

DISAIN PERANGKAT GEOLISTRIK UNTUK KEGIATAN GEOFISIKA PERTANIAN (APLIKASI PADA LAHAN GAMBUT KALIMANTAN BARAT)

DESIGN ELECTRICAL RESISTIVITY DEVICES FOR GEOPHYSICAL AGRICULTURE (APPLICATION IN PEATLANDS WEST BORNEO)

Okto Ivansyah¹, Nurhasanah², Saniah¹

Politeknik Negeri Pontianak, Pontianak¹

oktoivansyah@yahoo.com, Jalan A. Yani Pontianak (kode pos 78124, telp/fax 0561-
736180/740143

Universitas Tanjungpura, Pontianak²

ABSTRACT

Has designed, manufactured and tested to the Electrical Resistivity (ER) were applied to measure the variation of the electrical conductivity apparent ECa on peatlands. Electrical Resistivity testing devices was conducted at the University of Tanjungpura Pontianak with track measuring 40 meters long and between measuring points spaced 2 meters. ECa measurement results using the Electrical Resistivity done correlation (r) the results of measurements made using the geoelectric stick electrodes, showing correlations (r) a high of 0,9851. From the results of correlation (r), then the device Electrical Resistivity can be applied to agricultural land peat to measure variations in the conductivity value of the ECa.

Keywords: *Electrical Resistivity devices, soil electrical conductivity, Correlation, Electrodes*

ABSTRAK

Telah didisain, dibuat dan dilakukan pengujian terhadap perangkat Electrical Resistivity (ER) yang diterapkan untuk mengukur variasi nilai konduktivitas listrik tanah semu ECa pada lahan gambut. Pengujian perangkat Electrical Resistivity ini dilakukan di lingkungan Universitas Tanjungpura Pontianak dengan lintasan pengukuran sepanjang 40 meter dan spasi antar titik pengukuran 2 meter. Hasil pengukuran ECa menggunakan perangkat Electrical Resistivity dilakukan korelasi (r) terhadap hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan perangkat elektroda geolistrik stik, menunjukkan korelasi (r) yang tinggi sebesar 0,9851. Dari hasil korelasi (r) tersebut, maka perangkat Electrical Resistivity dapat diaplikasikan pada lahan pertanian gambut untuk mengukur variasi nilai konduktivitas ECa.

Kata Kunci – Perangkat Electrical Resistivity, Konduktivitas listrik tanah, Korelasi, Elektroda

1. PENDAHULUAN

Umumnya survei geofisika dilakukan untuk kegiatan eksplorasi minyak bumi, pertambangan, hidrologi, lingkungan, rekayasa geoteknik, dan arkeologi. Pada 1930-an dan 1940-an terdapat kegiatan penelitian geofisika pertanian yang berkaitan dengan pengukuran kelembaban tanah dengan metode resistivitas [1], [2], [3], pada 1970-an, dengan penggunaan metode resistivitas untuk penilaian salinitas [4], [5], [6], [7].

Pertanian konvensional memperlakukan seluruh lahan secara seragam terhadap pemberian pupuk, pestisida, pengolahan tanah, dan input lainnya. Heterogenitas tanah yang spasial merupakan salah satu dari beberapa faktor yang menyebabkan variasi pada lahan yang dapat mempengaruhi hasil panen. Ketidakmampuan pertanian konvensional untuk mengatasi variasi pada lahan tidak hanya memiliki dampak ekonomi yang merugikan karena hasil panen berkurang di daerah tertentu, tetapi juga berdampak buruk terhadap lingkungan karena aplikasi yang lebih dari bahan kimia pertanian dan menjadi sumber limbah, seperti pemberian pestisida, dan pupuk [8].

Teknik-teknik geofisika, penerapannya terhadap lahan pertanian oleh pengukuran geospasial ECa, yang diukur dengan menggunakan *Electromagnetic Induction* (EMI), *Electrical Resistivity* (ER), dan *Time Domain Reflectometry* (TDR), telah memiliki dampak yang luar biasa selama dua dekade terakhir. Saat ini, ECa diakui sebagai pengukuran geofisika paling berharga di bidang pertanian untuk karakteristik variabilitas tanah spasial pada luasan lapangan dan lansekap [9], [10], [11].

Penyelidikan geofisika pada lingkup pertanian cenderung sangat terfokus pada zona 1 m di bawah permukaan tanah, yang meliputi zona akar tanaman. Pengukuran resistivitas sub-surface dangkal yang memiliki akurasi yang baik dan mudah dalam akuisisi datanya menjadi menarik bagi ahli geofisika lingkungan. Ini adalah pengukuran sifat fisik secara langsung yang dipengaruhi tidak hanya oleh kehadiran benda asing, tetapi juga oleh bahan kimia dari cairan jenuh. Adaptasi ini kemudian terhambat oleh penggunaan ER yang lebih dikembangkan untuk mengukur salinitas tanah [5] menggunakan array Wenner. *Electrical Resistivity* (ER) paling banyak digunakan dalam pertanian sebagai sarana untuk mengukur salinitas tanah.

Pengembangan peralatan pengukuran ECa *mobile* yang digabungkan dengan GPS telah memungkinkan untuk menghasilkan peta ECa dengan pengukuran yang dilakukan setiap beberapa meter. Perusahaan Veris Teknologi [12] mengembangkan sistem *mobile* komersial untuk mengukur ECa menggunakan prinsip-prinsip ER [13]. ER *mobile* (yaitu, Veris 3100) memungkinkan untuk pengukuran ECa secara kontinu yang terhubung dengan GPS pada interval waktu hanya beberapa detik antara bacaan, yang menghasilkan pembacaan setiap beberapa meter. Perangkat sejenis (ARP 03) dipergunakan pada pemetaan lahan yang mengandung kapur terhadap daerah pertanian [14].

Pada paper ini akan diimplementasikan hasil disain perangkat elektroda *disk ER* yang dapat diaplikasikan pada lahan pertanian sawah. Perangkat elektroda *disk* ini akan disesuaikan dengan kondisi dilapangan pada daerah pertanian sawah sehingga dapat dioperasikan dengan mudah, mampu melakukan pengukuran secara kontinu, kemudian

memiliki rentang pengukuran yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan penelitian dilahan pertanian sawah.

2. Teori Dasar

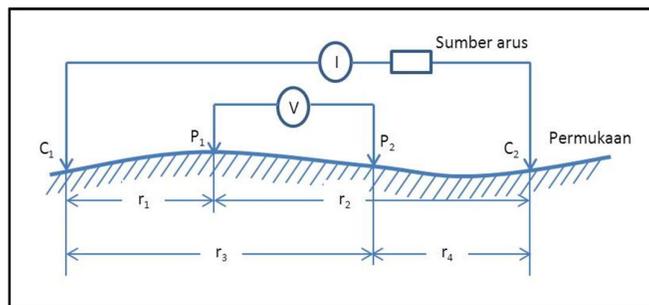
2.1 Dasar Metode *Electrical Resistivity (ER)*

Metoda *Electrical Resistivity* merupakan salah satu metoda geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi. Dalam eksplorasi geofisika, metoda *ER* merupakan metoda yang mempelajari sifat resistivitas (tahanan jenis) listrik dari lapisan batuan di dalam bumi. Pada metoda *ER*, arus diinjeksikan kedalam bumi melalui dua elektroda arus. Kemudian beda potensial yang dihasilkan akan diukur melalui dua elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan potensial untuk setiap jarak elektroda yang berbeda dapat ditentukan variasi nilai tahanan jenis masing-masing lapisan di bawah titik pengukuran.

2.2 Dua Elektroda di Permukaan Bumi

Apabila jarak antara dua elektroda arus tidak terlalu besar, potensial disetiap titik dekat permukaan akan dipengaruhi oleh kedua elektroda arus tersebut (gambar 1) sehingga ekuipotensial yang dihasilkan lebih kompleks dibandingkan sumber arus tunggal, akan tetapi pada daerah dekat sumber arus mendekati bola.

Perubahan potensial sangat drastis pada daerah dekat sumber arus, sedangkan pada daerah antara C_1 dan C_2 gradien potensial kecil dan mendekati linier. Dari alasan ini, pengukuran potensial paling baik dilakukan pada daerah diantara C_1 dan C_2 yang mempunyai gradien potensial linier. Untuk menentukan perbedaan potensial antara dua titik yang ditimbulkan oleh sumber arus listrik C_1 dan C_2 , maka dua elektroda potensial misalnya P_1 dan P_2 ditempatkan di dekat sumber seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Skema dua elektroda arus dan dua elektroda potensial di permukaan tanah yang homogen isotropis [15].

Potensial pada titik P_1 yang disebabkan elektroda C_1 adalah [16] :

$$V_{11} = \left(\frac{I\rho}{2\pi} \right) \frac{1}{r_1} \quad (1)$$

Karena arus pada kedua elektroda sama besar tetapi berlawanan arah, maka potensial di titik P₁ oleh elektroda C₂ diperoleh :

$$V_{12} = - \left(\frac{I\rho}{2\pi} \right) \frac{1}{r_2} \quad (2)$$

Sehingga potensial total pada titik P₁ oleh C₁ dan C₂ dapat dituliskan sebagai :

$$V_{11} + V_{12} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (3)$$

Dengan cara yang sama diperoleh potensial pada titik P₂ oleh C₁ dan C₂ adalah :

$$V_{21} + V_{22} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (4)$$

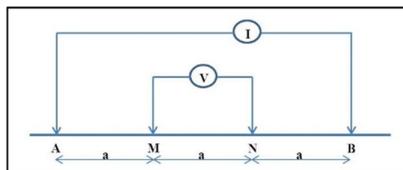
Akhirnya diperoleh perbedaan potensial antara titik P₁ dan P₂ yaitu :

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (5)$$

dimana r₁, r₂, r₃ dan r₄ adalah besaran jarak, seperti dapat dilihat pada gambar 1. Susunan seperti ini berkaitan dengan empat elektroda yang terbentang secara normal digunakan dalam pekerjaan medan tahanan jenis.

2.3 Konfigurasi Wenner

Pada konfigurasi Wenner, elektroda arus dan elektroda potensial diletakkan seperti pada gambar 2. Dalam hal ini, elektroda – elektroda, baik arus maupun potensial diletakkan secara simetris terhadap titik sounding. Jarak anatara elektroda harus adalah tiga kali jarak antar elektroda potensial. Perlu diingat bahwa keempat elektroda dengan titik sounding harus membentuk satu garis.



Gambar 2. Konfigurasi Wenner

Dapat diturunkan dari faktor geometri konfigurasi Wenner.

$$K_w = \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_2 P_1} - \frac{1}{C_1 P_2} + \frac{1}{C_2 P_2} \right\}}$$

$$= \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{a} \right\}} = 2\pi a \quad (6)$$

Sehingga tahanan jenis pada konfigurasi Wenner berlaku hubungan :

$$\rho_{aw} = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad (7)$$

dimana :

ρ_{aw} = tahanan jenis yang terbaca konfigurasi Wenner

2.4 Pengukuran Konduktivitas Listrik Tanah Semu (ECa)

Metode pengukuran ECa menggunakan Electrical Resistivity (ER)

Pengukuran resistivitas dilakukan dengan menggunakan elektroda *array Wenner* (Gambar 2). *Array* ini menggunakan empat elektroda dengan jarak antar spasi sama (a) sepanjang garis lintasan. Elektroda luar (A dan B) berfungsi sebagai elektroda arus dan yang di dalam (M dan N) sebagai elektroda potensial. Resistivitas tanah ditentukan oleh injeksi arus ke dalam tanah melalui elektroda arus dengan mengukur beda tegangan yang dihasilkan pada dua elektroda potensial. Nilai tahanan semu dihitung dari perbedaan arus (I) dan tegangan (ΔV). Kedalaman penetrasi arus listrik dan volume pengukuran tergantung pada jarak antar elektroda. Semakin besar jarak a , semakin dalam pengukuran dan besar volume pengukuran. Pada persamaan (8) Resistivitas, ρ , diukur dengan array Wenner adalah [17] :

$$\rho = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} = 2\pi a R \quad (8)$$

dimana V adalah tegangan (V), a adalah jarak antar elektroda, I adalah arus listrik (A), dan R adalah resistansi diukur (Ω).

Karena ECa adalah kebalikan dari ρ , maka Persamaan (8) menjadi:

$$ECa = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{2\pi a R} \quad (9)$$

Peralatan dasar untuk mengukur ECa dengan teknik array Wenner (Gambar 2) meliputi sumber arus listrik, resistivity meter, empat elektroda logam, kawat penghubung, meteran, dan termometer tanah [18]. Elektroda dapat dibuat dari setiap logam konduktif noncorrosive (misalnya,

stainless steel, tembaga, kuningan dan pelat besi lainnya). Kawat penghubung harus fleksibel, terisolasi dengan baik.

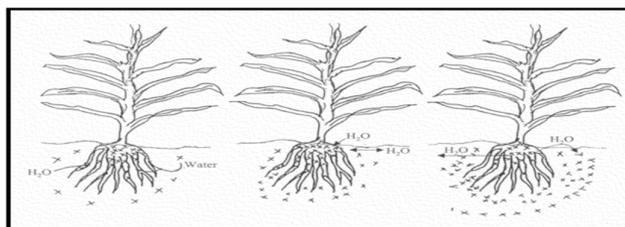
2.5 Salinitas Tanah

Jika tanah memiliki kandungan salinitas tinggi, tanaman yang tumbuh tidak akan sekuat seperti berada di tanah normal. Biji akan berkecambah buruk, dan tanaman akan tumbuh lambat atau menjadi terhambat. Jika konsentrasi salinitas cukup tinggi, tanaman akan layu dan mati, tidak peduli berapa banyak air yang diberikan. Pengujian tanah rutin dapat mengidentifikasi tingkat salinitas tanah dan menyarankan langkah-langkah yang dapat diambil untuk memperbaiki masalah salinitas tertentu dalam tanah.

Istilah garam dan salinitas sering digunakan secara bergantian, sebuah garam hanyalah sebuah mineral anorganik yang dapat larut dalam air. Banyak orang mengasosiasikan garam dengan natrium klorida, garam dapur. Pada kenyataannya, garam-garam yang sering mempengaruhi air permukaan dan air tanah adalah kombinasi dari natrium, kalsium, kalium, magnesium, klorida, nitrat, sulfat, bikarbonat dan karbonat.

Pengaruh Garam pada Tanaman

Karena tanah menjadi lebih salin, tanaman menjadi tidak dapat menyerap banyak air dari tanah. Hal ini karena akar tumbuhan mengandung berbagai konsentrasi ion (garam) yang membuat aliran air alami dari tanah ke akar tanaman. Ketika tingkat salinitas tanah yang cukup tinggi, air di akar ditarik kembali ke dalam tanah. Tanaman menjadi tidak dapat mengambil air yang cukup untuk tumbuh. Jika konsentrasi salinitas dalam tanah cukup tinggi, tanaman akan layu dan mati, terlepas dari jumlah air yang diberikan. Gambar 3 menunjukkan bagaimana berbagai konsentrasi garam mempengaruhi pergerakan air dari tanah ke tanaman.



Gambar 3. Peningkatan garam di zona akar dapat mengakibatkan penurunan penyerapan air oleh tanaman.

Tanah salin

Tanah salin cukup mengandung garam larut untuk melukai tanaman. Tanah salin ditandai dengan putih atau cahaya kerak coklat di permukaan. Tanah salin biasanya memiliki EC lebih dari 4 mmho cm^{-1} . Garam umumnya ditemukan di tanah salin termasuk NaCl (garam dapur), CaCl_2 , gipsum (CaSO_4), magnesium sulfat, kalium klorida dan natrium sulfat. Kalsium dan garam magnesium

berada pada konsentrasi yang cukup tinggi untuk mengimbangi efek negatif tanah dari garam natrium, pH tanah salin umumnya di bawah 8,5. Normal kisaran yang diinginkan adalah 6,0-7,0. Pencucian garam-garam dari tanah tidak meningkatkan pH tanah salin.

Tabel 1. Klasifikasi salinitas dan EC (1 dS/m = 1 mmhos/cm; diadaptasi dari [19]).

EC (dS/m)	Salinity Class	Class
0 < 2	0	Non-saline
2 < 4	1	Very slightly saline
4 < 8	2	Slightly saline
8 < 16	3	Moderately saline
≥ 16	4	Strongly saline

3. Metode and Material

3.1 Disain Elekrtoada

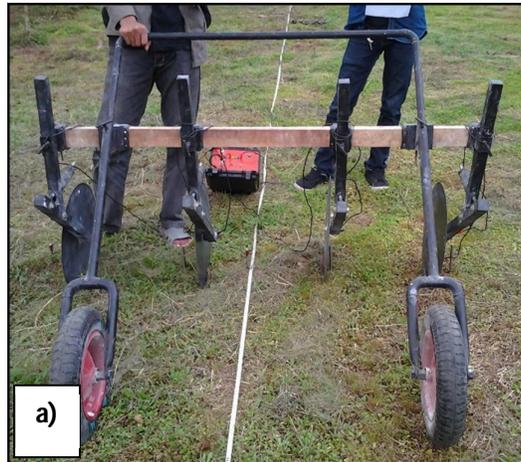
Elektroda *Electrical Resistivity* merupakan sebuah perangkat konduktor yang dipergunakan untuk menghantarkan arus listrik kedalam tanah atau medium dan mendeteksi beda potensial dari arus listrik yang diinjeksikan tersebut. Pada paper ini akan didisain dan diimplementasikan sebuah perangkat elektroda *Electrical Resistivity* yang dapat dipergunakan pada lahan pertanian bisa melakukan pengukuran secara kontinyu dan mampu bekerja dengan *mobile* sehingga dapat memudahkan pada proses pengambilan data geolistrik.

Elektroda Piringan (Disk)

Pada paper ini akan didisain dan diimplementasikan elektroda *Electrical Resistivity* berupa piringan (disk) yang dapat berfungsi *mobile*. Elektroda *disk* ini terdiri dari beberapa bagian, yakni : bagian lengan elektroda yang berfungsi menghubungkan piringan (*disk*) dengan bagian lain dari keseluruhan rangkaian elektroda ini, bagian piringan (*disk*) elektroda berfungsi sebagai konduktor yang bersentuhan langsung dengan tanah dan dapat berrotasi sehingga dapat bergerak (berputar), bagian pegas (*shockbreaker*) elektroda berfungsi agar lengan elektroda dapat bergerak naik dan turun ketika piringan (*disk*) elektroda mendapatkan halangan berupa gundukan (atau lubang) sehingga piringan (*disk*) elektroda dapat tetap bersentuhan dengan tanah. Jarak lengan antar elektroda juga dapat diatur sesuai dengan kedalaman penetrasi yang diinginkan penggunaanya, dengan jarak maksimum rentangan AB sejauh 120 cm (dan masih dapat ditingkatkan lagi).

Roda

Pada rangkaian roda elektroda ini menggunakan roda atau ban yang terbuat dari karet yang dapat dipompa dengan udara. Roda atau ban yang terbuat dari karet ini memiliki koefisien gesek yang besar ketika bergesekan dengan permukaan tanah, sehingga diharapkan dapat bergulir dengan lancar ketika didorong dipermukaan tanah. Ketinggian rangkaian roda elektroda ini didisain dapat disesuaikan dengan penggunaannya, dengan rentang antar roda yang tetap yakni 80 cm.



Gambar 5. a) Disain perangkat elektroda *disk electrical resistivity* yang akan diimplementasikan pada lahan gambut (tampak dari samping-belakang)



Gambar 6. (a) Disain elektroda electrical resistivity berupa *disk* yang akan diimplementasikan pada lahan gambut (tampak dari samping). (b) Disain perangkat roda yang akan dipergunakan.

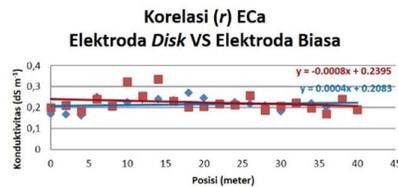
3.2. Pengujian

Pengujian perangkat elektroda *disk* dilakukan dengan membandingkan data konduktivitas listrik semu ECa yang diperoleh dari elektroda *disk* dan elektroda manual (biasa) dengan menghitung korelasi (r) dari kedua data tersebut. Pengujian perangkat elektroda *disk* tersebut dilakukan di halaman Rektorat Universitas Tanjungpura.

4. Hasil

Pengujian elektroda *disk* dilakukan di halaman Rektorat Universitas Tanjungpura dengan membandingkan hasil data konduktivitas ECa tanah yang diperoleh pada perangkat elektroda *disk* dan data konduktivitas ECa yang diperoleh pada elektroda manual (*stick*) yang biasa dipergunakan. Dari kedua data konduktivitas ECa tersebut dihitung korelasi (r) hubungan keduanya, akan memiliki hubungan data yang tinggi jika korelasi (r) keduanya mendekati satu (1) dan sebaliknya, tidak memiliki hubungan data (tidak terkorrelasi) jika nol (0).

Pengambilan data konduktivitas ECa menggunakan elektroda *disk* dilakukan sebanyak dua kali pengambilan data, pertama pengambilan data konduktivitas ECa dilakukan ketika arah pergi dan yang kedua dilakukan ketika arah balik. Hal ini dilakukan untuk melihat konsistensi data yang diperoleh ketika menggunakan perangkat elektroda *disk* ini.



Gambar 7. Grafik korelasi (r) ECa menggunakan perangkat elektroda *disk* dan elektroda biasa.

5. Kesimpulan

Pengujian perangkat elektroda *disk* dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran konduktivitas listrik tanah semu (ECa). Analisa yang dilakukan adalah dengan melakukan korelasi (r) pada kedua data tersebut. Dari korelasi (r) data keduanya menunjukkan tingkat hubungan yang tinggi, tingkat hubungan yang tinggi ini ditunjukkan dengan korelasi (r) mencapai 0,985. Tingkat hubungan data yang tinggi menunjukkan bahwa kedua data memiliki kedekatan hasil pengukuran yang baik pula, dan dapat dikatakan bahwa pengukuran menggunakan perangkat elektroda *disk* mempunyai hasil yang mendekati sama dengan pengukuran yang dilakukan menggunakan perangkat elektroda biasa (korelasi (r) 0.985).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Edlefsen, N.E. and A.B.C. Anderson., The four-electrode resistance method for measuring soilmoisture content under field conditions. Soil Sci., 1941, 51: 367-376.
- [2] Kirkham, D. and G.S. Taylor.,: Some tests of a four-electrode probe for soil moisture measurement. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1949, 14: 42-46.

- [3] McCorkle, W.H., Determination of Soil Moisture by the Method of Multiple Electrodes. Texas Agricultural Experiment Station Bulletin 426. Texas A & M University. College Station, TX, 1931.
- [4] Halvorson, A.D., and J.D. Rhoades., Assessing soil salinity and identifying potential saline-seep areas with field soil resistance measurements. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 1974, 38: 576-581.
- [5] Rhoades, J.D. and R.D. Ingvalson., Determining salinity in field soils with soil resistance measurements *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 1971, 35: 54-60.
- [6] Rhoades, J.D., P.A.C. Raats and R.J. Prather., Effects of liquid-phase electrical conductivity, water content, and surface conductivity on bulk soil electrical conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.v.*, 1976, 40: 651-655.
- [7] Shea, P.F. and J.N. Luthin., An investigation of the use of the four-electrode probe for measuring soil salinity in situ. *Soil Sci.*, 1961, 92: 331-339.
- [8] Dennis L. Corwin¹ dan Scott M., Application of Geo-referenced Geophysical Measurements to Precision Agriculture. *FastTimes*, 2008, V.13 N.2: 29 – 37.
- [9] Corwin, D.L., Geospatial measurements of apparent soil electrical conductivity for characterizing soil spatial variability, in *Soil-Water-Solute Characterization: An Integrated Approach*, Alvarez-Benedi, J., and Munoz-Carpena, R., Eds., CRC Press, Boca Raton, FL, 2005.
- [10] Corwin, D.L., and Lesch, S.M., Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: Theory, principles, and guidelines, *Agron. J.*, 2003, 95, 455–471.
- [11] Corwin, D.L., and Lesch, S.M., Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture, *Comput. Electron. Agric.*, 2005a, 46, 11–43.
- [12] Veris Teknologi., <http://www.veristech.com/index.aspx>, 1996.
- [13] Hamid F. Use of Geophysical Methods in Agriculture – Introduction, 2nd presentation, East NTSC, 2012.
- [14] Priori S., M. Fantappiè., S. Magini, and E.A.C. Costantini., Using the ARP-03 for high-resolution mapping of calcic horizons, *Int. Agrophys.*, 2013, 27, 313-321.
- [15] Reynolds, J. M., *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, John Wiley & Sons Ltd., UK, 1997.
- [16] Telford, W.M., Gledart, L. P., and Sheriff, R. E.,. *Applied Geophysics*, 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1990.
- [17] Burger, H.R., *Exploration Geophysics of the Shallow Subsurface*, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, 1992.
- [18] Rhoades, J.D., and Halvorson, A.D., Electrical conductivity methods for detecting and delineating saline seeps and measuring salinity in Northern Great Plains soils, *ARS W-42, USDA-ARS Western Region, Berkeley, CA*, 1977, pp. 1–45.
- [19] Taylor , S., *Dryland salinity introductory extension notes*. Department of Conservation and Land Management, NSW., 1991.