

Pemetaan Korosivitas Tanah Berdasarkan Metode Resistivitas

A Field Survey of Soil Corrosivity Based on Electrical Resistivity Method

Muzakir Zainal¹, Marwan^{1,2*}

¹ Program Studi Teknik Geofisika, Jurusan Teknik Kebumihan, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

² Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala

Received January, 2019, Accepted January, 2019

Salah satu upaya mitigasi bencana yang perlu dilakukan sebelum pembangunan fasilitas pada kawasan industri yaitu kajian korosivitas tanah. Sifat korosivitas dapat menyebabkan rusaknya infrastruktur bangunan dalam ambang batas tertentu, Kajian korosivitas tanah telah dilakukan pada kawasan industri Kecamatan Julok, Kabupaten Aceh Timur dengan tujuan untuk melakukan investigasi dan pemetaan tingkat korosivitas tanah menggunakan metode resistivitas Wenner 4 pin dan perhitungan pH meter untuk tanah. Akuisisi data dilakukan dengan titik pengukuran sebanyak tujuh titik, dimana setiap titik pengukuran data terdistribusi pada lokasi yang akan digunakan untuk pembangunan industri dengan total panjang lintasan pengukuran 6 km. Hasil pengolahan data resistivitas 1D diperoleh dua jenis pelapisan tanah. Lapisan pertama lebih didominasi oleh kondisi tanah yang tidak korosif dengan nilai resistivitas 20 – 580 Ohm.m. Sedangkan lapisan kedua dapat diduga sebagai lapisan yang korosif dengan nilai resistivitas tanah 5 – 20 Ohm.m.

One of the disaster mitigation that needs to be done before facilities development in industrial area is study of soil corrosivity. Within a certain threshold, this corrosivity can cause damage to building infrastructure. This research was done in the industrial area of Julok Subdistrict, East Aceh Regency with the aim of investigating and mapping the level of soil corrosion using a 4-pin Wenner resistivity method and calculating the pH for soil. Data acquisition was carried out at seven measurement point, where each measurement point is distributed at a location that will be used for industrial development with 6 km length. Inversion of resistivity data gives two type of soil layer. The first layer is more complete by non-corrosive soil conditions with resistivity values of 20 - 580 Ohm.m. While the second layer can be interpreted as a corrosive layer with a soil resistivity value of 5-20 Ohm.m.

Keywords: korosi, resistivitas, wenner, pH, mitigasi bencana

Pendahuluan

Dalam pembangunan fasilitas industri sangat perlu dilakukan kajian korosivitas tanah sebagai upaya pengurangan resiko. Korosivitas tanah adalah bencana geologis yang secara alamiah terjadi secara kontinu, bencana geologis ini dapat mempengaruhi logam dan beton yang terkubur dibawah permukaan. Logam biasanya akan diserang oleh larutan klorida, sedangkan kadar sulfat yang tinggi dari tanah dapat berbahaya bagi beton (Apostolopoulos dkk., 2008; Neocleous dkk., 2016). Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi korosi di dalam tanah antara lain; potensi reduksi oksidasi, hambatan listrik (resistivitas), ion terlarut, pH, kadar air dan laju mikroba dalam tanah. Namun resistivitas tanah

merupakan faktor utama yang berkaitan erat dengan korosi bawah tanah. Willmott dkk. (2006) menyatakan bahwa jika resistivitas tanah menjadi lebih rendah, maka tingkat korosif yang terjadi pada logam bawah permukaan akan semakin parah. Pada sisi lain Paillet dkk (2010) mengemukakan bahwa banyak faktor yang berkorelasi dengan parameter resistivitas tanah seperti salinitas, kadar air, sifat tekstur seperti pasir, tanah liat dan kedalaman lempung. Oleh karena itu, resistivitas tanah telah mewakili beberapa sifat tanah korosi yang terkait, sehingga resistivitas tanah merupakan fungsi parameter paling komprehensif dari korosivitas tanah (Corwin dkk., 2003). Metode Resistivitas Wenner 4-pin merupakan metode standar yang dapat digunakan

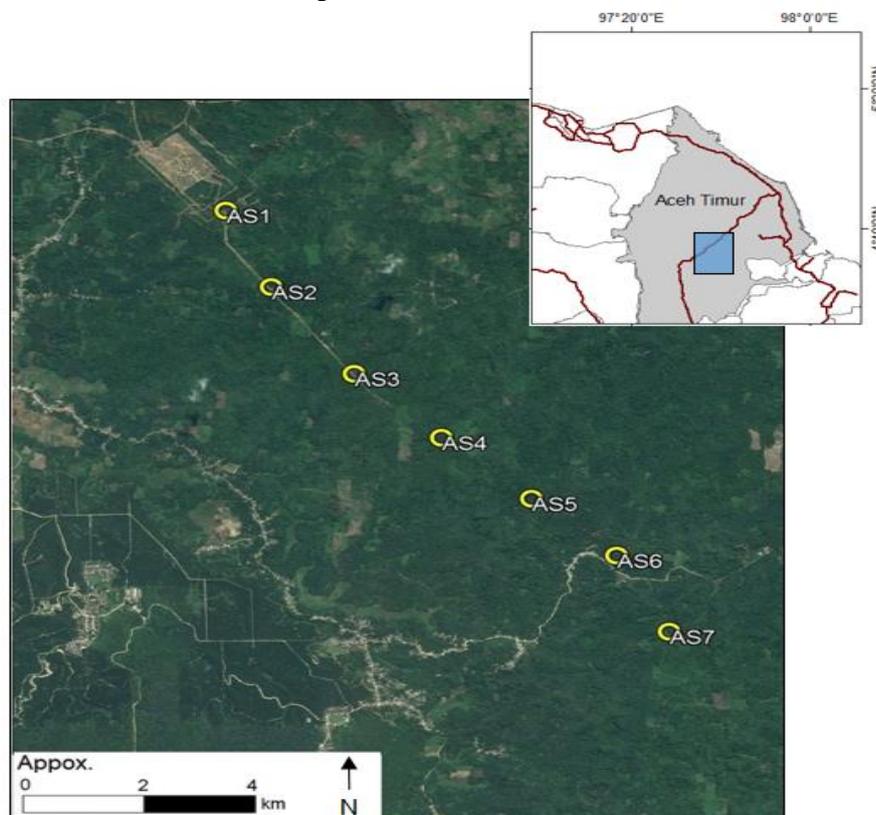
untuk uji korosivitas tanah. Metode ini telah dipatenkan oleh *American Society for Testing and Materials* dengan serial ASTM-G57. Metode *Wenner 4-Pin* menggunakan empat buah metal sebagai elektroda yang ditancapkan ke tanah pada sebuah garis lurus dengan jarak yang sama antar elektroda. Parameter resistivitas didasarkan pada injeksi arus listrik ke permukaan bumi yang kemudian diukur beda potensial diantara dua buah elektroda tersebut. Selain itu pengukuran tingkat PH secara in-situ juga merupakan parameter tambahan yang dilakukan untuk uji korosivitas tanah bawah permukaan. Mengingat pentingnya kajian korosivitas tanah pada daerah industri yang dapat berdampak pada rusaknya infrastruktur bangunan, maka penelitian ini bertujuan untuk melakukan investigasi dan pemetaan tingkat korosivitas tanah pada kawasan industri pemukiman Julok.

Metodologi

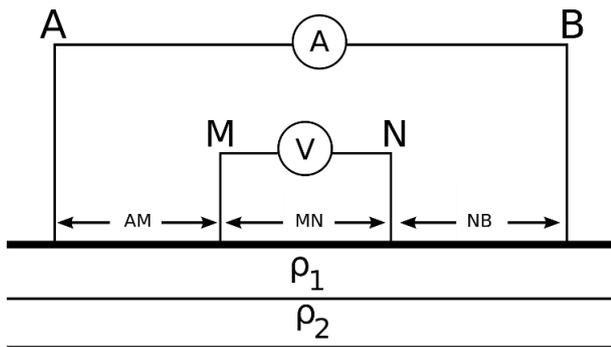
Penelitian ini dilakukan pada kawasan industri di Kecamatan Julok Kabupaten Aceh Timur. Berdasarkan citra satelit (Gambar 1) lokasi penelitian merupakan area pegunungan dan perkebunan kelapa sawit yang akan digunakan sebagai lokasi pembangunan fasilitas industri. Untuk mendapatkan

distribusi nilai korosivitas tanah bawah permukaan digunakan peralatan resistivimeter SuperSting R8 unit yang dikembangkan oleh perusahaan *Advanced Geosciences, inc.* di Amerika Serikat. Sedangkan untuk mendapatkan nilai keasaman (pH) tanah dilakukan pengukuran dengan menggunakan pH meter Hanna. Secara lengkap distribusi titik – titik pengukuran ditunjukkan pada Gambar 1. Akuisisi data dilakukan dengan titik pengukuran sebanyak tujuh titik (Gambar 1), dimana setiap titik pengukuran data terdistribusi pada lokasi yang akan digunakan untuk pembangunan industri dengan total panjang lintasan pengukuran 6 km dari titik AS1 sampai AS7, sehingga dapat memberikan nilai korosivitas tanah bawah permukaan pada lokasi yang akan dibangun fasilitas tersebut.

Pengukuran data dilakukan dengan menggunakan metode *Wenner 4 pin* dengan menggunakan 4 elektroda metal sebagai probe yang ditancapkan ketanah dengan jarak yang sama antar setiap elektroda (Gambar 2). Posisi dua elektroda yaitu A dan B dihubungkan dengan sumber arus yang diberikan dengan ampermeter, sedangkan elektroda M dan N merupakan elektroda potensial yang dihubungkan dengan voltmeter (Palmer, 1974).



Gambar 1. Lokasi pengukuran data yang berada pada kawasan kerja PT. MEDCO E&P MALAKA (*google maps.*, 2018).



Gambar 2. Skema pengukuran metode standar uji korosivitas tanah menggunakan peralatan resistivitas Wenner 4-pin (Telford, dkk., 1990).

Penentuan resistivitas tanah didasarkan pada perubahan tegangan yang terjadi pada elektroda M dan N ketika elektroda A dan B diberikan arus listrik (Corwin, 2003). Hasil dari pengukuran Wenner 4-pin berupa data resistivitas semu dibawah yang akan merepresentasikan kondisi tanah secara umum. Inversi model 1D resistivitas dilakukan untuk mendapatkan nilai resistivitas yang dapat digunakan sebagai klasifikasi korosivitas dibawah permukaan (Tabel.1). Harga kisaran nilai resistivitas tersebut dikeluarkan oleh *American Water Works Association (AWWA)*.

Tabel 1. Tingkat korosifitas tanah berdasarkan nilai resistivitas

Resistivitas Tanah (Ω cm)	Tingkat Korosivitas
>20.000	Tidak Korosif
10.000 – 20.000	Sedikit Korosif
5.000 – 10.000	Korosivitas Sedang
3.000 – 5.000	Korosif
1.000 – 3.000	Sangat Korosif
< 1.000	Korosivitas ekstrem

Sumber: American Water Works Association (AWWA)

Tabel 2. Tingkat korosifitas tanah berdasarkan nilai pH

Nilai pH	Tingkat reaksi lingkungan
< 4,5	Sangat asam
4,5 – 5,5	Asam
5,6 – 6,5	Agak asam
6,6 - 7,5	Netral
6,6 – 8,5	Agak alkalis
8,5 >	Alkalis

Sumber: Dasar-dasar Ilmu Tanah, Lephah Unhas, 1985

Indikator besarnya korosivitas yang terjadi pada logam dibawah permukaan selain dipengaruhi oleh hasil pengukuran resistivitas juga dapat dilihat dari keasaman/kebasahan (pH) air dan tanah. Hubungan

antara lingkungan dengan kondisi asam dan alkalis dalam tanah telah mempunyai pengaruh yang sangat besar. Keasaman tanah berasal dari karbon dioksida yang dihasilkan dari proses biologi dan air. Untuk jelasnya pH 4,0 atau dibawahnya dapat mengakibatkan korosi sangat cepat terhadap jenis-jenis logam. Berdasarkan besarnya kelas keasaman tanah (pH) dapat ditunjukkan pada Tabel 2. Tingkat keasaman pada tanah tidak tetap misalnya pada batas antara tanah yang berlumpur harga keasaman menjadi lebih besar dari asam yang dihasilkan oleh tanaman. Bagian lain dari tanah mempunyai pH antara 5,0 – 8,0. Dalam pengukuran korosivitas tanah pH menjadi parameter penting setelah pengukuran resistivitas tanah dilakukan, sehingga dalam standar ASTM G-57 pengukuran pH tanah secara in-situ juga ikut dilibatkan dalam uji korosivitas tanah (ASTM-G57).

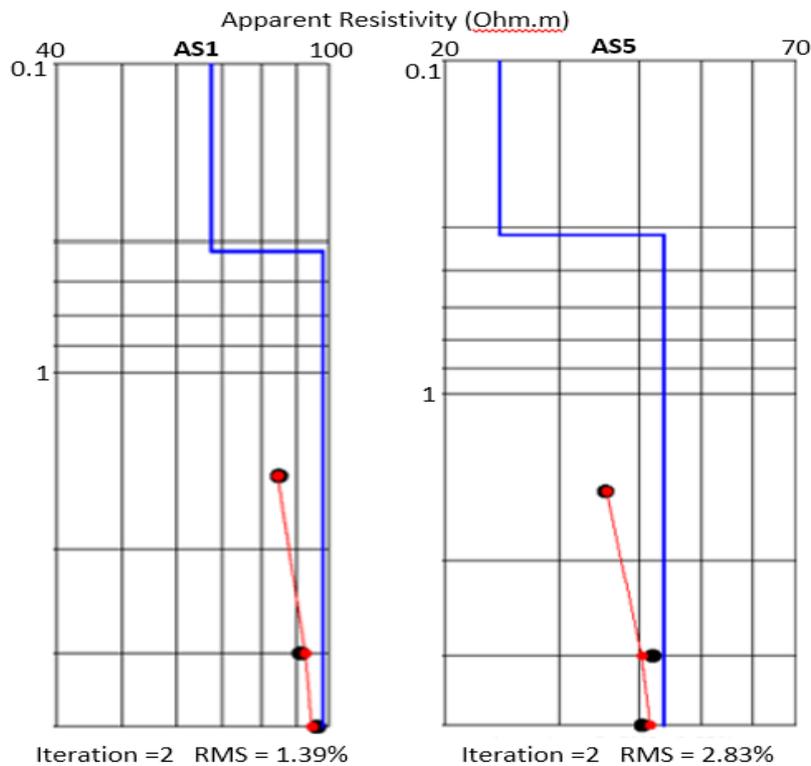
Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil foto citra satellite (Gambar 1) kondisi dan lokasi akuisisi data berada pada kawasan pegunungan dan perkebunan warga. Lokasi pengukuran data sendiri memiliki topografi yang bervariasi antara satu titik pengukuran dengan titik lainnya. Secara umum kondisi geologi lokasi pengukuran berupa sedimentasi alluvium. Lokasi pengukuran data juga merupakan kasawasan hutan lebat sehingga memiliki kelembaban tanah yang tinggi dan akan berpengaruh pada distribusi nilai resistivitas yang terukur. Pengukuran data Wenner 4 pin dilakukan dengan jarak spasi elektroda sama antar setiap elektroda. Akuisisi data dilakukan dengan tiga kali pemindahan elektroda untuk mendapatkan tiga datum poin dengan kedalaman yang bervariasi. Pengukuran pertama dilakukan dengan jarak elektroda 1,5, 3 dan 4 m. Sedangkan data pH tanah diukur pada setiap titik pengukuran data Wenner 4 pin dengan mengambil sampel tanah pada kedalaman 25 cm agar proses perbandingan data antara metode Wenner 4 pin dengan pH tanah dilakukan untuk mendapatkan hasil yang bersesuaian.

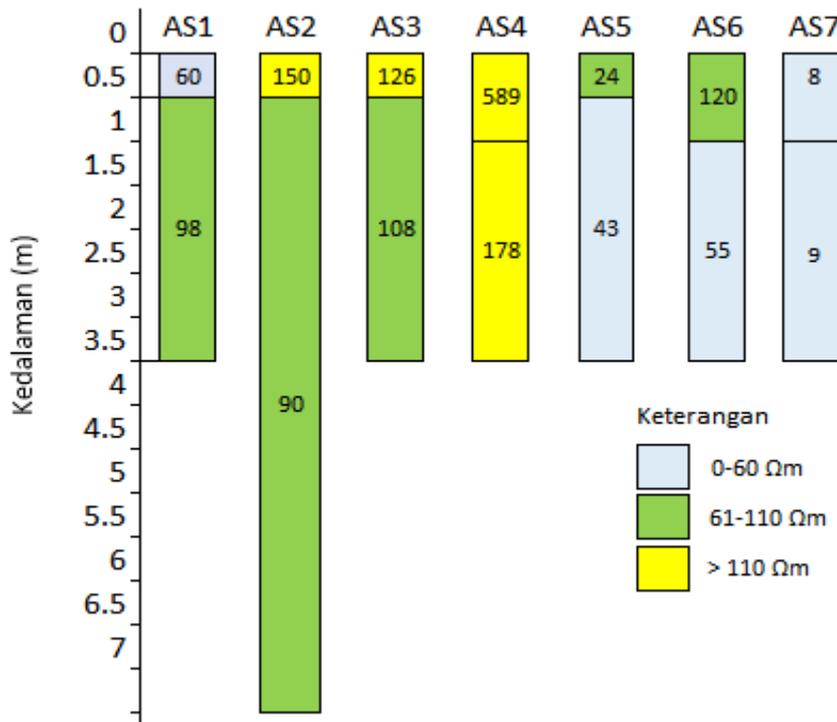
Distribusi nilai resistivitas yang didapatkan pada pengukuran tersebut bervariasi antara satu titik dengan titik lainnya. Gambar 3 menunjukkan hasil pengukuran pada titik AS1 dan AS5. Secara umum nilai resistivitas yang didapatkan pada kedua titik pengukuran data memiliki distribusi nilai tidak jauh berbeda antar kedua titik. Pengukuran metode Wenner 4 pin pada titik AS1 mendapatkan distribusi nilai resistivitas semu bawah permukaan yang

diklasifikasi sebagai dua jenis lapisan. Dimana lapisan pertama dengan resistivitas 60 – 70 Ohm.m berada pada lapisan dekat permukaan. Sedangkan lapisan kedua dengan nilai resistivitas 90 – 100 Ohm.m. sedangkan pengukuran pada AS5 memiliki distribusi nilai resistivitas yang tidak jauh berbeda dengan AS1. Dimana lapisan pertama memiliki nilai resistivitas 20 – 30 Ohm.m berada dekat permukaan dan lapisan kedua 50 – 60 Ohm.m. Distribusi nilai resistivitas yang didapatkan pada semua titik pengukuran secara umum memiliki kualitas yang bagus. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengolahan data. Gambar.3 menunjukkan grafik distribusi nilai resistivitas yang bersesuaian antar titik AS1 dan AS5. Pengolahan data sendiri dilakukan dengan menggunakan iterasi model sebanyak dua kali untuk semua data hasil pengukuran. Iterasi model 2 kali secara umum juga menghasilkan nilai *Root Mean Square* (RMS) error di bawah 3 %. Gambar 3 mendeskripsikan nilai RMS error pada titik AS1 dan AS5, dimana RMS error pada AS1 sebesar 1.39 % dan AS5 sebesar 2.83%, hal ini mengidentifikasi bahwa data tersebut memiliki kualitas baik untuk digunakan dalam interpretasi kondisi bawah permukaan dilokasi tersebut.

Hasil inversi untuk setiap titik pengukuran data Wenner 4 pin diinterpretasi sebagai kondisi bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitas. Gambar.4 secara umum menunjukkan kondisi bawah permukaan di lokasi penelitian dengan 3 jenis tipe tanah dengan rentang nilai 5 – 590 Ohm.m. Lapisan dekat permukaan lebih didominasi dengan nilai resistivitas tanah yang tinggi (120 – 580 Ohm.m) berada pada titik AS2, AS3 dan AS5. Distribusi nilai resistivitas sedang 24 – 110 Ohm.m terdapat di semua titik pengukuran data mulai dari AS1 sampai AS6. Sedangkan distribusi nilai resistivitas yang rendah (8 – 60 Ohm.m) terdapat pada titik AS1, AS5, AS6 dan AS7. Dari hasil resistivitas dapat diinterpretasi mengenai kondisi korosivitas tanah berdasarkan Table.1. Tingkat korosivitas yang rendah terdapat dilokasi pengukuran AS2 sampai AS4 dengan kedalaman dekat permukaan sedangkan lapisan yang kedua pada lokasi yang sama memiliki korositas tanah yang menengah. Sedangkan pada lokasi AS5 sampai dengan AS7 memiliki korositas tanah yang tinggi, dimana AS5 dan AS6 pada lapisan pertama memiliki korositas yang menengah sedangkan lapisan yang kedua memiliki kondisi tanah dengan korositas tinggi. Namun, pada lokasi AS7 memiliki kondisi korosivitas yang rendah.



Gambar 3. Distribusi nilai resistivitas bawah permukaan pada titik pengukuran AS1 dan AS5



Gambar 4. Model struktur tanah di lokasi pengukuran berdasarkan distribusi nilai resistivitas yang terukur.

Perbandingan data nilai resistivitas dengan pH tanah dilakukan untuk mendapatkan korelasi yang bersesuaian dari dua parameter yang berbeda. Hasil pengukuran data pH meter dapat dilihat pada Table.3 memperoleh nilai pH rata – rata dibawah 7, dimana nilai tertinggi terdapat pada titik AS7 dengan pH 6.95, sedangkan nilai terkecil terdapat pada titik AS2 dengan nilai 4,47.

Tabel 3. Nilai pH tanah yang terukur pada lokasi penelitian

Nama Titik	pH	Keterangan
AS1	5,00	Agak korosif
AS2	4,47	Korosif
AS3	5,51	Agak korosif
AS4	5,74	Agak korosif
AS5	5,45	Agak korosif
AS6	4,82	Korosif
AS7	6,95	Kurang Korosif

Berdasarkan data yang terukur secara menyeluruh dilokasi penelitian, kondisi tanah di lokasi tersebut memiliki sifat agak asam sampai dengan netral dengan merujuk ke Table.2. Hal ini menunjukkan hasil yang bersesuaian antara hasil pengukuran pH meter dengan resistivimeter.

Kesimpulan

Metode resistivitas Wenner 4 pin merupakan metode yang dapat digunakan untuk memetakan distribusi nilai resistivitas bawah permukaan untuk memberikan informasi korosivitas. Hal ini dikarenakan metode Wenner 4 pin mampu memberikan distribusi nilai resistivitas yang jelas. Hasil perbandingan data Wenner 4 pin dengan pH tanah mendeskripsikan kondisi tanah yang secara umum agak korosif. Hasil pengolahan data resistivitas 1D diperoleh dua jenis pelapisan tanah. Lapisan pertama lebih didominasi oleh kondisi tanah yang tidak korosif dengan nilai resistivitas 20 – 580 Ohm.m. Sedangkan lapisan kedua dapat diduga sebagai lapisan yang korosif dengan nilai resistivitas tanah 5 – 20 Ohm.m

Referensi

Apostolopoulos, C.A., Michalopoulos, D. & Koutsoukos, P. The Corrosion Effects on the Structural Integrity of Reinforcing Steel J. of Materi Eng and Perform (2008) 17: 506. doi:10.1007/s11665-007-9183-3

ASTM, G57-95 A. *Standard test method for field measurement of soil resistivity using the Wenner fourelectrode method.* West

- Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials, 2001.
- Corwin, and S. M. Lesch. "Application of Soil Electrical Conductivity to Precision Agriculture: Theory, Principles, and Guidelines." *Agronomy Journal*, 2003: 455–471.
- Neocleous, K., Christofe, A., Agapiou, A., et al. (2016). Digital mapping of corrosion risk in coastal urban areas using remote sensing and structural condition assessment: case study in cyprus. *Open Geosciences*, 8(1), pp. 662-674. Retrieved 5 Jul. 2017, from doi:10.1515/geo-2016-0063
- Paillet, Y, and Cassagne. "Monitoring Forest Soil Properties with Electrical Resistivity." *Biology and Fertility of Soils*, 2010: 451-460.
- Willmott, M J, and T,R Jack. "Corrosion by Soils." In *Uhlig's Corrosion*, by John Wiley & Sons Inc, 329-348. New Jersey, 2006.
- Palmer, J. D. (1974). Soil resistivity-measurement and analysis. *Materials Protection and Performance*, 13(1).
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*, Cambridge University Press, USA.