

## JURNAL REVIEW : EFEKTIVITAS PENGUKURAN KONDUKTIVITAS LISTRIK TANAH UNTUK MENDUGA KONDISI KESUBURAN TANAH PADA LAHAN PERTANIAN

Hasbi Mubarak Suud, Dwi Erwin Kusbiantoro, Muhammad Ghufron Rosyady, Oria Alit Farisi

Program Studi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jember  
Kampus UNEJ Bondowoso, Jalan Diponegoro, Poncogati, Curahdami, Bondowoso, Jawa Timur  
email : [hasbimubarak@unej.ac.id](mailto:hasbimubarak@unej.ac.id)

Submitted: 14 Januari 2022 Accepted: 7 April 2022 Approved: 15 Agustus 2022

### ABSTRAK

Memetakan kondisi lahan pertanian dengan melakukan akuisisi data nilai konduktivitas listrik (EC) tanah untuk menduga kondisi kesuburan tanah sudah banyak dilakukan dan diterapkan dalam sistem pertanian presisi saat ini. Nilai EC tanah merupakan salah satu indikasi yang menunjukkan tingkat salinitas tanah. Sudah banyak penelitian terdahulu yang menunjukkan adanya korelasi nilai EC tanah dengan kandungan ion, kadar air, pemupukan, bahkan dengan hasil panen. Hal tersebut semakin menguatkan nilai EC tanah dapat digunakan untuk menduga kondisi kesuburan tanah dengan cepat, murah, dan efisien. Namun bagaimana mekanisme interpretasi hasil pengukuran tersebut masih sulit dijelaskan karena nilai EC tanah tidak hanya semata mata dipengaruhi oleh tingkat salinitas, namun ada parameter lain yang mempengaruhi seperti temperatur, PH, kepadatan tanah, dan kadar air. Artikel ini berusaha menjabarkan kembali beberapa fakta penelitian terdahulu tentang kompleksitas pengukuran dan interpretasi nilai EC tanah dan memberikan beberapa penekanan dan catatan untuk mendapatkan cara terbaik dalam melakukan pengukuran dan interpretasi nilai EC tanah.

Kata Kunci: *Sifat konduktivitas listrik tanah, metode interpretasi EC tanah, Asesmen kondisi lahan, Pertanian presisi*

### ABSTRACT

*Field soil electroconductivity (EC) mapping had been widely used as a database for estimating the soil condition on agriculture land, especially in precision agriculture application. Soil EC measurement is an indication of soil salinity. There are many research that strengthen the understanding that EC measurement can be used to predict soil fertility condition. Some research event showed the correlation soil EC measurement with cation exchange rate, soil water content, fertilization rate, and yield. But the mechanism to explain and interpret how soil EC measurement can describe the soil condition is still containing high complexity. It is since soil EC measurement not just affected by soil salinity, but there are other factors that affects the measurement likes soil water content, soil density, soil texture, soil PH, and soil temperature. This study is trying to explain the previous study and research about soil EC measurement and interpretation. Furthermore, there are also explanation about best practice for measuring and interpreting the soil EC measurement in some condition with the examples. Hopefully this article could be new insight to give understanding about the excellent and limitation of soil EC measurement to estimate soil condition on agriculture land.*

Keywords: *Soil Electroconductivity, Interpretation Method, Soil Condition Assesment, Precision Farming*

### PENDAHULUAN

Nilai konduktivitas listrik (EC) tanah saat ini sudah banyak digunakan secara luas untuk mengetahui kondisi kesuburan lahan pertanian. Bahkan dalam aplikasi penerapan pertanian presisi, sifat konduktivitas listrik tanah menjadi salah satu parameter penting dalam akuisisi data kondisi lahan pertanian. Pemetaan nilai EC tanah sudah jamak digunakan sebagai salah satu input data untuk

melakukan pemberian aplikasi pupuk yang spesifik lokasi (Grisso *et al.*, 2014).

Kepopuleran pemetaan nilai EC tanah ini disebabkan pengambilan sampel nilai EC tanah untuk menganalisa kondisi lahan pertanian dapat mereduksi biaya sampling dan analisa laboratorium. Nilai EC tanah pada beberapa penelitian memiliki korelasi dengan beberapa parameter seperti kandungan air tanah, tekstur tanah, kandungan liat tanah, kapasitas tukar kation, dan kandungan bahan

organik di dalam tanah (Farah *et al.*, 2006). Semua parameter yang mempengaruhi nilai EC tanah seperti kandungan air, kapasitas tukar kation, dan kandungan liat, memiliki hubungan yang kompleks dan saling mempengaruhi akibat adanya banyak proses dan siklus yang terjadi dalam tanah (Lück *et al.*, 2009). Kompleksitas hubungan antara parameter parameter yang mempengaruhi nilai EC tanah itu, seringkali membuat adanya perbedaan interpretasi pembacaan nilai EC tanah untuk menduga kondisi suatu lahan pertanian (D. L. Corwin & Lesch, 2003).

Beberapa aplikasi pengukuran nilai EC tanah di lapangan menunjukkan nilai EC tanah memiliki korelasi dengan beberapa parameter yang mempengaruhi kondisi tanah. Ariyanto *et al.*, (2016) menunjukkan bahwa pengukuran nilai EC tanah memiliki korelasi dengan hasil panen tanaman kedelai. Hasil panen tercatat lebih tinggi pada blok lahan dengan nilai rata-rata EC tanah lebih tinggi. Penelitian lain yang dilakukan oleh Widiasmadi (2020) menunjukkan pengukuran nilai EC tanah mampu untuk mengukur aktivitas agen hayati pada tanah berpasir. Namun meskipun penggunaan nilai EC tanah sudah banyak diaplikasikan secara luas, faktanya interpretasi pembacaan hasil nilai EC terhadap kondisi tanah lebih sulit dilakukan dan diterapkan langsung di lapangan disebabkan adanya keterkaitan yang erat diantara parameter kondisi sifat tanah yang mempengaruhi nilai EC tersebut (Yu *et al.*, 2020). Artikel ini akan membahas dan mereview beberapa penelitian terdahulu dan menelaah lebih jauh tentang bagaimana efektivitas pembacaan nilai EC tanah untuk mengukur parameter parameter yang menggambarkan kondisi tanah pada suatu lahan pertanian.

## METODOLOGI PENELITIAN

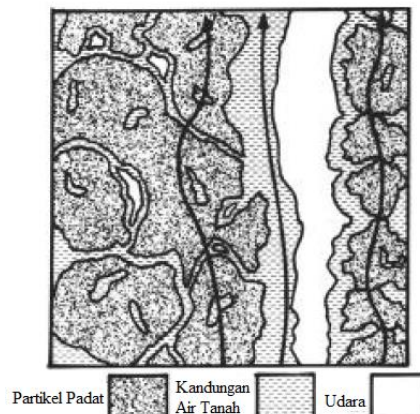
Penelitian ini dilakukan dengan melakukan studi literatur untuk mengumpulkan data dan fakta mengenai pendugaan kondisi tanah menggunakan nilai konduktivitas listrik (EC) tanah. Penjabaran dari literatur literatur mencakup pembahasan tentang dasar konsep pengukuran nilai EC tanah, metode metode yang telah berkembang, kesulitan dalam interpretasi, dan beberapa saran terbaik untuk melakukan interpretasi nilai EC tanah. Tujuan dari tulisan ini adalah diharapkan pembaca dapat memahami cara terbaik untuk melakukan pengukuran dan interpretasi EC berdasarkan dari studi literatur yang telah dilakukan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Sifat Konduktivitas Listrik Tanah

Tanah merupakan suatu kumpulan partikel kecil yang diantara partikel tersebut terisi air dan udara. Konduktivitas listrik terukur karena adanya elektrolit terlarut pada partikel dan larutan tanah. Ini adalah dasar teori tentang pengukuran nilai EC tanah yang dikemukakan oleh Sauer *et al.*, (1955). Teori tersebut terus dikembangkan hingga Rhoades *et al.*, (1989) berhasil menjelaskan bagaimana mekanisme aliran listrik dapat mengalir pada tiga jalur lintasan dalam tanah yaitu, jalur partikel padatan tanah, pada layer kandungan air yang terikat, dan pada larutan air bebas. Berdasarkan pengertian itu maka dikembangkan persamaan untuk menduga salinitas tanah berdasarkan parameter nilai EC tanah. Ilustrasi model lintasan arus listrik pada tanah tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.

Prinsip dasar dari pengukuran EC tanah adalah dengan mengukur daya konduktivitas listrik yang mengalir setelah diinjeksikan ke dalam tanah. Tanah yang mengandung ion dan kation terlarut akan semakin mudah menghantarkan listrik. Pada mulanya pengukuran nilai EC ini dilakukan untuk mengetahui kondisi salinitas tanah pada daerah pertanian di lahan kering. Metode pengukuran EC tanah yang dikembangkan mula-mula adalah pengukuran menggunakan sampel ekstrak larutan tanah. Pada perkembangan selanjutnya pengukuran nilai EC tanah ini semakin populer disebabkan antara lain karena metode pengukuran EC dapat dilakukan secara langsung di lahan sehingga biaya operasi menjadi lebih murah dan efisien (D. L. Corwin & Lesch, 2003). Satuan pengukuran EC tanah biasanya dinyatakan dalam satuan deciSiemens per meter (dS/m) atau miliSiemens per meter (mS/m).

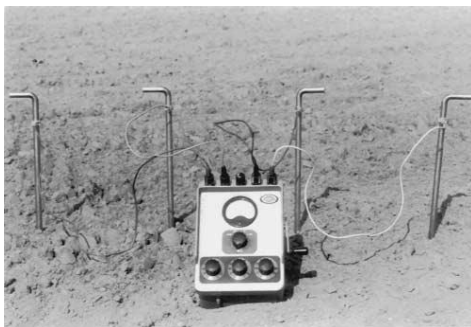


Gambar 1. Skema lintasan arus listrik melalui tiga lintasan (Rhoades *et al.* 1989)

## B. Metode Pengukuran Nilai Ec Tanah Secara Langsung

Teknik pengukuran nilai EC tanah secara langsung di lahan yang paling sederhana dan populer adalah metode *wenner array*. Teknik *wenner array* ini menggunakan empat batang elektroda ditancapkan kedalam tanah sedalam beberapa sentimeter dengan jarak batang elektroda sama yang diletakkan pada satu garis horizontal. Lalu teknik ini berkembang dengan munculnya desain sebuah probe yang lebih simpel dan kecil dengan empat buah gulungan probe dari bahan kuningan sebagai elektroda yang diletakkan pada jarak yang sama (Rhoades & Schilfgaard, 1976). Perangkat pengukuran dengan prinsip *wenner array* ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Prinsip kerja *wenner array* ini adalah dengan membaca nilai tegangan listrik pada dua elektroda paling luar yang menginduksi arus listrik ke dalam tanah dan membaca nilai tahanan listrik diukur pada dua elektroda yang paling dalam. Perbandingan nilai tegangan dan tahanan listrik tersebut merupakan nilai EC tanah. Teknik *wenner array* ini dapat mengukur nilai EC tanah dan memiliki korelasi yang kuat terhadap kadar air dan salinitas tanah (Bohn *et al.*, 1982). Selain itu metode *wenner array* sangat cocok digunakan untuk mengukur nilai EC tanah pada area top soil atau pada kedalaman yang dangkal dan juga konstruksinya kokoh serta sederhana sehingga mudah untuk dirakit. Dengan menggunakan elektroda besi yang diletakkan pada jarak antar elektroda 30 cm dan arus injeksi sebesar 2 Ampere sudah dapat digunakan untuk mengambil data nilai EC tanah pada lahan pertanian (Lumenta & Setiawan, 2019).



**Gambar 2.** Peralatan pengukuran nilai EC tanah secara langsung dengan metode *Wenner array* (Rhoades & Oster, 1986)

Pada perkembangan berikutnya muncul metode pengukuran EC menggunakan metode induksi elektromagnetik. Metode ini adalah metode yang lebih maju lagi karena sensor dan tanah

tidak ada kontak dan arus listrik diinduksikan kedalam tanah dari sebuah koil yang diletakkan diatas tanah. Koil tersebut menghasilkan medan elektromagnetik dan menginduksikan medan magnet dan arus listrik yang arusnya kecil ke dalam tanah. Arus dan medan magnet yang telah terinduksi didalam tanah ditangkap lagi oleh koil receiver. Perbandingan nilai medan magnet dan arus pada koil induksi dan koil receiver tersebut merupakan nilai EC tanah terukur (Sudduth *et al.*, 2001). Hasil pengukuran nilai EC menggunakan metode langsung seperti dengan metode *wenner array* ataupun dengan metode induksi elektromagnetik ini diyakini tidak memberikan perbedaan yang signifikan. Sudduth *et al.*, (1999) telah membandingkan 2 metode pengukuran tersebut dan hasilnya dua pengukuran tersebut mempunyai similaritas hasil pengukuran yang tinggi. Instrumen pengukuran EC tanah langsung yang digunakan pada penelitian tersebut adalah instrument veris 3100 sedangkan sensor EC dengan metode induksi elektromagnetik yang digunakan adalah sensor EM38.



**Gambar 3.** Instrumen pengukur EC yang sudah banyak digunakan di lahan pertanian (Lück *et al.*, 2009)

Selain dua instrument sensor tersebut, saat ini juga banyak jenis sensor yang biasa digunakan untuk mengukur nilai EC tanah di lahan. Sensor sensor tersebut dibangun berdasarkan prinsip *wenner array* ataupun berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Beberapa instrumen yang cukup dikenal diantaranya ARP 03, CM-138, EM38, EM38-DD, EM38-MK2, OhmMapper, dan Veris 3100. Lück *et al.*, (2009) telah melakukan penelitian untuk mengetahui keakurasian sensor sensor tersebut. Dari hasil analisa yang dilakukan memang terdapat *error* dan kesalahan yang terutama disebabkan karena metode cara kalibrasi

yang tidak bisa diseragamkan pada semua instrument sensor tersebut, adanya data GPS yang error, perbedaan kecepatan sampling, serta perbedaan delay proses pada setiap instrumen sensor EC tersebut. Beberapa instrumen seperti Veris 3100 dan ARP03 sangat baik untuk mengukur nilai EC tanah pada kedalaman daerah perakaran tanaman (*shallow layers* atau daerah *top soil*), sedangkan instrumen EM38 tidak sesuai digunakan untuk mengukur nilai EC pada kedalaman perakaran tanaman. Selain itu pada instrumen yang bekerja berdasarkan prinsip teknik *wenner array* dan sensornya kontak dengan tanah, ditemukan bias error pembacaan nilai EC ketika sensor pada posisi melayang dan sedang tidak kontak dengan tanah.

### C. Permasalahan Dalam Interpretasi Nilai Ec Tanah

Adanya variasi nilai EC tanah pada suatu lahan menjadi kesempatan untuk menjadikan nilai EC tanah sebagai salah satu input akuisisi data dalam aplikasi pertanian spesifik lokasi. Nilai EC tanah pada lahan pertanian pada dasarnya ditujukan untuk mengukur salinitas tanah. Salinitas tanah merupakan indikasi tersedianya zat anorganik terlarut yang ada dalam tanah dan biasanya terdiri dari garam terlarut dan ion-ion seperti  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , dan  $\text{CO}_3^{2-}$  (D. L. Corwin & Lesch, 2005). Korelasi antara nilai EC tanah dengan kandungan mineral nitrogen didalam tanah yang diukur secara langsung di lahan menggunakan EC meter portabel mempunyai korelasi  $r^2$  sebesar 0.85. Bahkan tingkat korelasinya menjadi lebih tinggi dengan  $r^2$  sebesar 0.92 pada pengukuran larutan tanah dengan perbandingan 1:1 yang dilakukan di laboratorium. Jumlah ketersediaan mineral nitrogen dengan nilai EC tanah menunjukkan tingkat korelasi yang tinggi dengan catatan sampel tanah yang diukur tidak memiliki kandungan garam dan karbonat bebas dalam jumlah yang besar (Zhang & Wienhold, 2002).

Interpretasi nilai EC tanah semakin menantang karena tingkat PH juga mempengaruhi nilai konduktivitas listrik tanah. PH tanah menunjukkan aktivitas ion  $\text{H}^+$  yang ada di dalam tanah. Karena PH merupakan fungsi dari logaritmik, maka kenaikan 1 tingkan keasaman tanah akan memberikan perbedaan konsentrasi ion  $\text{H}^+$  yang besar dan tentunya akan memberi pengaruh besar pada hasil pengukuran nilai EC tanah. Selain itu tekstur tanah juga dapat memberikan interpretasi hasil yang berbeda. Contohnya pada nilai EC tanah sebesar 5.5 dS/m pada tanah dengan tekstur

dominan liat dikategorikan dalam tanah dengan tingkat salinitas yang moderat, namun pada tanah pada tekstur lebih berpasir dikategorikan pada tingkat salinitas tinggi (Smith & Doran, 1997). Nilai EC tanah juga dapat terkoreksi karena faktor temperatur. Ada beberapa model koreksi nilai EC tanah terhadap temperatur berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Salah satu formula yang paling mudah adalah dengan melakukan koreksi nilai EC sebesar 1.9% setiap kenaikan  $1^\circ\text{C}$  (Ma *et al.*, 2011).

Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Suud *et al.*, (2015) menunjukkan bahwa nilai EC tanah secara bersama-sama memiliki korelasi dengan kadar air, kepadatan tanah, dan kandungan pupuk N, P, dan K. Kesimpulan yang didapat pada penelitian tersebut menunjukkan nilai EC tanah semakin tinggi seiring semakin tinggi nya tingkat kadar air, kepadatan tanah, dan jumlah kandungan pupuk N, P, dan K. Namun pada penelitian tersebut nilai EC tanah tidak bisa digunakan untuk menduga kadar pupuk N, P, dan K secara spesifik karena adanya bias dari faktor tingkat kadar air dan kepadatan tanah.

Kompleksitas interpretasi pembacaan nilai EC tanah ini juga semakin meningkat ketika melakukan pengukuran nilai EC secara langsung di lahan pertanian (*on the go*) dan ditemui ketidakseragaman kondisi lahan di suatu lahan yang sama. Beberapa ketidakseragaman yang dapat ditemui ketika melakukan pengukuran EC secara langsung di lahan antara lain karena kontur tanah tidak rata, topografi yang berbeda, adanya sisa alur tanah atau parit pada lahan, posisi tanah yang mudah terkena run off ketika hujan, dan letak lahan dekat dengan sumber air atau sungai. Faktor faktor tersebut tak terelakkan menyebabkan pengukuran EC tanah dan interpretasi hasil pengukurannya memerlukan suatu protokol dan analisa yang menyeluruh agar interpretasi hasil pengukurannya akurat (D. Corwin & Lesch, 2013).

### D. Pengembangan Pemetaan Kondisi Tanah Melalui Pengukuran Nilai Konduktivitas Tanah

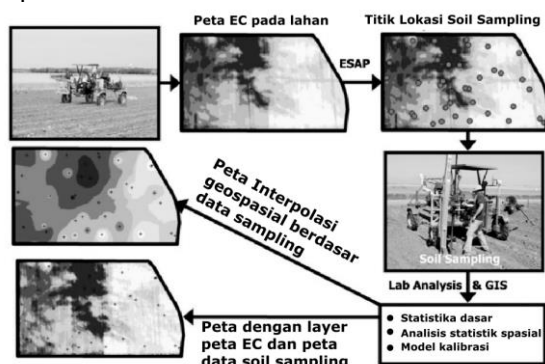
Pemetaan nilai EC tanah secara langsung pada dasarnya adalah mengumpulkan data nilai EC yang diukur secara langsung di lahan menggunakan instrumen sensor EC sehingga menghasilkan kumpulan data EC yang *georeference* dengan memasukkan data lokasi menggunakan GPS. Data yang didapat secara sekuensial tersebut lalu dapat diolah menggunakan software GIS untuk mendapatkan gambaran sebaran nilai EC nya lalu ditampilkan dalam peta 2D atau

3D. Pengembangan data spasial dengan data atribut kualitas tanah seperti nilai EC tanah menjadi penting untuk manajemen pengelolaan lahan di era pertanian presisi.

Pengembangan metode penyusunan pemetaan dengan sensor EC dan GPS dapat digunakan sebagai dasar akuisisi data kandungan unsur hara makro seperti yang dilakukan oleh Ariyanto *et al.* (2016). Dalam studi tersebut ditemukan korelasi antara data EC dengan produksi tanaman memiliki tingkat koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0.7005. Pengamatan dilapangan juga menunjukkan hasil panen kacang tanah meningkat sebesar 28.27% dan terdapat adanya hubungan peningkatan hasil panen tersebut terhadap pemberian dosis pupuk dan sebaran data EC yang terukur di lahan.

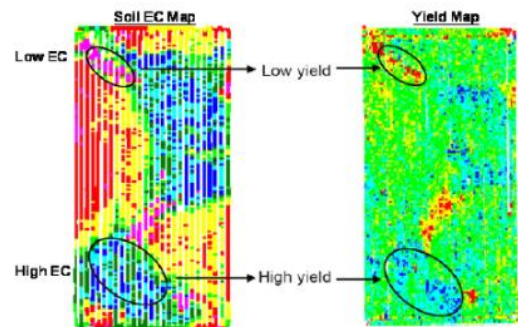
Werban *et al.* (2009) juga menunjukkan adanya korelasi yang kuat antara nilai EC dan masukan input karbon ke dalam tanah akibat dari pemupukan. Hal ini terjadi terutama pada bulan Januari dengan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar  $-0,89$  tetapi kontradiktif di musim panas dan musim dingin. Adanya hubungan antara kondisi EC tanah dengan kandungan unsur hara makro dan kandungan C-organik tanah memungkinkan juga dapat dikaitkan dengan aktifitas mikroorganisme tanah. Hal ini dikarenakan C-organik merupakan sumber energi utama yang mendukung aktivitas mikroba dalam tanah (Susilawati *et al.*, 2016).

D. Corwin & Scudiero (2019) mengajukan protokol pengumpulan data EC tanah secara sekuensial dan *georeference* seperti terlihat pada Gambar 4. Protokol tersebut terdiri dari megumpulkan data EC dan data GPS, mengolah data EC menjadi data spasial berupa peta sebaran nilai EC tanah, melakukan sampling tanah untuk interpetasi dan mengkonfirmasi pola sebaran EC tanah yang telah didapatkan. Lalu tahap selanjutnya dilakukan interpolasi antara data spasial EC dengan hasil sampling tanah untuk mendapatkan interpetasi nilai EC tanah yang tepat.



**Gambar 4.** Diagram protokol pembuatan data spasial berdasarkan pengukuran nilai EC (D. Corwin & Scudiero, 2019)

Grisso *et al.* (2014) menjelaskan tentang adanya respon dan hubungan data spasial nilai EC tanah terhadap data spasial hasil panen. Data spasial hasil panen dan data spasial nilai EC tanah seringkali memiliki korelasi seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Hal ini disebabkan *water holding capacity* (WHC) tanah seringkali memiliki korelasi yang kuat terhadap data hasil panen. Pada kondisi tekstur tanah yang seragam, nilai EC dapat mendeteksi variabilitas WHC tanah.



**Gambar 5.** Perbandingan antara peta produksi tanaman (kanan) dan peta EC tanah (kiri). (Grisso *et al.*, 2014).

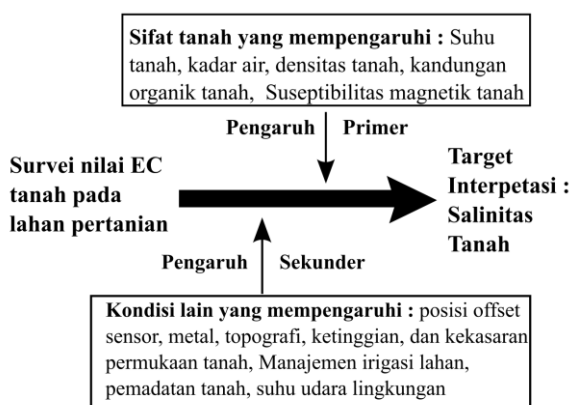
Data spasial yang dihasilkan dari interpolasi pengukuran nilai EC tersebut dapat digunakan dalam penerapan sistem pertanian presisi. Dengan menggunakan pengukuran yang berulang pada suatu periode tertentu, maka akan terbentuk basis data sejarah kondisi suatu lahan dan dapat dijadikan dasar penerapan aplikasi *site specific management*. Teknologi sensor, GPS, perangkat lunak, dan penginderaan jauh memiliki potensi besar untuk digunakan dalam pembentukan berbagai macam data spasial guna menerapkan pertanian presisi untuk meningkatkan produksi tanaman. Pertanian presisi pada dasarnya membutuhkan proses pengumpulan data lapangan, asesmen hasil, penginderaan jauh, pemetaan kualitas kondisi lahan, dan variabel aplikasi dosis pupuk (Pandey *et al.*, 2021).

### E. Cara Terbaik Untuk Melakukan Pengukuran Dan Interpretasi Nilai Ec Tanah

Banyaknya faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran nilai EC tanah membuat interpretasi nilai EC untuk menduga kondisi lahan pertanian harus lebih dikaji secara mendetil. Adamchuk *et al.*, (2004) sebenarnya telah menekankan bahwa hasil pengukuran EC tanah secara langsung baik menggunakan probe *wenner array* ataupun metode induksi elektromagnetik akan dipengaruhi oleh jenis

tekstur tanah, kandungan total karbon, bahan organik, kadar air tanah, salinitas tanah, kedalaman pengukuran, total kandungan nitrogen, dan kapasitas tukar kation dalam tanah. Interpretasi nilai EC tanah harus dimulai dari pemahaman mengenai kelebihan dan limitasi dari teknik pengukuran EC tanah secara langsung. Kelebihan pengukuran EC tanah secara langsung ini adalah mampu untuk menggambarkan kualitas tanah secara menyeluruh, dapat dengan cepat mendeteksi perubahan sifat tanah yang terjadi secara dinamis, dan data EC yang dikumpulkan memiliki sifat georeference. Sedangkan limitasi dari pengukuran EC adalah banyaknya faktor dan parameter sifat dan kondisi tanah yang mempengaruhi nilai EC tanah.

Pada banyak studi sudah disebutkan bahwa elemen yang mempengaruhi nilai EC bukan hanya elemen dan faktor tunggal, melainkan terdiri dari banyak faktor. Oleh karena itu dalam melakukan pengukuran dan interpretasi nilai EC perlu ditetapkan terlebih dahulu tujuan pengukuran dan target interpretasi data nilai EC nya. Selain itu perlu juga dipahami faktor sifat tanah yang mempengaruhi nilai EC secara langsung atau dapat disebut faktor pengaruh primer dan juga hal lain yang tidak terlalu dominan mempengaruhi nilai EC tanah atau dapat disebut faktor pengaruh sekunder seperti kondisi kontur lahan, adanya metal dalam tanah, dan topografi lahan.



**Gambar 6.** Diagram pengaruh primer dan sekunder pada pengukuran dan interpretasi nilai EC (D. Corwin & Scudiero, 2020).

D. Corwin & Scudiero (2020) telah menjabarkan beberapa catatan tentang protokol pengukuran untuk interpretasi EC tanah secara langsung dengan menetapkan target dan tujuan interpretasi nilai EC tanah untuk mengetahui sebaran variabilitas tingkat salinitas tanah. Pada Gambar 6 ditunjukkan diagram interpretasi nilai EC tanah dengan target untuk mengetahui sebaran variabilitas

salinitas tanah pada lahan. Pemahaman tentang salinitas tanah menjadi sangat krusial dalam menetapkan protokol pengukuran EC tanah secara langsung pada studi tersebut.

Nilai EC tanah dominan dipengaruhi oleh tingkat salinitas pada kondisi tanah salin. Sedangkan pada tanah non salin nilai EC tanah lebih banyak dipengaruhi faktor pengaruh primer seperti kadar air dan tekstur tanah. Pengamatan yang rinci pada lahan yang akan diukur nilai EC nya untuk mengetahui faktor pengaruh primer apa yang dominan ditemui di lahan harus dilakukan dengan detil. Sehingga nanti bisa dilakukan konversi nilai EC tanah yang didapatkan berdasarkan faktor pengaruh primer yang ditemui di lahan. Faktor pengaruh sekunder seperti topografi, pemadatan tanah, dan pengaruh induksi metal harus diminimalkan ketika dilakukan pengukuran EC tanah langsung untuk menghindari data yang bias dan error. Untuk menghindari data yang bias dan error, maka beberapa langkah dibawah ini dapat dilakukan ketika akan melakukan pengukuran nilai EC tanah secara langsung.

### E.1 Mendapatkan data yang lengkap mengenai area lahan yang akan diukur sebelum dilakukan pengukuran EC secara langsung

Pengetahuan yang mendalam mengenai kondisi lahan yang akan dilakukan pengukuran EC secara langsung menjadi salah satu kunci penting dalam pengukuran dan interpretasi hasil pengukurannya. Data iklim, vegetasi, kontur lahan, tekstur lahan, tipe irigasi di lahan, kondisi permukaan lahan, dan informasi lainnya harus dikumpulkan untuk merencanakan desain pengukuran nilai EC tanah. Terkadang beberapa data khusus pada suatu lahan harus disediakan untuk target interpretasi nilai EC yang spesifik. Contohnya jika ingin mengetahui kualitas tanah yang dipengaruhi hasil panen, maka perlu disediakan data tentang hasil panen spesifik lokasi pada musim panen sebelumnya.

### E.2 Merencanakan desain pengukuran EC secara langsung di lahan

Setelah data dan informasi mengenai area lahan yang akan dilakukan pengukuran EC sudah didapatkan dengan lengkap dan juga telah mengidentifikasi faktor pengaruh primer dan faktor pengaruh sekunder yang berpotensi mempengaruhi nilai pengukuran EC, Maka langkah selanjutnya adalah melakukan perencanaan dan desain pengukuran EC di lahan. Desain pengukuran EC ini mencakup berapa banyak data yang diambil, jarak lintasan pengukuran, titik

koordinat mana saja yang akan diukur, area mana saja yang mempunyai variabilitas faktor pengaruh primer yang tinggi, serta teknik pengukuran EC yang digunakan.

### E.3 Memperhatikan faktor-faktor konversi yang menginterferensi nilai EC tanah

Variasi kondisi tanah pada suatu lahan menyebabkan munculnya faktor pengaruh primer yang dapat mempengaruhi nilai EC tanah sebagai konsekuensi dari adanya interaksi dan perlakuan yang terjadi di lahan. Beberapa faktor pengaruh primer dapat dikonversikan untuk mendapatkan nilai EC aktual. Faktor yang mempengaruhi nilai EC seperti suhu, salinitas, kadar air, tekstur tanah, kedalaman, dan sifat tanah lain yang berpengaruh pada EC perlu di telusuri lebih jauh kondisi nya di lahan. Setelah dilakukan penelaahan dimana lokasi yang perlu di cermati variabilitasnya, maka kita bisa melakukan konversi nilai EC hasil pengukuran di lahan menggunakan beberapa metode atau persamaan yang sudah pernah dikemukakan pada studi terdahulu.

D. L. Corwin & Lesch (2003) telah mengemukakan bahwa konversi pengaruh temperatur/suhu dapat digunakan persamaan (1).

$$EC_{25^{\circ}C} = (ft).EC_t \dots\dots\dots(1)$$

dimana  $EC_{25^{\circ}C}$  adalah nilai EC pada suhu  $25^{\circ}C$ , ft adalah persamaan konversi dimana  $ft = 0.447+1.4034 \exp(-t/26.815)$ , dan  $EC_t$  adalah nilai EC pada suhu tertentu. Selain itu konversi faktor pengaruh temperatur juga bisa menggunakan hasil studi dari Ma et al. (2011) dimana nilai EC terkoreksi sebesar 1.9% karena kenaikan suhu  $1^{\circ}C$ .

Konversi pengaruh tekstur tanah terhadap nilai EC dapat menggunakan persamaan (2) yang dikemukakan oleh (Heil & Schmidhalter, 2012).

$$Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \dots\dots\dots + \beta_nX_n + \epsilon \dots\dots(2)$$

dimana Y adalah target tekstur tanah,  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots\dots\dots \beta_n$  adalah koefisien model regresi empiris, dan  $X_1, X_2, \dots\dots X_n$  merepresentasikan kondisi permukaan, pengolahan tanah, dan perlakuan pemupukan.

Konversi nilai EC tanah akibat pengaruh letak kedalaman sensor probe EC didalam tanah dapat dikonversi menggunakan persamaan yang diajukan oleh (Telford et al., 1991) seperti pada Persamaan (3)

$$EC_{a,x} = \frac{EC_{a,x_i}x_i - EC_{a,x_{i-1}}x_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} \dots\dots\dots(3)$$

dimana  $x_i$  adalah kedalaman pada saat sampling saat-i, dan  $x_{i-1}$  adalah kedalaman

pada saat sampling sebelum -i, dan  $EC_{a,x}$  adalah nilai EC pada kedalaman sampling tertentu hasil konversi.

Untuk parameter pengaruh salinitas, kadar air, dan kepadatan perlu pemahaman yang mendalam lebih lanjut untuk mendapatkan nilai EC konversi. Ketiga parameter tersebut saling berhubungan dan saling mempengaruhi nilai pembacaan EC tanah secara langsung. Pada tanah non salin, parameter kadar air dan kepadatan tanah lebih cenderung tidak mempengaruhi pengukuran nilai EC tanah. Pada studi yang dilakukan oleh Suud et al. (2015), pengaruh kepadatan dan kadar air tanah pada tanah salin dapat meningkatkan nilai EC tanah pada pola fungsi logaritmik natural. Sehingga pada studi tersebut untuk mengetahui tingkat salinitas karena pemupukan dan aplikasi pemberian garam-garaman pada tanah lebih menggunakan nilai EC, lebih baik dilakukan pada lahan dengan kadar air rendah atau sedang.

### KESIMPULAN

Pengukuran EC tanah secara langsung dapat digunakan sebagai dasar asesmen kondisi kesuburan tanah pada lahan pertanian. Namun demikian data EC tersebut harus diinterpretasi dengan baik. Pemahaman tentang kondisi lahan yang diukur nilai EC nya harus lengkap dan paripurna agar proses perencanaan dan desain pengukuran EC dapat dibuat dengan tepat. Dalam perencanaan pengukuran EC juga harus berdasarkan pada target interpretasi nilai EC yang diinginkan dan analisa faktor pengaruh primer dan sekunder yang ditemui dilapangan. Sehingga nilai EC hasil pengukuran yang didapatkan pada lahan tersebut dapat dikonversi berdasarkan faktor pengaruh primer yang di temui di lapangan. Hasil pengukuran nilai EC tanah juga perlu dikonfirmasi dengan melakukan sampling tanah untuk mengetahui sifat tanah pada beberapa titik. Hasil sampling tersebut digunakan untuk interpolasi dan interpretasi data EC tanah sehingga didapatkan gambaran utuh tentang kondisi kesuburan tanah di suatu lahan.

### DAFTAR PUSTAKA

Adamchuk, V. I., Hummel, J. W., Morgan, M. T., & Upadhyaya, S. K. (2004). On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 44(1), 71–91. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2004.03.002>  
Ariyanto, D., Studi Teknik Mesin Pertanian dan

- Pangan, P., Pertanian Bogor, I., & A S, R. P. (2016). Pengembangan Metode Akuisisi Data Kandungan Unsur Hara Makro Secara Spasial dengan Sensor EC dan GPS. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 4(1).  
<https://doi.org/10.19028/JTEP.04.1>
- Bohn, H. L., Ben-Asher, J., Tabbara, H. S., & Marwan, M. (1982). Theories and Tests of Electrical Conductivity in Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 46(6), 1143–1146.  
<https://doi.org/10.2136/SSSAJ1982.03615995004600060005X>
- Corwin, D. L., & Lesch, S. M. (2003). Application of Soil Electrical Conductivity to Precision Agriculture. *Agronomy Journal*, 95(3), 455–471.  
<https://doi.org/10.2134/AGRONJ2003.4550>
- Corwin, D. L., & Lesch, S. M. (2005). Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46(1–3), 11–43.  
<https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2004.10.005>
- Corwin, D., & Lesch, S. (2013). Protocols and Guidelines for Field-scale Measurement of Soil Salinity Distribution with ECa-Directed Soil Sampling. *Http://Dx.Doi.Org/10.2113/JEEG18.1.1*, 18(1), 1–25.  
<https://doi.org/10.2113/JEEG18.1.1>
- Corwin, D., & Scudiero, E. (2019). Mapping Soil Spatial Variability with Apparent Soil Electrical Conductivity (ECa) Directed Soil Sampling. *Soil Science Society of America Journal*, 83(1), 3–4.  
<https://doi.org/10.2136/SSSAJ2018.06.0228>
- Corwin, D., & Scudiero, E. (2020). Field-scale apparent soil electrical conductivity. *Soil Science Society of America Journal*, 84(5), 1405–1441.  
<https://doi.org/10.1002/SAJ2.20153>
- Farah, A., Monteiro, M. C., Calado, V., Franca, A. S., & Trugo, L. C. (2006). Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry*, 98(2), 373–380.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.032>
- Grisso, R. D., Alley, M. M., Holshouser, D. L., & Thomason, W. E. (2014). *Precision Farming Tools. Soil Electrical Conductivity*.  
<https://vttechworks.lib.vt.edu/handle/10919/51377>
- Heil, K., & Schmidhalter, U. (2012). Characterisation of soil texture variability using the apparent soil electrical conductivity at a highly variable site. *Computers & Geosciences*, 39, 98–110.  
<https://doi.org/10.1016/J.CAGEO.2011.06.017>
- Lück, E., Gebbers, R., Ruehlmann, J., & Spangenberg, U. (2009). Electrical conductivity mapping for precision farming. *Near Surface Geophysics*, 7(1), 15–25.  
<https://doi.org/10.3997/1873-0604.2008031/CITE/REFWORKS>
- Lumenta, E., & Setiawan, T. (2019). Metode Pemetaan Resistivitas Tanah pada Survei Pertanian dengan HUMA EC 1. *Jurnal Geofisika*, 15(2), 21–25.  
<https://doi.org/10.36435/JGF.V15I2.409>
- Ma, R., McBratney, A., Whelan, B., Minasny, B., & Short, M. (2011). Comparing temperature correction models for soil electrical conductivity measurement. *Precision Agriculture*, 12(1), 55–66.  
<https://doi.org/10.1007/S11119-009-9156-7/FIGURES/7>
- Pandey, H., Singh, D., Das, R., & Pandey, D. (2021). *Precision Farming and Its Application*. 17–33.  
[https://doi.org/10.1007/978-981-16-6124-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-16-6124-2_2)
- Rhoades, J. D., Manteghi, N. A., Shouse, P. J., & Alves, W. J. (1989). Soil Electrical Conductivity and Soil Salinity: New Formulations and Calibrations. *Soil Science Society of America Journal*, 53(2), 433–439.  
<https://doi.org/10.2136/SSSAJ1989.03615995005300020020X>
- Rhoades, J. D., & Oster, J. D. (1986). Solute content. In *Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods* (pp. 985–1006). wiley.  
<https://doi.org/10.2136/SSSABOOKSER5.1.2ED.C42>
- Rhoades, J. D., & Schilfgaard, J. van. (1976). An Electrical Conductivity Probe for Determining Soil Salinity. *Soil Science Society of America Journal*, 40(5), 647–651.  
<https://doi.org/10.2136/SSSAJ1976.03615995004000050016X>
- Sauer, M. C., Southwick, P. F., Spiegler, K. S., & Wyllie, M. R. J. (1955). Electrical Conductance of Porous Plugs - Ion Exchange Resin-Solution Systems. *Industrial & Engineering Chemistry*, 47, 2187–2193.  
<https://doi.org/10.1021/IE50550A044>
- Smith, J. L., & Doran, J. W. (1997). Measurement and Use of pH and Electrical Conductivity for Soil Quality Analysis. In *Methods for Assessing Soil*



- Quality (Vol. 49, pp. 169–185). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.2136/SSASPEC PUB4 9.C10>
- Sudduth, K. A., Drummond, S. T., & Kitchen, N. R. (2001). Accuracy issues in electromagnetic induction sensing of soil electrical conductivity for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 31(3), 239–264. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(00\)00185-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(00)00185-X)
- Sudduth, K. A., Kitchen, N. R., & Drummond, S. T. (1999). Soil Conductivity Sensing on Claypan Soils: Comparison of Electromagnetic Induction and Direct Methods. *Proceedings of the Fourth International Conference on Precision Agriculture*, 977–990. <https://doi.org/10.2134/1999.PRECISION AGPROC4.C1B>
- Susilawati, Budhisurya, E., Anggono, R. C. W., & Simanjuntak, B. H. (2016). Analisis Kesuburan Tanah Dengan Indikator Mikroorganisme Tanah Pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan Di Plateau Dieng. *Agric*, 25(1), 64–72. <https://doi.org/10.24246/agric.2013.v25.i1.p64-72>
- Suud, H., Syuaib, M. F., & Astika, I. W. (2015). Model Development for Estimating Soil Nutrient Levels Using Soil Electrical Conductivity Measurement. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 03(2), 1–8. <https://doi.org/10.19028/JTEP.03.2.105-112>
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1991). Applied Geophysics. In *Applied Geophysics*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139167932>
- Werban, U., Kuka, K., & Merbach, I. (2009). Correlation of electrical resistivity, electrical conductivity and soil parameters at a long-term fertilization experiment. *Near Surface Geophysics*, 7(1), 5–14. <https://doi.org/10.3997/1873-0604.2008038/>
- Widiasmadi, N. (2020). Analisa EC Dan Keasaman Tanah Menggunakan Smart Biosoildam Sebagai Usaha Peningkatan Daya Dukung Lahan Pasir. *Syntax Literate ; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 5(11), 1358–1370. <https://doi.org/10.36418/SYNTAX-LITERATE.V5I11.1647>
- Yu, R., Brillante, L., Martínez-Lüscher, J., & Kurtural, S. K. (2020). Spatial Variability of Soil and Plant Water Status and Their Cascading Effects on Grapevine Physiology Are Linked to Berry and Wine Chemistry. *Frontiers in Plant Science*, 11, 790. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2020.00790/BIBTEX>
- Zhang, R., & Wienhold, B. J. (2002). The effect of soil moisture on mineral nitrogen, soil electrical conductivity, and pH. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 2002 63:2, 63(2), 251–254. <https://doi.org/10.1023/A:1021115227884>