sebaran tingkat korosi disepanjang jalur pipa bawah tanah dari hasil interpolasi metode *Kriging* menggunakan perangkat lunak Surfer. Dari peta ini dapat di prediksi tingkat korosi didaerah yang belum dilakukan pengukuran.

Tabel 2. Nilai Resistivitas Tanah dan Tingkat Korosi (Telfold, 1990).

Tingkat Korosi	Resistivitas Tanah ($\Omega.cm$)
Tidak Terkorosi	>20,000
Sedikit Korosi	10,000 hingga 20,000
Korosi Sedang	5,000 hingga 10,000
Korosi	3,000 hingga 5,000
Korosi Berat	1,000 hingga 3,000
Korosi Ekstrim	< 1,000

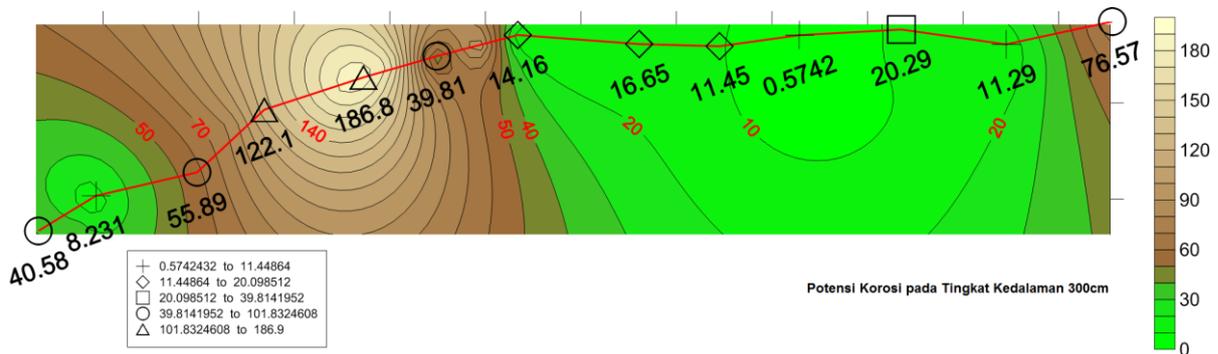
Dari pengukuran yang dilakukan pada tingkat kedalaman 150cm, terlihat bahwa nilai resistivitas terendah adalah 1,053 Ωm atau 105,3 Ωcm yang menunjukkan lingkungan ini tingkat korosifitas ekstrem. Hal ini dapat dipengaruhi oleh posisi jalur pipa yang berada pada daerah persawahan dan irigasi yang relatif basah. Nilai resistivitas yang tinggi terlihat pada lokasi perumahan penduduk dan dipinggir jalan raya yaitu sebesar 4958 Ωcm hingga 9820 Ωcm yang menunjukkan lokasi ini memiliki tingkat korosi yang sedang/menengah.



Gambar 3. Peta Potensi korosi pada kedalaman 150cm.

Gambar 4 menunjukkan sebaran tingkat korosi disepanjang jalur pipa bawah tanah pada kedalaman 300cm. Nilai resistivitas yang terendah pada kedalaman 300cm menunjukkan

nilai 57,42 Ωcm. Dari pemetaan dapat dilihat bahwa pada lokasi ini merupakan daerah persawahan dan irigasi yang memungkinkan nilai resistivitas sangat rendah.

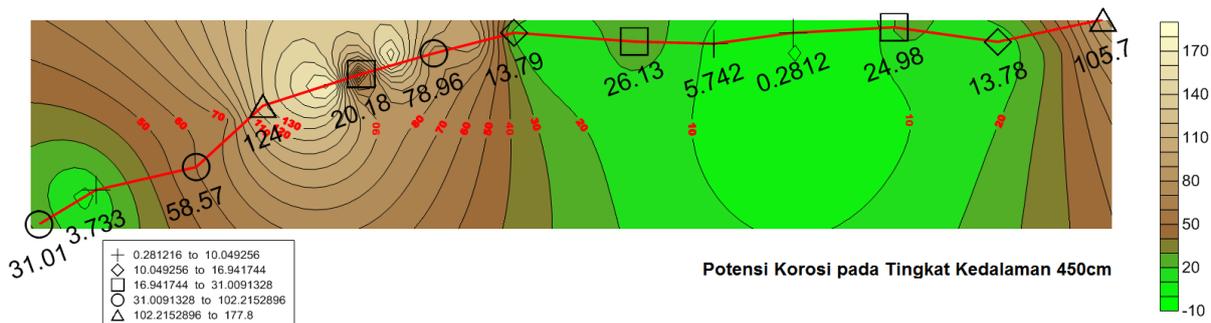


Gambar 4. Peta tingkat korosi pada kedalaman 300cm.

Untuk nilai resistivitas yang tertinggi yang dapat terbaca adalah sebesar 18680 Ωcm, dimana nilai ini mengindikasikan pada lokasi tersebut dengan tingkat kedalaman 300cm terdiri dari material bebatuan. Lokasi ini merupakan daerah perbukitan dengan tingkat kepadatan penduduk yang relatif tinggi.

terendah terletak pada daerah persawahan yaitu sebesar 28,12 Ωcm. Pada lokasi disekitar pemukiman penduduk terlihat nilai resistivitas tanah yang tinggi seperti pada tingkat kedalaman 150cm dan 300cm. Hasil ini mengindikasikan material dilokasi tersebut didominasi oleh bebatuan dan kerikil.

Gambar 5 merupakan pemetaan tingkat korosi pada kedalaman 450cm. Untuk setiap titik pengukuran yang sama, nilai resistivitas



Gambar 5. Peta tingkat korosi pada kedalaman 450cm.

Pemetaan pada Gambar 5 menunjukkan pada kedalaman 450cm potensi korosi yang terjadi semakin besar, terutama pada daerah persawahan dan di daerah pingiran sungai Peusangan. Dari kontur warna yang terbentuk, terlihat bahwa nilai resistivitas semakin rendah dengan semakin dalamnya tingkat pengukuran.

metoda interpolasi Kriging dapat disimpulkan bahwa lokasi disepanjang jalur pipa berpotensi korosi eksternal atau korosi lingkungan. Warna hijau dan coklat pada peta mewakili tingkat korosifitas yang terjadi dengan sebaran kontur yang terbentuk dari hasil interpolasi nilai resistifitas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terkait pemetaan potensi korosi disepanjang jalur pipa bawah tanah dengan

Korosi eksternal pada tingkat kedalaman 150cm menunjukkan kategori potensi korosi ekstrim pada 3 lokasi, tingkat korosi berat hingga 4 lokasi dan selebihnya menunjukkan lokasi dengan potensi korosi sedang.

Penurunan nilai resistivitas tanah di sebuah lokasi pada kedalaman tertentu menunjukkan peningkatan potensi korosi pada lokasi tersebut adalah tinggi. Pemetaan ini diharapkan mampu memprediksi lokasi disekitar lajur pemipaan yang tidak di lakukan pengukuran. Penelitian lanjutan untuk menghitung potensial korosi dan tingkat keasaman tanah mutlak diperlukan dalam penentuan jenis proteksi yang sesuai pada setiap lokasi penelitian.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan penulis kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat. Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan. Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini dengan nomor : 072/SP2H/LT/DRPM/IV/2017.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM G57-06. 2012., *Standard Test Method for Field Measurement of Soil Resistivity Using the Wenner Four-Electrode Method*, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, US.
- AWWA C – 105-10., 2010., *Polyethylene Encasement for Ductile-Iron Pipe Systems.*, American Water Works Association.
- F. Caleyó, J.C. Velázquez, A. Valor, and J.M. Hallen., 2009., *Probability Distribution of Pitting Corrosion Depth and the Rate in Underground Pipelines: A Monte Carlo Study*, Corrosion Science, 51, 9, p. 1925-1934.
- Fontana M. G., Greene, N. G., 1987., *Corrosion Engineering*, Mc. Graw-Hill, New York.

dikarenakan nilai potensial arus yang dapat mengalir pada lokasi tersebut

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