

PENENTUAN AREA KOROSI TANAH LOKAL BERDASARKAN RESISTIVITAS TANAH UNTUK PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI KATODIK

Dwa Desa Warnana¹⁾, Ary Iswahyudi²⁾, Septa Erik Prabawa²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Geofisika, ITS, ²⁾GeoAdvance SINJ – Surabaya

e-mail: dwa_desa@geofisika.its.ac.id

Abstrak. Variasi korosi tanah lokal, diagnosis kelembapan, dan parameter fisika-kimia tanah telah diselidiki di lokasi rencana pembangunan *produced water treatment plant* dengan menggunakan pengukuran resistivitas, pH tanah dan air, serta pengujian parameter fisika-kimia air permukaan. Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan penilaian terhadap sifat korosi tanah lokal dan rapat arus dalam tanah dalam mendesain sistem proteksi katodik. Dari hasil pengukuran diperoleh bahwa tanah permukaan secara umum bersifat tidak korosi, akan tetapi pada kedalaman 1,7 meter hingga 3,6 meter tanah bersifat sangat korosi dengan derajat keasaman tanah yang normal (pH = 7). Hal ini disebabkan muka air tanah yang dangkal dengan derajat keasaman air yang normal pula. Dengan demikian, kualitas air tanah merupakan penyebab utama korosi pipa baja yang tertanam jika tidak diproteksi. Untuk mencegah korosi dari instalasi pembangunan tersebut maka rapat arus proteksi yang dibutuhkan untuk melindungi pipa baja adalah 4,5 – 16 A m⁻².

Kata Kunci: resistivitas, korosi tanah, rapat arus tanah, proteksi katodik.

Abstract. Variety of corrosive soil, diagnosing moisture problems, and physical-chemical properties of soil have been investigated in the produced water treatment site using resistivity method, pH (soil and water) measurement, and physical-chemical parameter test of water surface. The aim of this study is to assess the properties of corrosive soil and the current density of soil to make a cathodic protection system. The measurement result shows that the soil surface is generally non corrosive but when it reaches 1.7 – 3.6 meters of depth it will be so corrosive (pH = 7). It is due to a shallow groundwater with normal pH. Therefore, groundwater quality is the main cause of buried steel pipe corrosion if the steel pipe is not protected. To prevent the corrosion, current density needed to protect the steel pipe is around 4.5 – 16 Am⁻².

Keywords: resistivity, corrosive soil, current density of soil, cathodic protection system.

PENDAHULUAN

Untuk melakukan pembangunan yang terkait dengan pembangkit energi atau listrik dan struktur bangunan (tangki dan pondasi tiang pancang) diperlukan informasi pendukung guna perancangan *grounding* dan sistem proteksi katodik. Untuk melakukan perancangan *grounding* dan sistem proteksi katodik diperlukan informasi tentang kondisi tanah pada lokasi pembangunan. Faktor yang mempengaruhi *grounding* dan sistem proteksi katodik adalah sebagai berikut: (1) resistivitas tanah, (2) stratifikasi, (3) ukuran dan jenis elektroda yang digunakan, (4) kedalaman elektroda, dan (5) kelembapan dan parameter fisika-kimia tanah (Lightning & Surge Technologies, 2010).

Pemenuhan faktor-faktor yang mempengaruhi *grounding* dan sistem proteksi katodik ini dilakukan penyelidikan untuk mendapatkan karakteristik

tanah tersebut. Nilai resistivitas tanah, stratifikasi, dan elektroda yang digunakan dapat diketahui dengan melakukan pengukuran geolistrik tanah jenis. Untuk kelembapan dan parameter fisika-kimia tanah dapat diwakili dengan melakukan pengukuran pH tanah dan parameter fisika-kimia air permukaan tanah. Dengan pengukuran resistivitas dan parameter fisika-kimia tanah/air maka dapat ditentukan pula rapat arus dari tanah (*current density requirement*).

Telah dilakukan pengukuran resistivitas, pH tanah, dan parameter fisika-kimia air permukaan tanah di lokasi rencana pembangunan *Produced water treatment plant* di Kecamatan Murung Pudak, Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan untuk mendapatkan kondisi fisika-kimia tanah dan air di area penelitian terkait dengan desain sistem proteksi katodik.

METODOLOGI

Pengukuran *resistivity* dilakukan dengan metode *Vertical Electrical Sounding* (VES) atau 1 dimensi dengan konfigurasi Schlumberger dan target kedalaman 60 meter. Pengukuran dengan cara ini digunakan untuk mendapatkan variasi nilai resistivitas secara vertikal pada satu titik pengukuran. Pengukuran VES dilakukan sebanyak 5 (lima) titik yang tersebar di area studi, seperti pada Gambar 1. Posisi awal elektroda potensial diletakkan pada $MN/2= 0,5$ meter dan elektroda arus $AB/2=1,5$ meter. Untuk elektroda potensial jarak elektroda terjauh adalah 10 meter dan untuk elektroda arus dipindahkan secara gradual dari 1,5 meter sampai 60 meter tergantung ketersediaan lahan.



Gambar 1. Lokasi dan Titik-titik Pengukuran

Untuk pengukuran pH air dan tanah digunakan dua perangkat alat pH meter, yakni: (1) pH meter khusus air, dimana digunakan untuk mengukur pH, suhu, konduktivitas, dan *TDS (Total Dissolved Solid)* dan (2) pH meter khusus tanah hanya mengukur pH tanah. Selain peralatan diatas yang digunakan untuk mengukur parameter in-situ, juga dilakukan pengambilan sampel air untuk diuji di laboratorium. Parameter kualitas air yang dianalisis sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan No.416/MENKES/Per/IX/1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih.

Untuk akuisisi data pH air dan tanah dilakukan masing-masing pada 3 titik pengukuran, akuisisi data cukup mudah dilakukan, hanya dengan menancapkan sensor alat ke air atau tanah. Lokasi pengukuran dapat dilihat pada Gambar 1.

KOROSIVITAS TANAH BERDASARKAN RESISTIVITAS DAN pH

Resistivitas tanah sangat penting sebagai indikator untuk menilai korosi tanah. Nilai resistivitas yang rendah (konduktivitas yang tinggi) dapat menghasilkan tingkat korosi yang tinggi. Logam yang ditanam umumnya akan anodik dalam tanah yang mempunyai resistivitas rendah, dan katodik pada tanah yang mempunyai nilai resistivitas tinggi. Hubungan heterogenitas tanah dengan resistivitas adalah aspek yang paling penting dari korosi tanah. Tabel 1 berikut dapat berfungsi sebagai panduan sederhana dalam memprediksi korosivitas tanah sehubungan dengan nilai resistivitas (Puslitbang Metalurgi-LIPI,1987).

Tabel 1. Resistivitas Tanah dan Pendugaan Sifat Korosi

Resistivitas tanah (Ωm)	Pendugaan sifat korosi
< 7	Sangat tinggi
7 ~ 20	Tinggi
20 ~ 50	Sedang
50 ~ 100	Ringan
> 100	Sangat ringan

Berdasarkan hasil interpretasi resistivitas dan aktivitas korosi terhadap harga resistivitas, seperti yang telah dijelaskan pada Tabel 1, maka tingkat korosi masing-masing lokasi pengukuran dapat dilihat pada Tabel 2 hingga Tabel 6 dibawah ini.

Tabel 2. Tingkat Korosi Titik R-1

Resistivitas ($\Omega.m$)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)		Tingkat Korosi
3100	0.2	0	0.2	Sangat ringan
847	3.4	0.2	3.6	Sangat ringan
18.3	16.9	3.6	20.5	Tinggi
2.51	18	20.5	38.5	Sangat tinggi
33.3	21.5	38.5	60	Sedang

Tabel 3. Tingkat Korosi Titik R-2

Resistivitas (Ω.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)		Tingkat Korosi
927	5.2	0	5.2	Sangat ringan
42.2	12	5.2	17.2	Sedang
5.16	15.7	17.2	32.9	Sangat tinggi
2644	27.2	32.9	60	Sangat ringan

Tabel 4. Tingkat Korosi Titik R-3

Resistivitas (Ω.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)		Tingkat Korosi
124	2.4	0	2.4	Sangat ringan
7.98	3.2	2.4	5.6	Tinggi
20.9	13.9	5.6	19.5	Sedang
2.31	14.9	19.5	34.4	Sangat tinggi
16.2	25.6	34.4	60	Tinggi

Tabel 5. Tingkat Korosi Titik R-4

Resistivitas (Ω.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)		Tingkat Korosi
143	0.5	0	0.5	Sangat ringan
558	1.2	0.5	1.7	Sangat ringan
11	26.7	1.7	28.4	Tinggi
3.01	33.2	28.4	61.6	Sangat tinggi
142	0.4	61.6	62	Sangat ringan

Tabel 6. Tingkat Korosi Titik R-5

Resistivitas (Ω.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)		Tingkat Korosi
3890	0.3	0	0.3	Sangat ringan
139	3.1	0.3	3.4	Sangat ringan
2.6	4.5	3.4	7.9	Sangat tinggi
71.5	11	7.9	18.9	Ringan
1.34	14.2	18.9	33.1	Sangat tinggi
0.149	26.9	33.1	60	Sangat tinggi

Dari Tabel 2 hingga Tabel 6 terlihat bahwa tanah permukaan secara umum bersifat tidak korosi, tetapi pada kedalaman 1,7 m - 3,6 m tanah sudah bersifat sangat korosif. Hanya pada titik R-2, tanah yang bersifat sangat korosif ditemukan pada kedalaman 17,5 m. Dangkalnya tanah yang bersifat korosif diduga karena secara umum tanah di lokasi

penelitian adalah rawa dan kebun karet yang kandungan airnya tinggi (muka air tanah yang dangkal).

Hasil pengukuran pH tanah menunjukkan bahwa secara keseluruhan derajat keasaman tanah pada kondisi normal sebagaimana pembacaan pH meter yang menunjukkan pH bernilai sekitar 6. Sedangkan pada pengukuran pH air diperoleh nilai pH air yang cenderung normal (berkisar 6-7). Pada PHW-1 dan PHW-2 diperoleh hasil pH, suhu, konduktivitas, dan *TDS (Total Disolved Solid)* yang tidak berbeda jauh. Hal ini dapat dipahami karena pada dasarnya PHW-1 dan PHW-2 berasal dari sumber air yang sama dengan variasi vegetasi dan tanah yang sama dan terletak tidak terlalu jauh. Sedangkan pada titik PHW-3 diperoleh nilai yang berbeda. Pada PHW-3 diperoleh konduktivitas yang tinggi yakni 152,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan *TDS* yang tinggi pula (97 mg/l). Air pada titik PHW-3 merupakan kumpulan air hujan. Dengan demikian, tanah lokasi penelitian tidak bersifat korosif. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran resistivitas, bahwa pada tanah permukaan bersifat tidak korosif.

Sebagaimana pengaruh resistivitas tanah terhadap laju korosi, pengaruh pH dan kelembaban juga sangat kompleks dan tidak dapat digeneralisir sebagai satu-satunya faktor yang mengontrol laju korosi material di dalam tanah. Faktor iklim seperti curah hujan, pergerakan udara, serta cahaya matahari dapat menyebabkan perubahan sifat tanah seiring waktu. Curah hujan sangat berhubungan dengan reaksi asam atau basa yang berkembang seiring dengan perubahan struktur tanah. Ketika curah hujan tinggi, air tersaring ke dalam tanah dan melarutkan komponen terlarut. Keasaman yang terbentuk tergantung dari banyak faktor seperti mineral awal tanah tersebut, aktivitas biologi, dan temperatur. Curah hujan tinggi hingga sedang dengan temperatur hangat akan menurunkan aktivitas organik, kecuali jika kandungan air cukup banyak untuk mencegah maksimum aerasi untuk aktivitas mikrobiologi.

KERAPATAN ARUS (*CURRENT DENSITY*) YANG DIBUTUHKAN

Kerapatan arus yang dibutuhkan untuk mempertahankan potensi perlindungan sangat tergantung pada kondisi lokal. Peningkatan ketersediaan oksigen pada permukaan logam akan langsung meningkatkan kerapatan arus. Peningkatan ketersediaan oksigen dapat terjadi karena peningkatan konsentrasi oksigen di lingkungan, aliran air meningkat, atau turbulensi. Dengan demikian, kerapatan arus struktur dalam air laut, sungai, dan lain-lain cenderung bervariasi terus menerus. pH lingkungan juga akan menjadi penting. Kehadiran pelapis, *fouling* laut, dan deposit berkapur akan memiliki efek mendalam pada kerapatan arus. Beberapa nilai-nilai khas dari kerapatan arus yang diperlukan untuk baja dapat ditemukan di *Cathodic protection and U.S. Air Force Manual 88-9, Corrosion Control*, (2005).

Dari hasil pengujian air dan tanah di atas terlihat bahwa air permukaan dan tanah dalam kondisi netral (pH rata-rata mendekati 7) sehingga berdasarkan *Cathodic protection and U.S. Air Force Manual 88-9, Corrosion Control*, (2005), maka rapat arus yang dibutuhkan untuk melindungi Baja adalah $4,5 - 16 \text{ A m}^{-2}$.

PENUTUP

Pengukuran resistivitas dan pH tanah di lokasi rencana pembangunan *Produced water treatment plant* menunjukkan bahwa tanah permukaan secara umum bersifat tidak korosif. Tanah bersifat sangat korosif ditemukan pada kedalaman 1,7 meter hingga 3,6 meter, tanah dengan derajat keasaman tanah yang normal (pH = 7). Pengukuran parameter fisika-kimia tanah diperoleh nilai pH air, suhu, konduktivitas, dan TDS (*Total Disolved Solid*) cenderung normal. Penyebab tanah yang bersifat sangat korosif karena muka air tanah yang dangkal. Dengan demikian, kualitas air tanah merupakan penyebab utama korosi pipa baja yang tertanam jika tidak diproteksi. Untuk mencegah korosi dari instalasi pembangunan tersebut maka rapat arus

proteksi yang dibutuhkan untuk melindungi pipa baja adalah $4,5 - 16 \text{ A m}^{-2}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Cathodic Protection and U.S. Air Force Manual 88-9, 2005. *Corrosion Control*, p. 203.
- Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 416/MENKES/Per/IX/1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih.
- Lightning & Surge Technologies, 2010. *Earthing Fundamental*.
- Puslitbang Metalurgi-LIPI, 1987. *Korosi dan Penanggulangannya*.
