

Evaluasi Konduktivitas Listrik Tanah dan Kaitannya dengan Ph, Nitrogen Total, Karbon Total dan Bahan Organik di Lahan Sawah

Evaluation of Soil Electrical Conductivity and Its Relationship with pH, Total Nitrogen, Total Carbon, and Organic Matter in Rice Field Land

Immanuel Raymond Dikmar Koyoh¹⁾, Sumiyati*¹⁾, I Putu Gede Budisanjaya¹⁾, Ni Nyoman Sulastr¹⁾, I Wayan Tika¹⁾, I Putu Agus Arnadi¹⁾, Rizki Maftukhah²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

*email: sumiyati@unud.ac.id

Abstrak

Ketidakseimbangan unsur hara dan kualitas tanah yang kurang optimal merupakan permasalahan umum di lahan pertanian, namun pemantauan unsur hara memerlukan analisis laboratorium. Tujuan penelitian adalah memperoleh hubungan untuk mengestimasi pH tanah, kandungan nitrogen total, karbon total dan bahan organik tanah berdasarkan konduktivitas listrik tanah, serta mengevaluasi potensi penggunaan konduktivitas listrik tanah sebagai indikator estimasi parameter-parameter tersebut. Penelitian menggunakan *machine learning* berbasis Python dengan algoritma regresi linear, di mana 70% data digunakan untuk membuat persamaan pendugaan dan 30% untuk validasi kinerja model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *electrical conductivity* (EC) dapat digunakan untuk memprediksi nilai pH dengan persamaan $pH = 0,3107 EC - 1,2$ (nilai $R^2 = 0,9707$), untuk memprediksi nilai karbon total dengan persamaan $TC = 0,3525 EC - 0,1$ dan untuk memprediksi nilai bahan organik, dengan persamaan $BOT = 0,2045 EC - 0,1$ dengan nilai $R^2 = 0,9126$. Namun, nilai EC dinyatakan lemah untuk memprediksi nitrogen total dengan nilai $R^2 = -0,0030$. Validasi kinerja model menunjukkan nilai kesalahan yang sangat kecil pada persamaan untuk memprediksi pH berdasarkan nilai EC yaitu $MSE = 0,0006$; $MAE = 0,0164$), serta pada persamaan untuk memprediksi karbon total dan bahan organik tanah berdasarkan nilai EC diperoleh masing-masing nilai $MSE = 0,0017$ dan $MAE = 0,0357$). Namun nilai EC kurang efektif untuk memprediksi nilai nitrogen total karena hasil validasi kinerja model menunjukkan nilai $MSE = 0,0195$ dan $MAE = 0,1190$. Hasil ini menunjukkan bahwa konduktivitas listrik tanah dapat digunakan sebagai indikator yang baik untuk mengestimasi pH tanah, karbon total, dan bahan organik tanah.

Kata kunci: Bahan organik tanah, karbon total, konduktivitas listrik, nitrogen total, pH tanah.

Abstrack

The imbalance of soil nutrients and suboptimal soil quality are common issues in agricultural land; however, monitoring soil nutrients typically requires laboratory analysis. This study aims to establish relationships for estimating soil pH, total nitrogen content, total carbon, and soil organic matter based on soil electrical conductivity (EC), as well as to evaluate the potential use of EC as an indicator for estimating these parameters. The research employed a machine learning approach using Python with a linear regression algorithm, where 70% of the data was used to develop estimation equations and the remaining 30% for model performance validation. The results indicate that EC can be used to predict pH with the equation $pH = 0.3107 EC - 1.2$ ($R^2 = 0.9707$), total carbon with the equation $TC = 0.3525 EC - 0.1$, and soil organic matter with the equation $BOT = 0.2045 EC - 0.1$ ($R^2 = 0.9126$). However, EC was found to be a weak predictor for total nitrogen, as indicated by an R^2 value of -0.0030 . Model validation results showed very low error values for the pH prediction equation ($MSE = 0.0006$; $MAE = 0.0164$), as well as for the equations predicting total carbon and organic matter ($MSE = 0.0017$ and $MAE = 0.0357$, respectively). In contrast, EC was less effective in predicting total nitrogen, as reflected in higher error values ($MSE = 0.0195$; $MAE = 0.1190$). These findings suggest that soil electrical conductivity can serve as a reliable indicator for estimating soil pH, total carbon, and organic matter content.

Keywords: Soil organic matter, total carbon, electrical conductivity, total nitrogen, soil pH.

PENDAHULUAN

Tanah memainkan peran penting dalam pertumbuhan dan produktivitas tanaman, tidak hanya sebagai media tumbuh, tetapi juga sebagai penyedia air, udara, dan unsur hara esensial seperti nitrogen (N), karbon (C), kalium (K), dan fosfor (P) (Atmojo, 2003). Di antara parameter fisik dan kimia tanah, konduktivitas listrik atau *electrical conductivity* (EC) menjadi indikator penting dalam manajemen lahan dan pertanian presisi karena mencerminkan konsentrasi ion dalam larutan tanah, yang berasal dari garam-garam terlarut dan unsur hara (Corwin & Lesch, 2005). EC dinyatakan dalam satuan dS/m atau mS/m dan diketahui memiliki korelasi positif dengan kadar unsur hara seperti nitrat serta keberadaan mikroorganisme tanah (Adamchuck, 2004; Grisso, 2009; Pratiwi *et al.*, 2015; Widiasmadi, 2022).

Ketidakseimbangan unsur hara dan buruknya kualitas tanah menjadi kendala utama dalam sektor pertanian. Minimnya kemampuan petani dalam memantau kandungan hara secara efektif menyebabkan berkurangnya hasil panen, sementara metode pengujian laboratorium masih tergolong mahal dan tidak praktis. Sejumlah studi terdahulu menunjukkan bahwa nilai EC tanah memiliki hubungan signifikan dengan kandungan nitrogen, fosfor, kalium (NPK), serta pH tanah (Sari *et al.*, 2019; Eigenberg *et al.*, 2002). Namun, hubungan EC dengan karakteristik tanah lainnya, seperti pH, nitrogen total, karbon total, dan bahan organik, masih perlu dikaji lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi hubungan antara EC tanah dengan sifat-sifat tersebut guna mendukung pengembangan metode diagnostik yang lebih efisien dalam manajemen lahan pertanian.

METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Subak Suala, Desa Pitra, Kecamatan Penebel, Kabupaten Tabanan, Provinsi Bali untuk dilakukan pengambilan sampel tanah. Analisis sampel tanah dilaksanakan di Laboratorium Pengelolaan Sumber Daya Alam Universitas Udayana, Laboratorium Teknik Sumber Daya Lahan dan Air Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, dan Laboratorium Tanah dan Lingkungan, Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Penelitian ini dilakukan selama 1 musim tanam padi periode bulan Agustus sampai Desember 2024.

Bahan dan Alat

Alat yang digunakan dalam pengambilan sampel tanah yaitu, sekop kecil, cangkul, kantong plastik,

kertas label, spidol. Alat yang digunakan pada analisis di Laboratorium yaitu EC meter, Ph meter, Labu takar 50 ml, Pipet volume 10 ml, Gelas ukur 10 ml, Labu Erlenmeyer 50 ml, Buret, Tabung reaksi 50 ml, Timbangan analitis, Oven pengering, Ayakan 10 mesh (2 mm), Bak perendam, Pipet 25 ml, Cawan porselin, Stopwatch, Corong gelas, Pengaduk, Kertas saring, Cawan, thermometer, *Eppendorf vials*, *Vortex mixer*. Adapun bahan-bahan yang digunakan untuk analisis di laboratorium yaitu : Tanah kering angin yang telah di saring dengan saringan 2 mm, Tanah kering angin yang telah di saring dengan saringan 0,5 mm, *Aquadest*, Garam kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$), Asam sulfat pekat (H_2SO_4 pekat), Garam besi sulfat 1N atau fero sulfat 1N ($FeSO_4$ 1N), Asam fosfat (H_3PO_4), Indikator difenilamin, HCL 0,1 N, Asam borat, Tablet kjeldahl, *Hydrogen peroksida* (H_2O_2), Asam chloride, HCL 2N, *Natrium hidroksida* 1N (NaOH)

Pelaksanaan Penelitian

Tahapan penelitian ini dimulai dengan proses persiapan alat dan bahan, yang meliputi pengumpulan, pengecekan, dan penataan alat serta bahan yang akan digunakan dalam pengambilan sampel tanah, serta alat dan bahan yang digunakan pada tahap analisis sampel tanah. Lalu dilakukan pengambilan sampel tanah dilakukan di Subak Suala, Desa Pitra, Kecamatan Penebel, Kabupaten Tabanan, Provinsi Bali. Tanah tersebut adalah tanah dengan tekstur liat sampai liat berpasir. Setelah itu dilakukan analisis sampel, sampel yang diamati yaitu konduktivitas listrik tanah, pH tanah, karbon total, dan bahan organik tanah. Setelah sampel dianalisis dilakukan analisis data. Analisis data dilakukan menggunakan *Machine learning* berbasis *python* dengan algoritma regresi linear.

Analisis Sampel

Konduktivitas Listrik (EC) Tanah

- Sampel tanah seberat 10 gram ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam tabung plastik. Lalu tambahkan 50 ml *aquadest*, kocok dengan shaker selama 1 jam dan didiamkan selama 30 menit.
- EC diukur menggunakan alat EC meter portable.

$$EC_e = 6,53 \times EC \quad [1]$$

Keterangan:

EC_e = Ekstrak Konduktivitas Listrik

EC = Konduktivitas Listrik pada EC portable

pH Tanah

- Sampel tanah seberat 10 gram ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam tabung plastik. Lalu tambahkan 50 ml *aquadest*, kocok dengan

shaker selama 1 jam dan didiamkan selama 30 menit.

b) pH diukur menggunakan alat pH meter portable.

C-Organik dan Bahan Organik Tanah

Uji laboratorium karbon organik dan bahan organik tanah dilakukan dengan metode *Walkley & Black*. Untuk menghitung c-organik dan bahan organik tanah dapat menggunakan rumus berikut:

$$C (\%) = (b - a) N FeSO_4 \times \frac{3 \times 100}{77} \times \frac{100 + KU}{100} \quad [2]$$

$$Bahan Organik = C \times 1.724 \quad [3]$$

Keterangan:

C : c-organik

B : blanko (ml)

A : sampel (ml)

N : normalitas $FeSO_4$

KU : kadar air tanah kering udara.

Nitrogen Total

Uji laboratorium N-total dilakukan dengan metode Kjeldahl. Perhitungan N-Total (Syafuruddin *et al.*, 2016):

$$(N) total (\%) = \frac{(Vs - Vb)}{\text{berat sample (mg)}} \times 14,008 \times N.HCl \times 100\% \quad [4]$$

Keterangan:

Vs : volume titrasi sampel (ml)

Vb : volume titrasi blanko (ml)

N : normalitas HCl

Analisis Data

Untuk memperoleh hubungan antara konduktivitas listrik (EC) tanah dengan pH tanah, kandungan nitrogen total, serta kandungan karbon total dan bahan organik tanah analisis data dilakukan dengan menggunakan *Machine learning* berbasis python dengan algoritma regresi linear. Pada penerapan algoritma ini menggunakan *library*, *Scikit-Learn* yang digunakan untuk membangun model pada *machine learning*.

Machine learning digunakan untuk memproses data, mulai dari pelatihan untuk mencari persamaan regresi hingga validasi kinerja model persamaan tersebut. Proses pembentukan persamaan regresi dilakukan untuk memperoleh model yang mampu mengestimasi nilai pH tanah, kandungan nitrogen total, karbon total, serta bahan organik tanah, hanya berdasarkan nilai konduktivitas listrik (EC) tanah. Setelah persamaan regresi diperoleh, dilakukan

validasi untuk menguji akurasi persamaan tersebut. Nilai pH tanah, kandungan nitrogen total, serta kandungan karbon total dan bahan organik tanah yang di dapat dari persamaan tersebut di validasi menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Mean Squared Error* (MSE) terhadap nilai total nitrogen, total karbonn, dan bahan organik tanah hasil analisis laboratorium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan EC dengan pH

Berdasarkan nilai pH tanah dan nilai konduktivitas listrik (EC) tanah yang diperoleh, kemudian dianalisis menggunakan regresi antara pH tanah dan nilai konduktivitas listrik (EC) tanah dan diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$pH_{pred} = 0,3107 EC - 1,2 \quad [5]$$

keterangan:

pH_{pred} = Nilai pH hasil prediksi

EC = Nilai EC hasil pengukuran

-1,2 = Nilai Intersep

Berdasarkan persamaan $pH_{pred} = 0,3107 EC - 1,2$ dapat diartikan bahwa setiap peningkatan satu satuan EC akan meningkatkan pH sebesar 0,3107.

```

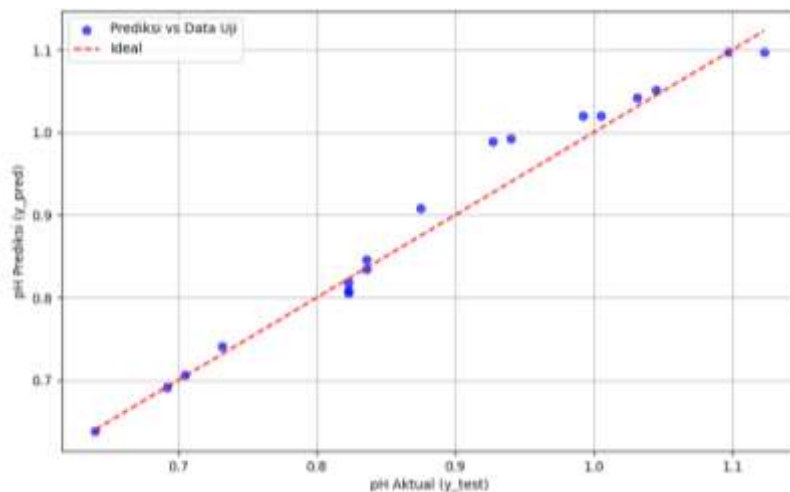
=== Evaluasi Model ===
Mean Squared Error (MSE): 0.0006
Mean Absolute Error (MAE): 0.0164
R2 Score: 0.9707
Adjusted R2 Score: 0.9688

Persamaan Linier: Y = 0.3107 * X1 + -1.2
PS D:\data_python>

```

Gambar 1. Evaluasi model pH

Evaluasi model ditujukan pada Gambar 1, dimana persamaan yang diperoleh tersebut, divalidasi menggunakan *Mean Squared Error* (MSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE) dan diperoleh hasil yang menunjukkan tingkat kesalahan yang sangat kecil, yaitu *Mean Squared Error* (MSE) sebesar 0,0006 dan *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,0164. Berdasarkan nilai MSE dan MAE tersebut, dapat dinyatakan bahwa prediksi pH yang dihasilkan berdasarkan nilai EC cukup akurat. Nilai R^2 sebesar 0,9707, yang berarti sekitar 97,07% variasi dalam pH tanah dapat dijelaskan oleh perubahan EC. Berdasarkan nilai MSE dan MAE tersebut, hal ini menandakan bahwa model ini mampu memprediksi pH tanah dengan tingkat akurasi yang tinggi berdasarkan nilai EC tanah. Dengan demikian, dalam penelitian hubungan antara EC dan pH memiliki hubungan yang cukup kuat.



Gambar 2. Perbandingan hasil prediksi dengan data uji pH

Visualisasi perbandingan antara nilai prediksi dan data aktual untuk parameter pH dapat dilihat pada Gambar 2, di mana titik-titik data tersebar mendekati garis diagonal. pH tanah merupakan parameter kimia yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan tanah, yang secara langsung mempengaruhi ketersediaan unsur hara penting bagi tanaman, seperti nitrogen, fosfor, kalium, dan unsur mikro lainnya. Tanah dengan pH terlalu rendah (asam) atau terlalu tinggi (basa) dapat menyebabkan ketersediaan unsur hara menjadi tidak optimal, sehingga menghambat pertumbuhan tanaman. Konduktivitas listrik tanah (EC) berfungsi sebagai indikator jumlah konsentrasi ion terlarut dalam larutan tanah, termasuk ion-ion seperti H^+ (ion hidrogen) dan OH^- (ion hidroksida), yang berkontribusi langsung terhadap nilai pH. Ketika EC meningkat, hal ini mencerminkan tingginya jumlah ion terlarut yang bisa memengaruhi keseimbangan antara ion H^+ dan OH^- , sehingga dapat menyebabkan perubahan pada nilai pH tanah.

Dalam konteks tanah pertanian, peningkatan EC seringkali terjadi akibat aplikasi pupuk kimia, penggunaan pupuk organik, atau pelapukan bahan organik alami. Proses ini melepaskan ion-ion tambahan ke dalam larutan tanah, mengubah komposisi ionik, dan dengan demikian memengaruhi pH. Lesch *et al.* (2000) mencatat bahwa perubahan pH seringkali menyertai fluktuasi EC karena adanya reaksi kimia dalam tanah yang dipicu oleh masukan eksternal seperti pemberian pupuk, irigasi, atau akumulasi bahan organik. Penelitian oleh Sari *et al.* (2019) juga memperkuat temuan ini dengan menunjukkan adanya korelasi positif antara EC dan pH pada lahan pertanian. Mereka menemukan bahwa penggunaan pupuk kimia dan organik meningkatkan konsentrasi ion-ion kation seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan K^+ di dalam tanah, yang berkontribusi dalam menetralkan ion H^+ , sehingga pH tanah meningkat seiring dengan peningkatan EC.

Hubungan EC dengan TC dan BOT

Hasil regresi Antara konduktivitas listrik tanah (EC) dan TC mendapatkan persamaan sebagai berikut:

$$TC_{pred} = 0,3525 EC - 0,1 \quad [6]$$

keterangan:

TC_{pred} = Nilai TC hasil prediksi

EC = Nilai EC hasil pengukuran

-0,1 = Nilai Intersep

Berdasarkan persamaan $TC_{pred} = 0,3525 EC - 0,1$ dapat diartikan bahwa setiap peningkatan satu satuan EC akan meningkatkan TC sebesar 0,3107.

```

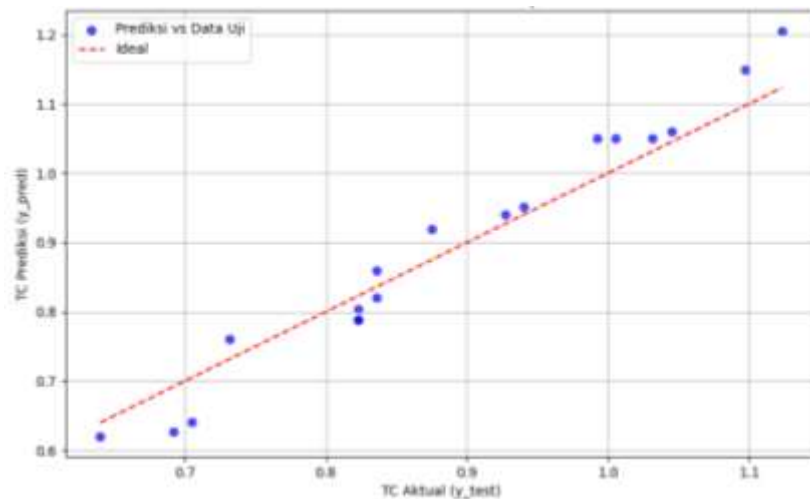
=== Evaluasi Model ===
Mean Squared Error (MSE): 0.0017
Mean Absolute Error (MAE): 0.0357
R2 Score: 0.9126
Adjusted R2 Score: 0.9071

Persamaan Linier: Y = 0.3525 * X1 + -0.1
PS D:\data_python>

```

Gambar 3. Evaluasi model TC

Evaluasi model di tujukan pada Gambar 3 dimana persamaan yang diperoleh tersebut, divalidasi menggunakan *Mean Squared Error* (MSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE) dan diperoleh hasil yang menunjukkan tingkat kesalahan yang sangat kecil dengan nilai *Mean Squared Error* (MSE) sebesar 0,0017 dan *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,0357. Berdasarkan nilai MSE dan MAE tersebut, dapat dinyatakan bahwa prediksi TC yang dihasilkan berdasarkan nilai EC cukup akurat.



Gambar 4. Perbandingan hasil prediksi dengan data uji TC

Visualisasi perbandingan antara nilai prediksi dan data aktual untuk parameter pH dapat dilihat pada Gambar 4, di mana titik-titik data tersebar mendekati garis diagonal.

Hasil regresi Antara konduktivitas listrik tanah (EC) dan BOT mendapatkan persamaan sebagai berikut:

$$BOT_{pred} = 0,2045 EC - 0,1 \quad [7]$$

keterangan:

BOT_{pred} = Nilai BOT hasil prediksi
 EC = Nilai EC hasil pengukuran
 -0,1 = Nilai Intersep

Berdasarkan persamaan $BOT_{pred} = 0,2045 EC - 0,1$ dapat diartikan bahwa setiap peningkatan satu satuan EC akan meningkatkan BOT sebesar 0,2045.

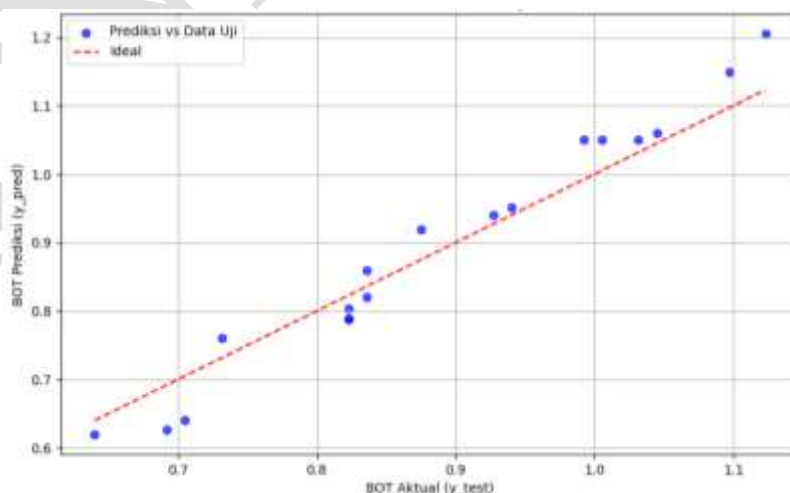
```

=== Evaluasi Model ===
Mean Squared Error (MSE): 0.0017
Mean Absolute Error (MAE): 0.0357
R2 Score: 0.9126
Adjusted R2 Score: 0.9071

Persamaan Linier: Y = 0.2045 * X1 + -0.1
  
```

Gambar 5. Evaluasi model BOT

Evaluasi model di tujukan pada Gambar 5 dimana persamaan yang diperoleh tersebut, divalidasi menggunakan *Mean Squared Error* (MSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE) dan diperoleh hasil yang menunjukkan tingkat kesalahan yang sangat kecil dengan nilai *Mean Squared Error* (MSE) sebesar 0,0017 dan *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,0357. Berdasarkan nilai MSE dan MAE tersebut, dapat dinyatakan bahwa prediksi BOT yang dihasilkan berdasarkan nilai EC cukup akurat.



Gambar 6. Perbandingan hasil prediksi dengan data uji BOT

Visualisasi perbandingan antara nilai prediksi dan data aktual untuk parameter pH dapat dilihat pada Gambar 6, di mana titik-titik data tersebar mendekati garis diagonal. Nilai R^2 sebesar 0,9126 dan adjusted R^2 sebesar 0,9071 mengindikasikan bahwa sekitar 91,26% variasi dalam karbon total dan bahan organik tanah dapat dijelaskan oleh variasi dalam konduktivitas listrik tanah (EC). Bahan organik tanah (BOT) dan karbon total (TC) menunjukkan korelasi yang sangat tinggi karena karbon merupakan unsur utama penyusun bahan organik. Pada konteks tanah, bahan organik mencakup sisa-sisa tanaman, hewan, dan mikroba yang mengalami proses dekomposisi dan humifikasi. Karena komponen utama bahan organik adalah karbon, maka kandungan karbon total menjadi indikator penting dalam mengukur keberadaan dan kualitas bahan organik tanah (Bot & Benites, 2005).

Hubungan antara EC dan BOT dapat dipahami melalui mekanisme dekomposisi bahan organik yang menghasilkan ion-ion anorganik seperti nitrat (NO_3^-), fosfat (PO_4^{3-}), sulfat (SO_4^{2-}), serta berbagai kation seperti kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), dan kalium (K^+). Ion-ion ini larut dalam air tanah dan meningkatkan konsentrasi ionik dalam larutan tanah, yang pada akhirnya meningkatkan nilai konduktivitas listrik (EC) (Chan *et al.*, 2008). Proses dekomposisi ini, selain melepaskan unsur hara penting, juga mengubah dinamika kimia tanah dan memperbaiki struktur tanah, sehingga berpengaruh secara tidak langsung terhadap EC. Selain itu, kandungan bahan organik yang tinggi berkontribusi pada peningkatan kapasitas tukar kation (CEC) tanah. Seperti dijelaskan oleh Bot & Benites (2005), tanah dengan CEC tinggi memiliki kemampuan yang lebih besar untuk menahan dan melepaskan ion-ion bermuatan, sehingga memperkaya larutan tanah dengan ion-ion terlarut. Hal ini memperjelas bagaimana bahan organik yang tinggi tidak hanya memperbaiki sifat fisik tanah tetapi juga berkontribusi pada peningkatan nilai EC melalui peningkatan jumlah ion aktif dalam larutan tanah. Penelitian oleh Pratiwi *et al.* (2015) pada berbagai jenis tanah tropis mendukung hubungan ini. Mereka menemukan bahwa tanah dengan kadar bahan organik yang lebih tinggi menunjukkan nilai EC yang lebih besar dibandingkan tanah dengan bahan organik rendah. Korelasi positif ini terutama terjadi karena tanah tropis dengan suhu dan kelembapan tinggi mempercepat dekomposisi bahan organik, mempercepat pelepasan ion-ion ke dalam larutan tanah.

Hubungan EC dengan N total

Berdasarkan hasil analisis regresi antara konduktivitas listrik tanah (EC) dan nitrogen total (TN), diperoleh persamaan regresi sebagai berikut:

$$\text{TN}_{\text{pred}} = -0,3838 \text{ EC} + 1,0 \quad [8]$$

keterangan:

TN_{pred} = Nilai TN hasil prediksi

EC = Nilai EC hasil pengukuran

1,0 = Nilai Intersep

Berdasarkan persamaan $\text{TN}_{\text{pred}} = -0,3838 \text{ EC} + 1,0$ dapat diartikan bahwa setiap peningkatan satu satuan EC akan menurunkan kandungan TN sebesar 0,3838.

```

=== Evaluasi Model ===
Mean Squared Error (MSE): 0.0195
Mean Absolute Error (MAE): 0.1190
R2 Score: -0.0030
Adjusted R2 Score: -0.0657

Persamaan Linier: Y = -0.3838 * X1 + 1.0
PS D:\data_python>

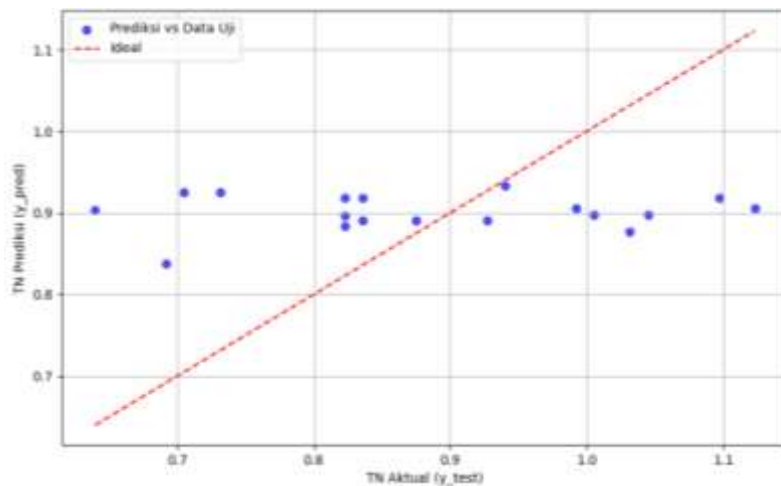
```

Gambar 7. Evaluasi model TN

Evaluasi model di tujukan pada Gambar 7 dimana persamaan yang diperoleh tersebut, divalidasi menggunakan nilai *Mean Squared Error* (MSE) sebesar 0,0195 dan *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,1190. Berdasarkan nilai MSE dan MAE tersebut, dapat dinyatakan bahwa prediksi TN yang dihasilkan berdasarkan nilai EC menunjukkan tingkat kesalahan prediksi yang cukup tinggi. Selain itu, nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar $-0,0030$ dan Adjusted R^2 sebesar $-0,0057$ mengindikasikan bahwa model tidak mampu menjelaskan variasi data dengan baik. Gambar 8 menunjukkan penyebaran titik prediksi nitrogen total (TN) yang acak dan tidak membentuk pola, menandakan lemahnya hubungan linier dengan EC. Dan berdasarkan nilai MSE dan MAE tersebut, hal ini menandakan bahwa model ini tidak mampu memprediksi EC dengan baik berdasarkan nilai nitrogen total (TN). Dengan demikian, dalam penelitian hubungan Antara EC dan TN tidak memiliki hubungan yang cukup kuat. Hubungan antara EC dan TN memang tidak selalu kuat karena EC lebih merefleksikan jumlah ion-ion terlarut dalam larutan tanah, seperti nitrat (NO_3^-) dan amonium (NH_4^+), yang merupakan bentuk nitrogen tersedia, bukan nitrogen total. Kandungan nitrogen total mencakup seluruh bentuk nitrogen dalam tanah, termasuk nitrogen organik yang belum terurai, dan bentuk ini tidak bermuatan atau tidak larut dalam air sehingga tidak berkontribusi langsung pada nilai EC (Hardjowigeno, 2003). Penelitian serupa oleh

Eigenberg *et al.* (2002) menyatakan bahwa EC hanya berkorelasi dengan nitrogen dalam bentuk terlarut (nitrat), bukan keseluruhan kandungan nitrogen total. Selain itu, studi oleh Sari *et al.* (2019) di lahan pertanian menunjukkan bahwa meskipun EC berkaitan erat dengan unsur hara tersedia, tidak

semua bentuk nitrogen dalam tanah dapat diukur melalui konduktivitas listrik. Hal ini diperkuat oleh temuan Widiasmadi (2022) yang menjelaskan bahwa EC dipengaruhi oleh aktivitas ionik dalam tanah dan tidak mencerminkan secara langsung unsur yang masih terikat dalam bahan organik.



Gambar 8. Perbandingan hasil prediksi dengan data uji TN

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai hubungan antara konduktivitas listrik tanah dengan pH tanah, kandungan nitrogen total, serta kandungan karbon total dan bahan organik tanah, dapat disimpulkan bahwa hubungan antara konduktivitas listrik tanah dan pH tanah mendapat persamaan $pH_{pred} = 0,3107 EC - 1,2$, nilai R^2 sebesar 0,9707. Hubungan antara konduktivitas listrik tanah dan karbon total mendapat persamaan $TC_{pred} = 0,3525 EC - 0,1$, nilai R^2 sebesar 0,9126. Hubungan antara konduktivitas listrik tanah dan bahan organik tanah mendapat persamaan $BOT_{pred} = 0,2045 EC - 0,1$, nilai R^2 sebesar 0,9126. Dan tidak diperoleh persamaan yang kuat untuk mengestimasi nilai nitrogen total. Berdasarkan hasil evaluasi model, persamaan yang didapat menunjukkan konduktivitas listrik tanah dapat digunakan sebagai indikator yang baik dalam mengestimasi pH tanah, karbon total dan bahan organik tanah. Hasil evaluasi model menunjukkan tingkat kesalahan yang sangat kecil pada pH tanah dengan *Mean Squared Error* (MSE) sebesar 0,0006 dan *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,0164, karbon total dengan dan bahan organik tanah dengan *Mean Squared Error* (MSE) sebesar 0,0017 dan *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,0357. Namun model kurang efektif dalam memperkirakan kandungan nitrogen total karena hubungan yang lemah atau tidak signifikan dengan nilai *Mean Squared Error* (MSE) sebesar 0,0195 dan *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,1190.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan yang sebaiknya dilakukan dengan cakupan wilayah yang lebih luas dan jumlah sampel yang lebih besar untuk mendapatkan model yang lebih akurat terhadap berbagai kondisi tanah, serta menggunakan metode pengukuran yang lebih presisi dalam menentukan nilai EC dan parameter tanah lainnya guna mengurangi kesalahan prediksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamchuck, V. I. (2004). On-the-go soil sensor for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 44, 71–91. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2004.03.002>.
- Afianto, L. S. H. (2018). Evaluasi kandungan nitrogen tanah lahan jati (*Tectona grandis* Linn.f) dengan berbagai umur kelas tegakan [Skripsi].
- Atmojo, S. W. (2003). Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah Dan Upaya Pengelolaannya. 12-13.
- Bardgett, R. (2008). *The biology of soil : a community and ecosystem approach*. Oxford University Press.
- Bi, Q., Goodman, K. E., Kaminsky, J., & Lessler, J. (2019). What is machine learning? A primer for the epidemiologist. *American Journal of Epidemiology*, 2222. <https://doi.org/10.1093/aje/kwz189>
- Bot, A., & Benites, J. (2005). The Importance of Soil Organic Matter. In *Soil* (Vol. 1, Issue 2).

- FAO Soils Bulletin 80.
<https://doi.org/10.5194/soil-1-707-2015>
- Chan, Y. (2008). Increasing soil organic carbon of agricultural land. *Carbon*, JANUARY.
- Cherkasov, N., Ibhaddon, A. O., & Fitzpatrick, P. (2015). A review of the existing and alternative methods for greener nitrogen fixation. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 90, 24–33.
<https://doi.org/10.1016/j.cep.2015.02.004>
- Corwin, D. L., & Lesch, S. M. (2005a). Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46, 11–43.
- Corwin, D. L., & Lesch, S. M. (2005b). Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity: I. Survey protocols. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46, 103–133.
- Dahal, N., & Bajracharya, R. M. (2010). Prospects of Soil Organic Carbon
- Dwiastuti, S., Maridi, Suwarno, & Puspitasari, D. (2016). Bahan organik tanah di lahan marginal dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. *Proceeding Biology Education Conference*, 13(1), 748–751.
- Dwiastuti, S., Maridi, Suwarno, & Puspitasari, D. (2016). Bahan Organik Tanah di Lahan Marginal dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya. *Proceeding Biology Education Conference*, 13(1), 748–751.
- Eigenberg, R. A., Doran, J. W., Nienaber, J. A., & Woodbury, B. L. (2002). Electrical conductivity monitoring of soil condition and available N with animal manure and a cover crop. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(2), 183–193.
[https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00256-0](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00256-0)
- Ermiana, R., Suhendrayatna, & Sugianto. (2021). Identifikasi salinitas tanah menggunakan instrumen induksi elektromagnetik EM38 di Kecamatan Baitussalam Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA*, 5(4), 293–304.
<https://doi.org/10.24815/jipi.v5i4.23246>
- FAO. (2004). Carbon sequestration in dryland soils. World Soil Resources Reports 102. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Foth, H. . (1998). Dasar-dasar Ilmu tanah. *Gadjah Mada University Press. Yogyakarta* 782 P.
- Ghazali, I. (2016). *Aplikasi analisis multivariate dengan program IBM SPSS 23* (8th ed.). Badan Penerbit Universitas Diponegoro
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic econometrics* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Hanafiah, K.A, Anas, I, Napoleon, A, Ghoffar, & N. (2005). Biologi Tanah. Ekologi dan Makrobiologi Tanah. *Jakarta: PT Raja Grafindo Persada*.
- Handayanto, & Hairiah, K. (2007). Biologi Tanah. Yogyakarta. *Pustaka Adipura*.
- Hardjowigeno, S. (2003). Ilmu Tanah Ultisol. *Edisi Baru Akademia Pressindo, Jakarta*.
- Janiesch, C., Zschech, P., & Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning. *Electronic Markets*, 31(3), 685–695.
<https://doi.org/10.1007/s12525-021-00475-2>
- aya, G. I., Avianto, Y., Handru, A., & Novyanto, A. (2024). Hubungan antara respirasi tanah dengan sifat tanah dibawah kondisi tegakan vegetasi yang berbeda di Ungaran, Jawa Tengah. *Agroista: Jurnal Agroteknologi*, 8(1), 11–19.
[//doi.org/10.55180/agi.v8i1.1213](https://doi.org/10.55180/agi.v8i1.1213)
- Lumban Toruan, P., Margareta, B., Jumarni, A., Pratiwi, S. S., & Atina. (2023). Pengaruh temperatur air terhadap konduktivitas dan total dissolved solid. *Jurnal Kumparan Fisika*, 6(1), 11–16.
[//doi.org/10.33369/jkf.6.1.11-16](https://doi.org/10.33369/jkf.6.1.11-16)
- Mautuka, Z. A., Maifa, A., & Karbeka, M. (2022). Pemanfaatan biochar tongkol jagung guna perbaikan sifat kimia tanah lahan kering. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(1).
- Mbulu, B. C. P., Redationo, N. T., & Herwinsha, F. V. (2023). Calculation analysis of heat conductivity and average heat rate in carbon composites. *Jurnal Metal*, 1, 17–24.
- Mueller, T. G., Pusuluri, N. B., Mathias, K. K., Cornelius, P. L., Barnhisel, R. I., & Shearer, S. A. (2003). Soil electrical conductivity map variability in limestone soils overlain by loess. *Agronomy Journal*, 96, 496–507.
- Muliawana, N. R. E., Sampurno, J., & Jumarang, M. I. (2016). Identifikasi nilai salinitas pada lahan pertanian di daerah Jungkat berdasarkan metode daya hantar listrik (DHL). *Jurnal Prisma Fisika*, 4(2), 69–72.
- Nangaro, R. A., Tamod, Z. E., & Titah, T. Analisis kandungan bahan organik tanah di kebun tradisional Desa Sereh Kabupaten Kepulauan Talaud.
- Patti, P. S., Kaya, E., & Silahooy, Ch. (2013). Analisis status nitrogen tanah dalam kaitannya dengan serapan N oleh tanaman padi sawah di Desa Waimital, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram Bagian Barat. *Jurnal Agrologia*, 2(1), 51–58.

- Priyonggo, B., Azadi, A., Hafidz, M., Wirawan, A., Ummah, N., Rahayu, D., & Mufidah, Z. (2023). Kalibrasi silang pengukur EC tanah (RS-485) dengan WET-2 sensor di Rumpin, Bogor. *Sultra Journal of Mechanical Engineering*, 2(2), 100-106.
- Rhoades, J. D., & van Schilfgaarde, J. (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>
- 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>
- Rina. (2015). *Manfaat Unsur N, P, dan K Bagi Tanaman*.
- Robert, M. (2001). Soil carbon sequestration for improved land management. In *World Soil Resources Reports*.
- Roihan, A., Sunarya, P. A., & Rafika, A. S. (2020). Pemanfaatan Machine Learning dalam Berbagai Bidang: Review paper. *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)*, 5(1). <https://doi.org/10.31294/ijcit.v5i1.7951>
- Sabaruddin, Fitri, S. N. A., & Lestari, L. (2009). Hubungan antara kandungan bahan organik tanah dengan periode pasca tebang tanaman HTI Acacia Mangium Willd. *Jurnal Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya*, 14(2), 105-110.
- Santoso, S. (2017). *Menguasai statistik multivariat dengan SPSS*. Elex Media Komputindo.
- Sapalina, F., Noviandi Ginting, E., & Hidayat, F. (2022). Bakteri Penambat Nitrogen Sebagai Agen Biofertilizer. *WARTA Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 27(1), 41–50. <https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v27i1.80>
- Sari, M. A. W., Ivansyah, O., & Nurhasanah. (2019). Hubungan konduktivitas listrik tanah dengan unsur hara NPK dan pH pada lahan pertanian gambut. *Jurnal Prisma Fisika*, 7(2), 55-62.
- Sari, S. M., Kumolontang, W. J. N., & Warouw, V. R. Ch. (2021). Analisis kadar hara nitrogen total pada tanah sawah di Tapadaka Kecamatan Dumoga Tenggara Kabupaten Bolaang Mongondow, 29-32.
- Setyaningrum, D., Kasanah, U., & Anisa, Z. (2024). Analisis Ph dan kadar nitrogen total menggunakan metode Kjeldah pada pupuk organik padat. *CHEMVIRO: Jurnal Kimia dan Ilmu Lingkungan*, 2(2), 123-128.
- Shi, R., Zhang, X., Waterhouse, G. I. N., Z., & Zhang, T. (2020). The Journey toward Low Temperature , Low Pressure Catalytic Nitrogen Fixation. *Advanced Energy Materials*, 2000659, 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/aenm.202000659>
- Solekhah, B. A., Priyadarshini, R., & Maroeto. (2024). Kajian pola distribusi tekstur terhadap bahan organik pada berbagai penggunaan lahan. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 7(1), 256-265.
- Soumare, A., Diedhiou, A. G., Thuita, M., & Hafidi, M. (2020). Exploiting Biological Nitrogen Fixation : A Route. *Plants*, 1–22.
- Suryani, I. (2021). Perubahan konduktivitas hidraulik dan daya hantar listrik tanah akibat pemberian urea dan bahan organik pada tanah Ultisol. *Jurnal Galung Tropika*, 10(3), 283-291.
- Suud, H. M., Kusbiantoro, D. E., Rosyady, M. G., & Farisi, O. A. (2022). Jurnal review: Efektivitas pengukuran konduktivitas listrik tanah untuk menduga kondisi kesuburan tanah pada lahan pertanian. *Jurnal Ilmiah Hijau Cendekia*, 7(2), 71-77.
- Tangkatesik, A., Wikarniti, N. M., Soniari, N. N., & Narka, I. W. (2012). Kadar Bahan Organik Tanah pada Tanah Sawah dan Tegalan di Bali serta Hubungannya dengan Tekstur Tanah. *Agrotrop*, 2(2), 101–107. http://repository.unud.ac.id/upload/repository/ID1_19611122198601100130091311906agustina.pdf
- Widiasmadi, N. (2020). Analisa EC dan keasaman tanah menggunakan Smart Biosoil dam 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>
- Zulfadli, Muyassir, & Fikrinda. (2012). Sifat Tanah Terkompaksi Akibat Pemberian Cacing Tanah Dan Bahan Organik. *Jurnal. Dinas Kehutanan Dan Perkebunan*.