

KAJIAN PROTEKSI KATODIK (*CATHODIC PROTECTION*) PADA JARINGAN PIPA TRANSFER RWI (*RIVER WATER INTAKE*) DI PT. PIM (PUPUK ISKANDAR MUDA)

Rizki Fahmi¹, Jufriadi², Fakhriza²

¹Mahasiswa D-IV Teknologi Rekayasa Manufaktur

²Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata

Email: rizkifahmi28@yahoo.com

Abstrak

Jaringan pipa digunakan sebagai alat distribusi berbagai kebutuhan industri salah satunya adalah air untuk memenuhi kebutuhan pabrik dan kompleks perumahan. Kebutuhan air ini disalurkan melalui pipa baja dari sungai yang terletak ± 24 km dari lokasi pabrik yaitu di sungai Peusangan (Kabupaten Bireuen). Penelitian dengan judul “Kajian Proteksi Katodik (*Cathodic Protection*) Pada Jaringan Transfer RWI (*River Water Intake*) di PT. Pupuk Iskandar Muda (PIM), bertujuan untuk mengetahui tingkat korosifitas yang terjadi pada tiap-tiap *test box* pada masing-masing desa dan mendapatkan hasil yang dijadikan referensi untuk melakukan kegiatan *maintenance* pada jaringan pipa air baku. Prosedur penelitian yang dilakukan adalah dengan mengukur nilai potensial dan resistivitas tanah pada objek pipa RWI PT. PIM. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terdapat lokasi *test box* yang tingkat korosifitasnya tinggi yaitu pada lokasi Desa Pinto Makmur dengan nilai potensial -850 mV, dan nilai resistivitas tanah $235,22 \Omega \cdot \text{cm}$, dengan itu maka perlu pemantauan secara rutin pada lokasi ini dikarenakan kemungkinan besar terjadi korosi yang parah dan dikhawatirkan terjadi kegagalan pada pipa yang akan menyebabkan kerugian bagi perusahaan maupun keresahan masyarakat setempat.

Kata Kunci: *Cathodic Protection*, Korosi, Potensial, Resistivitas Tanah

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pipa merupakan teknologi dalam mengalirkan fluida seperti minyak, gas atau air dalam jumlah yang sangat besar dan jarak yang jauh melalui laut dan daerah tertentu[1]. Dalam dunia industri minyak dan gas, penggunaan jaringan pipa merupakan salah satu elemen yang memegang peranan penting yaitu sebagai rantai produksi. Jaringan pipa digunakan sebagai alat distribusi berbagai kebutuhan industri salah satunya adalah air untuk memenuhi kebutuhan pabrik dan kompleks 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[2]. Menurut Dr. Ir Achmad Sulaiman *cathodic protection* merupakan teknik pengendalian korosi dengan jalan

membanjiri struktur dalam elektrolit dengan elektron [3]. Berdasarkan evaluasi awal yang telah dilakukan, proteksi katodik pada pipa bawah tanah yang dimonitor melalui *test box* sebanyak 25 titik di sepanjang jalur instalasi menunjukkan hasil yang mengkhawatirkan. Hasil evaluasi awal menunjukkan indikasi adanya bagian dari jalur pipa tersebut yang tidak terproteksi dan rawan terjadinya korosi akibat faktor internal dan eksternal. Disamping itu, banyaknya bangunan liar yang berada di atas jaringan pipa, Penurunan kemampuan proteksi oleh sistem proteksi katodik diduga akibat pengaruh lingkungan instalasi yang berubah drastis dan kerusakan lapisan *coating* oleh pemakaian umur desain. Untuk menghindari kemungkinan terjadinya kegagalan secara tiba-tiba pada instalasi pipa bawah tanah saluran *River Water Intake (RWI)* disepanjang pemukiman penduduk, pemantauan potensial korosi, resistivitas tanah, pH tanah, dan laju korosi pada pipa tersebut secara berkala terhadap infrastruktur tersebut mutlak diperlukan.

1.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan evaluasi terhadap pipa baja ASTM A-106 penyalur air baku RWI-PT.PIM
2. Mengukur nilai potensial korosi pada pipa baja ASTM A-106, dan resistivitas tanah beserta pH tanah di sekeliling pipa.
3. Pengaruh perbandingan resistivitas terhadap nilai potensial.
4. Menjelaskan perbandingan *actual* dan *design* nilai potensial yang di aplikasikan dalam *cathodic protection*.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran potensial korosi, resistivitas tanah, dan pH tanah dilakukan disepanjang jalur pipa RWI dari Krueng Peusangan sampai ke Krueng Geukuh, namun hanya di fokuskan pada 6 titik Test Box pada lokasi padat penduduk dan rawan terjadinya kegagalan pipa.
2. Pembahasan hanya dititik beratkan pada pengukuran nilai potensial dan resistivitas tanah.
3. Data laju korosi tidak dapat dihitung karena pipa transfer RWI ini terletak di bawah permukaan tanah

2. Metode Penelitian

2.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada objek pipa River Water Intake (RWI) milik PT. Pupuk Iskandar Muda (PIM).

2.2 Objek Pengukuran

Adapun objek pengukuran potensial dan resistivitas tanah dapat dilihat pada gambar 1.



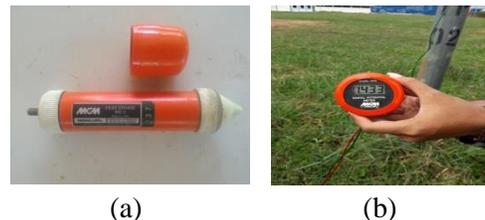
Gambar 1 Test Box

Untuk pengukuran potensial langsung pada *test box*, sedangkan untuk pengukuran resistivitas tanah di sekitaran *test box* pada tiap-tiap desa.

2.3 Alat Ukur Yang Digunakan Dalam Penelitian

alat yang digunakan untuk mengukur potensial resistivitas tanah, dan pH tanah adalah sebagai berikut:

1. Alat ukur potensial



Gambar 2. (a) elektroda reference Cu/CuSO₄
(b) digital potensial meter

pada saat pengukuran potensial memerlukan alat elektroda reference Cu/CuSO₄ dan digital potensial meter seperti pada gambar 2.

2. Alat ukur resistivitas tanah



Gambar 4. Soil resistivity meter

alat ukur yang digunakan adalah megger (*soil resistivity meter*) seperti pada gambar 4, sebagai sumber arus untuk mengukur dan membaca nilai resistivitas tanah.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 pengukuran potensial

Pengukuran potensial dilakukan dengan menggunakan elektroda standar Cu/CuSO₄ dan digital multimeter. Elektroda Cu/CuSO₄ ditempelkan ke permukaan tanah (bila tanah kering maka perlu dibasahi secukupnya) dan kabel elektroda reference dihubungkan ke terminal negatif (hitam) dari digital multimeter. Multimeter di set pada posisi DC Voltmeter, dan selanjutnya kabel dari terminal positif (merah) dihubungkan ke salah satu terminal pada *Test Station Box*. Penulis melakukan pengukuran potensial mengacu pada standar NACE RP 0169-92 dan sesuai dengan kondisi proteksi baja, dapat dilihat seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Kondisi proteksi baja [3].

| POTESIAL, -mV, CSE | TINGKAT PROTEKSI |
|--------------------|--|
| -600 | Terkorosi |
| 600-850 | Ada Proteksi |
| 850-1200 | Terproteksi |
| 1200 + | Over Proteksi - Darat → Hati-hati - Laut → Tidak apa-apa |

2.4.2 Pengukuran Resistivitas Tanah

Pengukuran resistivitas tanah dapat dilakukan dengan cara yaitu pengukuran langsung pada tanah (insitu) dengan metode empat terminal (Lampiran 6). Nilai yang dihasilkan adalah nilai resistivitas tanah tersebut (ohm.cm). Pengukuran resistivitas tanah secara langsung dilapangan (insitu) seperti dijelaskan sebagai berikut:

1. Pin ditancapkan dengan jarak antar pin 1m (a = 1).
2. kabel C1, C2, P1, dan P2, di alat pengukur resistivitas disambungkan dengan tiang pin.
3. Tombol pengukuran ditekan untuk mendapatkan nilai pengukuran. Nilai pengukuran di layar pengukur adalah nilai tahanan tanah (R) sehingga harus dihitung melalui persamaan wenner untuk mendapatkan nilai resistivitas (ρ).
4. Setelah dilakukan pengukuran dengan jarak 1m maka dilanjutkan dengan pengukuran 2m, 3m, 4m dan 5m dengan jarak antar probe.

perumusan nilai resistivitas tanah, yaitu:

$$\rho = 2\pi AR$$

Keterangan:

ρ = Resistivitas tanah (*ohm-centimeters*)

A = Jarak antar pin (cm)

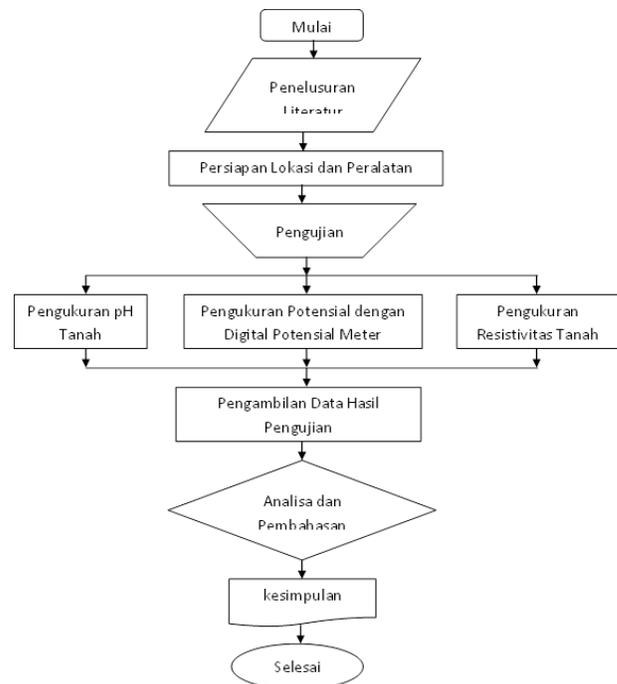
R = Tahanan tanah yang terbaca pada layar pengukuran (*ohms.cm*)

pada saat pengukuran resistivitas tanah dapat diketahui tingkat korosifitas berdasarkan nilai dari resistivitas tanah seperti pada Tabel 2. sebagai berikut:

Tabel 2. Tingkat korosifitas berdasarkan resistivitas tanah [4].

| Soil resistivity, Ω·cm | Corrosivity rating |
|------------------------|---------------------------|
| >20,000 | Essentially non-corrosive |
| 10,000 – 20,000 | Mildly corrosive |
| 5,000 – 10,000 | Moderately corrosive |
| 3,000 – 5,000 | Corrosive |
| 1,000 – 3,000 | Highly corrosive |
| <1,000 | Extremely corrosive |

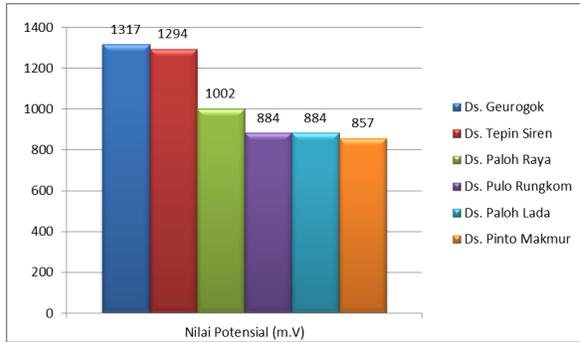
2.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 5. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Potensial



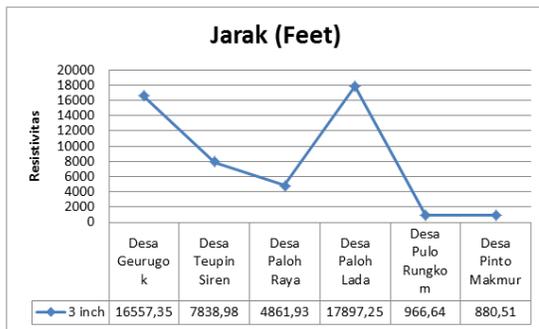
Gambar 6. Diagram nilai potensial disetiap masing-masing Desa

| TEST POINT | LOKASI | POTENSIAL, -mV, CSE | TINGKAT PROTEKSI |
|------------|-------------------|---------------------|------------------|
| TP 10 | Desa Geurgok | 1317 | Over proteksi |
| TP 12 | Desa Tepin Siren | 1294 | Over proteksi |
| TP 16 | Desa Paloh Raya | 1002 | Terproteksi |
| TP 23 | Desa Pulo Rungkom | 884 | Terproteksi |
| TP 24 | Desa Paloh Lada | 884 | Terproteksi |
| TP 18 | Desa Pinto Makmur | 857 | Terproteksi |

Tabel 3. Tingkat potensial pada tiap lokasi desa

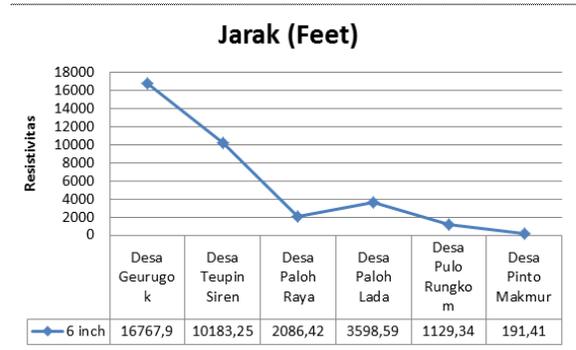
3.2 Data Resistivitas Tanah

a. Pengukuran dengan jarak elektroda 5 feet dan kedalaman elektroda 3 inch dapat dilihat pada gambar 7.



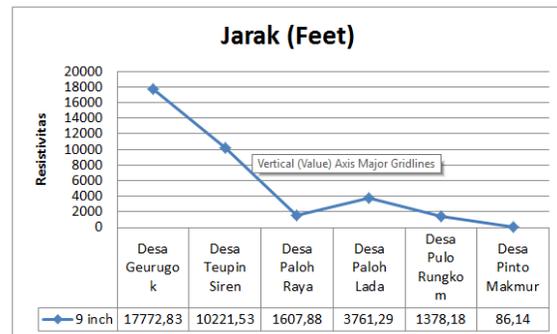
Gambar 7 . Pengukuran dengan jarak elektroda 5 feet dan kedalaman elektroda 3 inch.

b. Pengukuran dengan jarak elektroda 10 feet dan kedalaman elektroda 6 inch dapat dilihat pada gambar 8.



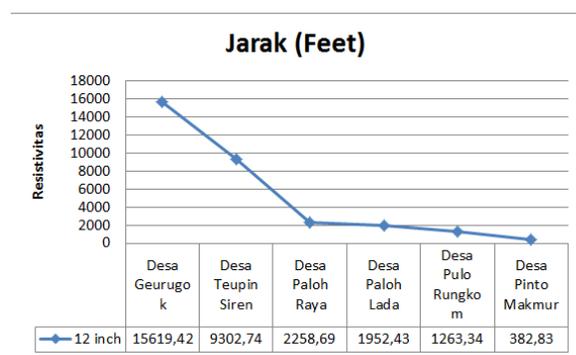
Gambar 8. Pengukuran dengan jarak elektroda 10 feet dan kedalaman elektroda 6 inch.

c. Pengukuran dengan jarak elektroda 15 feet dan kedalaman elektroda 9 inch dapat dilihat pada gambar 9.



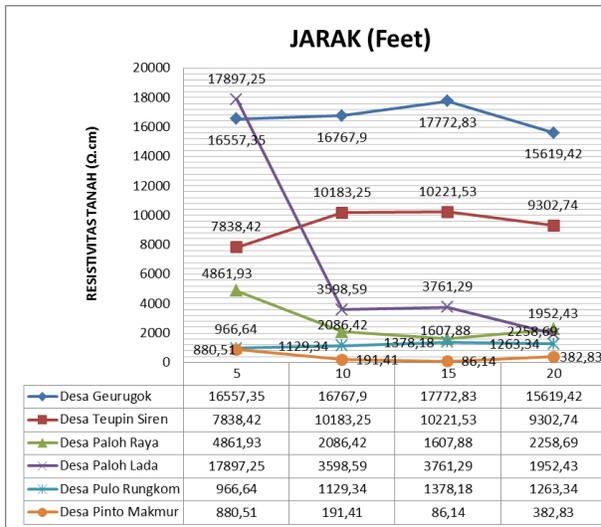
Gambar 9. Pengukuran dengan jarak elektroda 15 feet dan kedalaman elektroda 9 inch.

d. Pengukuran dengan jarak elektroda 20 feet dan kedalaman elektroda 12 inch dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Pengukuran dengan jarak elektroda 20 feet dan kedalaman elektroda 12 inch.

Dari hasil pengukuran resistivitas secara rata-rata pada tiap-tiap desa maka diperoleh data dan grafik adalah sebagai berikut:



Gambar 11. Grafik nilai rata-rata resistivitas tanah disetiap masing masing Desa

Dengan berpanduan dari literatur, tanah pada Desa Geurugok yang memiliki resistivitas yang paling besar merupakan tanah yang tidak korosif. Sedangkan untuk tanah pada lokasi Desa Pinto Makmur yang memiliki resistivitas terkecil merupakan tanah yang sangat korosif dapat dilihat pada gambar 11.

Secara teoritis diketahui bahwa penurunan nilai resistivitas di pengaruhi oleh kandungan uap air atau kelembaban dari tanah dan mineral-mineral seperti Cad an Mg yang terkandung dalam tanah. Daerah dengan kelembaban yang tinggi menyebabkan nilai resistivitas tanah akan semakin kecil sehingga akan menyebabkan tanah memiliki tingkat korosifitas yang tinggi. Fungsi uap air pada daerah yang memiliki kelembaban yang tinggi adalah sebagai media elektrolit tempat mengalirkan arus. Dengan jumlah air yang banyak, maka semakin banyak pula arus yang mengalir melalui media elektrolit sehingga korosi akan semakin cepat terjadi.

Namun resistivitas tidak hanya dilihat berdasarkan faktor kandungan air di dalam tanah saja. Ada beberapa faktor lain yang mempengaruhi nilai resistivitas suatu tanah seperti pH, aerasi, jenis tanah dan aktifitas mikrobiologi di dalam tanah. Untuk jenis tanah sendiri dikelompokkan berdasarkan kemampuannya mengalirkan air.

3.3 Perbandingan Actual dan Design Terhadap Nilai Potensial

Hasil penelitian tingkat potensial tertinggi yaitu pada lokasi Desa Geurugok dan yang terendah yaitu

Desa Pinto Makmur, menurut standard kondisi proteksi baja Desa Geurugok memiliki nilai potensial -1317 mV sudah melebihi standard proteksi baja yaitu over proteksi, menurut desain pada *test box* 10 dikhawatirkan kondisi *coating* akan rusak karena sudah over proteksi, apabila menurut yang terjadi di lapangan (*actual*) bahwa dengan potensial -1317 mV masih baik-baik saja di karenakan anoda yang digunakan pada sistem ICCP PT.PIM masih bagus. Menurut wawancara yang peneliti lakukan pada menejer inspeksi pipa RWI PT. PIM saat pengecekan apabila diketahui sudah over proteksi pada tiap-tiap *test box* maka akan dilakukan pengujian ulang sekitar 3 atau 4 bulan kedepan.

Sebagai tindakan yang dilakukan pada potensial yang sudah melebihi standard (*over proteksi*) yaitu mengurangi arus proteksi sampai tercapai potensial korosi yang diinginkan, untuk menghitung berapa arus proteksi yang diperlukan harus memasukkan data-data berikut:

- Luas area proteksi (A) = 8.200 m²
- Coating breakdown (Cb) = 20%
- Current Density Pipa (i) = 15 mA/m²
- Safety factor (Sf) = 20%

Penyelesaian:

Untuk Sf 20% = $\frac{20}{100} = 0,2$

Untuk Cb 20% = $\frac{20}{100} = 0,2$

$$\begin{aligned}
 I_0 &= A \times Cb \times i \times Sf \\
 &= 8200 \text{ m}^2 \times 20\% \times 15 \text{ mA/m}^2 \times 20\% \\
 &= 3200 \text{ m}^2 \times 15 \text{ mA/m}^2 \times 0,2 \times 0,2 \\
 &= 3200 \text{ m}^2 \times 15 \text{ mA/m}^2 \times 0,04 \\
 &= 48000 \text{ mA} \times 0,04 \\
 &= 1,920 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka luas area yang di proteksi memerlukan arus 1,92 mA , jadi untuk tiap lokasi *test box* memerlukan arus 1,92 mA untuk di aliri ke area yang di proteksi dapat dilihat pada tabel 4, pada sistem *cathodic protection* arus 1,92 mA dialirkan dari *power supply*, pada *power supply* terdapat kabel (-) dan (+) , arus (-) mengalir ke benda kerja,

arus (+) mengalir ke anoda, jadi arus 1,92 mA berada pada out power supply, output power supply ini dinamakan arus proteksi, dan yang di *test box* dinamakan potensial proteksi. Jadi prinsip dari *Cathodic Protection* adalah arus dialirkan dari *power supply* dari power supply ada kabel (+) dan (-), kabel (+) mengalir ke benda anoda dan kabel (-) itu di koneksikan ke benda kerja.

Tabel 4. Arus yang diutuhkan untuk 6 *test box*

| TEST POINT | LOKASI | POTENSIAL, -mV, CSE | ARUS YANG DIBUTUHKAN (I _o) |
|------------|-------------------|---------------------|--|
| TP 10 | Desa Geurugok | 1317 | 1,92 mA |
| TP 12 | Desa Tepin Siren | 1294 | 1,92 mA |
| TP16 | Desa Paloh Raya | 1002 | 1,92 mA |
| TP 23 | Desa Pulo Rungkom | 884 | 1,92 mA |
| TP 24 | Desa Paloh Lada | 884 | 1,92 mA |
| TP 18 | Desa Pinto Makmur | 857 | 1,92 mA |

Berdasarkan luas area yang harus di proteksi *power supply* membutuhkan arus 1,92 mA untuk dialiri ke pipa RWI, namun pada saat pengukuran potensial, Desa Geurugok dan Desa Teupi Siren memiliki tingkat potensial yang melebihi standard kondisi proteksi baja, maka tindakan yang harus dilakukan adalah mengurangi arus proteksi sampai tercapai potensial korosi yang diinginkan.

3.4 Pengaruh Resistivitas Tanah Terhadap Nilai Potensial

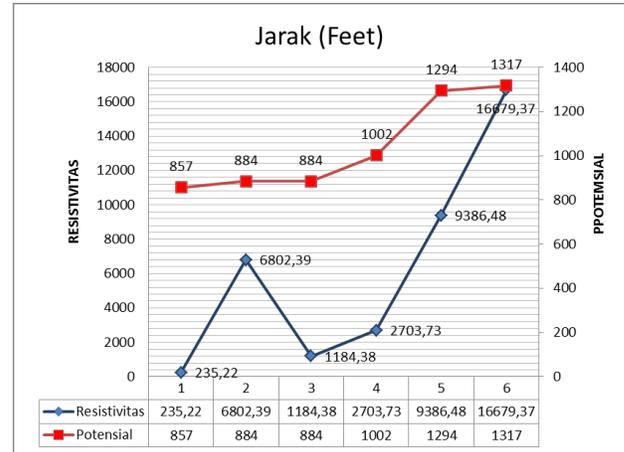
Berdasarkan hukum Ohm, hubungan antara potensial, arus dan hambatan diberikan pada persamaan berikut:

$$E = I \times R$$

Dengan begitu, jika arus dibuat konstan maka dengan besarnya hambatan akan berbanding lurus dengan potensial. Jadi dengan arus yang konstan, hambatan yang besar akan menghasilkan potensial yang besar pula begitu pula sebaliknya dengan hambatan yang kecil potensial Korosi yang terukur akan kecil juga.

Dari pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini, rangkaian bisa dikatakan rangkaian tertutup sebab tidak ada arus dari luar yang masuk pada rangkaian tersebut. Arus yang keluar dari elektroda standar adalah konstan sebab suplai arus hanya berasal dari elektroda standar yang pada rangkaian tersebut bertindak sebagai katoda dan juga berasal dari arus yang dihasilkan dari multimeter yang digunakan.

Dari standar NACE RP0169-92, untuk proteksi katodik, potensial logam baja yang akan diproteksi minimal -850mV dengan pengurangan potensial yang masih dibolehkan adalah -300mV ketika proteksi katodik diberikan dan maksimal 100mV saat proteksi katodik terhenti.



Gambar 12. Grafik perbandingan resistivitas tanah terhadap nilai potensial korosi

Jika data potensial baja dan resistivitas dari masing-masing lokasi Desa digabungkan, maka dapat diketahui bahwa Desa Geurugok, Desa Teupin Siren, dan Desa Paloh Lada memiliki potensial yang paling tinggi atau lebih (*negative*) dari potensial yang terukur di tanah pada lokasi Desa Paloh Raya, Desa Pulo Rungkom, dan Desa Pinto Makmur. Resistivitas tanah yang diukur berbanding lurus dengan potensial tersebut, kecuali pada Desa Paloh Lada yaitu nilai resistivitas yang dihasilkan tidak berbanding lurus dengan nilai potensialnya dapat dilihat pada gambar 12, dimana resistivitas tanah Desa Geurugok, Desa Teupin Siren, dan Desa Paloh Lada lebih besar dari pada lokasi Desa Paloh Raya, Desa Pulo Rungkom, dan Desa Pinto Makmur. Walaupun nilai potensial Desa Pulo Rungkom, Desa Paloh Lada, dan Desa Pinto Makmur lebih rendah tetapi nilai nilai potensial tersebut masih tergolong kedalam katagori terproteksi, namun sangat mendekati batas minimum proteksi katodik yaitu -850 mV.

Lokasi Desa Pinto Makmur merupakan lokasi dimana tanahnya memiliki resistivitas paling kecil dari pada lokasi lainnya, sehingga dengan begitu daerah ini merupakan daerah yang yang paling korosif dibandingkan dengan lokasi lainnya. pada lokasi ini, besar potensial baja yang terukur

merupakan potensial rendah dibandingkan dengan lokasi Desa Geurugok, Desa Teupin Siren, Desa Paloh Raya, desa Pulo Rungkom, dan Desa Paloh Lada. Hal ini sesuai dengan konsep hukum Ohm yang telah dijelaskan sebelumnya dimana ketika arus konstan maka dengan hambatan yang kecil potensial yang terukur juga akan semakin kecil. Namun yang terjadi di lapangan tidak demikian, jadi potensial yang terukur pada Desa Paloh Lada agak kecil yaitu -884 mV, namun nilai resistivitas yang dihasilkan besar, hal ini bisa terjadi karena pada saat pengukuran resistivitas tanah dilakukan, pin pengukur mengenai batu yang membuat nilai resistivitasnya besar sehingga tidak sesuai dengan potensial baja pada tanah lokasi desa tersebut.

4. Kesimpulan

Dari pengukuran dan pembahasan diperoleh beberapa nilai potensial, resistivitas, dan pH tanah yang dilakukan pada 6 (enam) lokasi yang berbeda pada 1 (satu) *test box* untuk masing-masing desa, yang dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Desa yang tidak terkorosif adalah Desa Geurugok dan desa yang memiliki tingkat korosif yang tinggi adalah Desa Pinto Makmur.
2. Kondisi lokasi Desa Geurogok memiliki nilai potensial, resistivitas, dan pH yang paling tinggi yaitu dengan potensial -1317 mV dan resistivitas 16.679,37 $\Omega \cdot \text{cm}$, dengan kondisi ini Desa Geurugok tidak terkorosif, sedangkan untuk kondisi lokasi Desa Pinto Makmur memiliki nilai potensial, resistivitas, dan pH yang rendah yaitu nilai potensial -857 mV dan resistivitas 235,22 $\Omega \cdot \text{cm}$, dengan kondisi ini Desa Pinto Makmur sangat korosif.
3. Hambatan yang besar akan menghasilkan potensial yang besar pula begitu pula sebaliknya dengan hambatan yang kecil potensial Korosi yang terukur akan kecil juga.
4. Potensial cenderung tinggi dikarenakan polarisasi anoda ke pipa yang diproteksi masih sangat bagus, sekecilpun arus yang diberikan dikarenakan anoda terhubung ke pipa, maka arus yang dihasilkan pada potensial tetap tinggi, karena arus dari sistem proteksi masih tinggi.

5. Saran

Untuk mengurangi kecepatan laju korosi untuk *test box* 18 yaitu pada Desa Pinto Makmur

sebaiknya dilakukan inspeksi korosi pada jaringan pipa transfer RWI minimal 3 bulan sekali. Hal ini untuk mencegah terjadinya kejadian yang tidak diinginkan karena kemungkinan terjadi perubahan nilai potensial, resistivitas, maupun pH, yang mengakibatkan terjadinya kenaikan laju korosi yang tidak diprediksi untuk pipa di atas tanah yang menurut pemantauan lapangan terlihat terjadi kerusakan *coating*, diharapkan setiap kerusakan *coating* harus di tangani secepat mungkin agar objek pipa tidak mudah terserang korosi.

6 Daftar Pustaka

- [1] Fadlan wibowo, 2015, *Kajian Resiko Pipa Gas Transmisi PT. Pertamina Studi Kasus Simpang KM32- Palembang*, jurnal teknik sipil dan lingkungan vol.3 no.1, maret 2015
- [2] Anonymous, 1988, sejarah PT. Pupuk Iskandar Muda, Lhokseumawe.
- [3] Dr. Ir. Bambang Widyanto, dan Dr. Ir. Achmad Sulaiman, *Cathodic Protection Level 1*, Bandung, 2014.
- [4] Cramer S.D. and Jr. Covino B.S., *ASM Handbook Volume 13A Corrosion: Fundamentals, Testing, and Protection*, ASM International, 2003.