

Klasifikasi Kesuburan Tanah Menggunakan Parameter Resistivitas, Kadar Air dan pH Tanah Studi Kasus: Tanaman Jagung

Mhd. Kahfi*, Ahmad Fauzi Pohan

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang-25163

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan:

Direvisi:

Diterima:

Kata kunci:

Jagung

Kadar Air Tanah

Kesuburan

pH Tanah

Resistivitas

Keywords:

Corn

Moisture Content

Fertility

Soil pH

Resistivity

Penulis Korespondensi:

Mhd. Kahfi

Email:

muhammadkahfi396@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian untuk mengklasifikasikan kesuburan tanah menggunakan parameter resistivitas, kadar air, dan pH tanah pada tanaman jagung di Nagari Aia Gadang telah dilakukan menggunakan metode geolistrik konfigurasi dipole-dipole. Pengambilan data dilakukan pada 3 lintasan yang masing-masingnya memiliki panjang lintasan 24 meter, jarak elektroda 1,2 meter untuk elektroda arus dan elektroda potensial dan jumlah titik data yaitu 66. Data tambahan yaitu kadar air tanah dan pH tanah untuk masing-masing lintasan. Pengolahan data resistivitas dilakukan menggunakan software RES2DINV, yang selanjutnya akan dibandingkan dengan nilai kadar air dan pH tanah untuk setiap fase perkembangan jagung. Hasil pengolahan data tanah yang subur untuk ditanami jagung pada fase perkecambahan didapatkan nilai resistivitas 4,49-9,23 Ωm dan nilai resistivitas tidak subur yaitu 11,2-31,5 Ωm . Pada fase vegetatif, tanah yang subur memiliki nilai resistivitas 4,49-9,23 Ωm dan nilai resistivitas tidak subur yaitu 11,2-31,5 Ωm . Sedangkan pada fase reproduktif, tanah yang subur memiliki nilai resistivitas 9,24-166 Ωm dan nilai resistivitas tidak subur yaitu 179,1-328 Ωm .

Research to classify soil fertility using the parameters of resistivity, moisture content, and soil pH on corn plants in Nagari Aia Gadang has been carried out using the geoelectric method of dipole-dipole configuration. Data collection was carried out on 3 tracks, each of which has a track length of 24 meters, an electrode distance of 1,2 meters for current and potential electrodes and the number of data points is 66. Additional data are soil water content and soil pH for each track. Resistivity data processing is carried out using the RES2DINV software, which will then be compared with the water content and soil pH values for each phase of corn development. The result of data processing of fertile soil for planting corn in the germination phase obtained a resistivity value of 4,49-9,23 Ωm and an infertile resistivity value of 11,2-31,5 Ωm . in the vegetative phase, fertile soil has a resistivity value of 4,49-9,23 Ωm and an infertile resistivity value of 11,2-31,5 Ωm . While in the reproductive phase, fertile soil has a resistivity value of 9,24-166 Ωm and an infertile resistivity value of 179,1-328 Ωm .

Copyright © 2023 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Lahan pertanian adalah salah satu bentuk kekayaan alam yang diharapkan dapat memajukan perekonomian, sehingga lahan pertanian bisa dijadikan modal awal pada sektor pertanian, selain memiliki benih yang unggul. Kebanyakan petani hanya berfokus pada ukuran lahan tanpa memperkirakan kondisi lahan yang digunakan secara berulang, sehingga menyebabkan tanah menjadi kurang subur. Pengelolaan lahan pertanian cenderung tidak memperhatikan kondisi lahan sehingga akan berdampak negatif terhadap pertumbuhan dan hasil produksi tanaman. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan melihat kesuburan tanah.

Kesuburan tanah merupakan kondisi tanah yang menyediakan unsur-unsur hara dalam kebutuhan tanaman. Kesuburan tanah memiliki parameter secara kimia yaitu pH yang netral dan kandungan unsur hara yang cukup, dan secara fisik memiliki tekstur lempung, konsistensi gembur, porositas baik, dan kadar air yang cukup. Di antara parameter tersebut kadar air tanah dan pH tanah adalah parameter yang dominan yang berguna untuk pertumbuhan tanaman (Prabowo and Subantoro, 2017). Namun kadar air tanah dan pH tanah dalam jumlah yang kurang dapat menyebabkan tanaman menjadi kerdil dan jika berlebih akan menyebabkan permukaan tanah menjadi lembab, keadaan lembab tersebut akan memunculkan mikroorganisme jamur yang mengakibatkan pembusukan pada akar tanaman (Handayanto and Hairiyah, 2017). Metode geofisika yang pernah diterapkan dalam menentukan tingkat kesuburan tanah adalah dengan membandingkan parameter kadar air tanah dengan metode geolistrik resistivitas (Ganiyu *et al.*, 2020) dan parameter pH tanah dengan metode geolistrik resistivitas (Bravo and Benavides, 2020).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Ganiyu *et al.*, (2020) dalam investigasi kadar air tanah pada lahan pertanian jagung di Abeokuta Nigeria menggunakan metode resistivitas konfigurasi Wanner dan analisis tanah. Hasil pengolahan data didapatkan nilai resistivitas tanah pada kisaran 78-1094 Ω m dan kadar air tanah berkisar 45-74 % pada kedalaman 0,5-1,9 m, dan jenis tanah adalah lempung berpasir. Sehingga diperoleh nilai resistivitas yang semakin besar seiring berkurangnya kadar air tanah. Tanah pada daerah tersebut dikatakan subur karena memiliki jenis tanah yang sesuai dengan nilai resistivitas yang diperoleh (Wirosoedarmo *et al.*, 2012).

Bravo and Benavides (2020) juga melakukan penelitian menggunakan metode resistivitas konfigurasi Wanner dan parameter pH tanah pada perkebunan coklat di San Vicente, Kolombia. Hasil penelitian menunjukkan nilai resistivitas pada kisaran 617-1815 Ω m dan pH tanah berkisar antara 4,4-6,8 dan didominasi dengan pH tanah yang netral. Sehingga diperoleh nilai resistivitas yang semakin besar seiring berkurangnya pH tanah. Tanah pada daerah tersebut dikatakan subur karena memiliki nilai pH yang netral berdasarkan nilai resistivitas yang diperoleh (Kuswara and Mutiara, 2019).

Pasaman Barat merupakan salah satu Kabupaten di Sumatera Barat yang memiliki hasil pertanian jagung yang sangat memuaskan. Secara geografis Pasaman Barat memiliki luas daerah 3.864,02 km² (Harison, 2016). Berdasarkan data statistik Dinas Tanaman Pangan (2022) bahwa Kabupaten Pasaman Barat menduduki posisi pertama dengan hasil panen jagung pada tahun 2019 yaitu 311.723,42 ton dan pada tahun 2021 sebanyak 283.113,79 ton. Nagari Aia Gadang merupakan salah satu nagari yang terdapat di Kabupaten Pasaman Barat dengan luas 175,62 km². Nagari Aia Gadang memiliki lahan pertanian jagung yang luas, yang menyumbang hasil panen jagung di Pasaman Barat. Namun beberapa tahun terakhir adanya penurunan hasil panen jagung. Salah satu faktor yang menyebabkan menurunnya hasil panen karena faktor kesuburan tanah, sehingga diperlukan tindak lanjut untuk mengatasi permasalahan tersebut. Penelitian tentang kesuburan tanah menggunakan metode geofisika belum pernah dilakukan di Pasaman Barat, sehingga perlu dilakukan penelitian tentang kesuburan tanah untuk mengetahui permasalahan yang ada pada tanah di Nagari Aia Gadang, Pasaman Barat.

II. METODE

2.1 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan menggunakan satu set alat geolistrik Resistivity meter pada tanggal 5 Februari 2022. Lokasi pengambilan data berada di kebun jagung Kabupaten Pasaman Barat pada 3 lintasan dengan panjang lintasan 24 meter yang dapat dilihat pada Gambar 1. Jarak elektroda yaitu 1,2 meter untuk elektroda arus dan elektroda potensial dengan jumlah data yaitu 66 per lintasan.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

Tahap pengambilan data resistivitas dimulai dengan perancang tabel akuisisi data dan *stacking chart*. Selanjutnya menentukan garis survei di lapangan berdasarkan lokasi lintasan pada peta. Lalu tancapkan elektroda (A, B, M dan N) untuk titik data pertama. Setelah itu injeksikan arus dan catat besarnya (I) dan (V) tersebut ke dalam tabel akuisisi data. Kemudian pindahkan elektroda M dan N untuk titik data kedua. Kemudian dipindahkan lagi elektroda M dan N untuk titik data selanjutnya sampai titik data terakhir dan dicatat potensial (V) dan besarnya arus (I) ke dalam tabel akuisisi data.

Selanjutnya pengambilan data kadar air tanah dan pH tanah pada lintasan penelitian. Untuk data kadar air tanah, terlebih dahulu timbang cawan, kemudian lakukan penimbangan pada sampel untuk di dapatkan berat tanah basah dan cawan lalu catat hasilnya. Setelah itu lakukan pengeringan pada tanah dengan menggunakan oven laboratorium sampai tanah mengering. Kemudian timbang kembali tanah yang sudah dikeringkan untuk di dapatkan berat tanah kering dan cawan lalu catat hasilnya. Selanjutnya untuk data pH tanah yaitu dengan memasukan ujung alat pH meter ke dalam sampel tanah. Kemudian alat pH meter akan menampilkan nilai pH tanah dan catat nilai pH yang ditampilkan.

2.2 Pengolahan Data

Tahap pengolahan data geolistrik yang pertama adalah menghitung nilai faktor geometri (K) dan resistivitas semu (ρ) dari nilai posisi elektroda, arus (I), dan tegangan (ΔV) untuk setiap titik data dengan menggunakan Persamaan 1 dan 2. Selanjutnya menyusun dan menyimpan data, untuk dapat diproses dengan program RES2DINV dalam file bertipe *.dat*. Kemudian lakukan inversi dengan program RES2DINV, sehingga diperoleh penampang lintang 2 dimensi berdasarkan nilai resistivitas.

$$K = \pi a n(n+1)(n+2) \quad (1)$$

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2)$$

Selanjutnya untuk tahap pengolahan data kadar air tanah adalah menghitung nilai kadar air tanah (W) dari nilai berat cawan dan tanah basah (W_1), berat cawan dan tanah kering (W_2), dan berat cawan (W_3) untuk setiap sampel dengan menggunakan Persamaan 3.

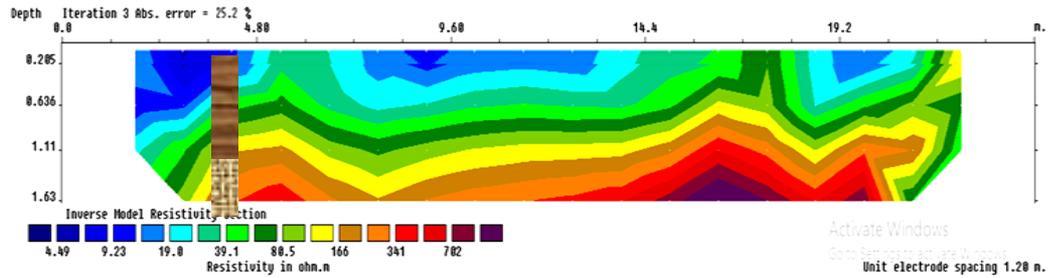
$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100 \% \quad (3)$$

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Penampang Resistivitas

3.1.1 Lintasan 1

Gambar 3.1 menunjukkan penampang resistivitas hasil inversi data geolistrik pada Lintasan 1, sehingga didapatkan nilai resistivitas berkisar 4,49-702 Ωm dengan variasi warna yang berbeda pada setiap lapisan tanah. Lalu didapatkan kedalaman pada rentang 0,2 m sampai 1,6 m.



Gambar 2 Penampang Resistivitas Lintasan 1

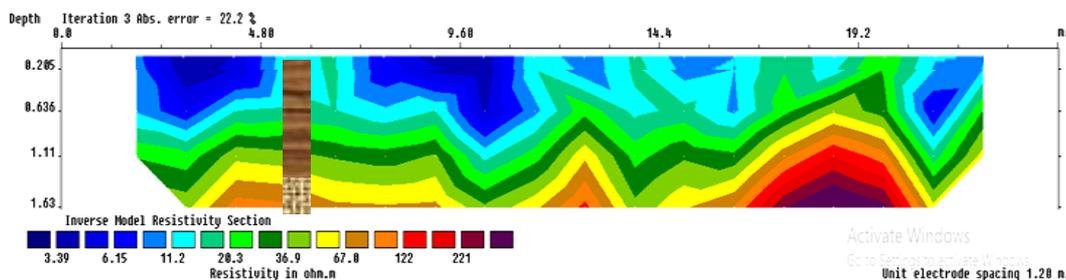
Berdasarkan penampang resistivitas Lintasan 1 bahwasanya terdapat dua lapisan tanah yang ditunjukkan pada Gambar 2. Lapisan 1 berada pada kedalaman 0,2 sampai 1 m dan didapatkan nilai resistivitas pada rentang 4,49–80,5 Ωm bahwasannya Lapisan 1 merupakan jenis batuan lempung. Lapisan 2 berada pada kedalaman 1,2 sampai 1,6 m dan didapatkan nilai resistivitas pada rentang 80,6–702 Ωm bahwasannya Lapisan 2 merupakan jenis batuan lempung berpasir (Telford *et al.*, 1990).

Tabel 1 Hasil Interpretasi Lintasan 1

| No | Skala Warna | Nilai Resitivitas (Ωm) | Jenis Batuan/material |
|----|-------------|----------------------------------------|-----------------------|
| 1 | | 4,49-80,5 | Lempung |
| 2 | | 80,6-702 | Lempung Berpasir |

3.1.2 Lintasan 2

Lintasan 2 menunjukkan nilai resistivitas pada rentang 3,39–221 Ωm dan mempunyai variasi warna berbeda pada setiap lapisan tanah, lalu didapatkan kedalaman 0,2 m sampai 1,6 m di bawah permukaan tanah dari hasil inversi data geolistrik yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Penampang Resistivitas Lintasan 2

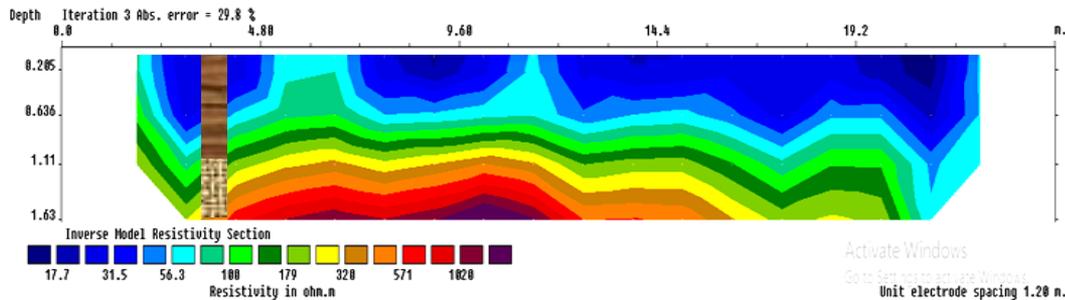
Hasil penelitian pada Lintasan 2 diperoleh penampang resistivitas yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pada gambar penampang diperoleh didapatkan 2 lapisan tanah yang digunakan untuk menentukan jenis batuan pada lintasan 2. Pada kedalaman 0,2 sampai 1,2 m terdapat pada Lapisan 1 sehingga didapatkan nilai resistivitas pada rentang 3,39–36,9 Ωm jadi Lapisan 1 adalah jenis batuan lempung. Pada kedalaman 1,4 dan 1,6 m terdapat pada Lapisan 2 dan didapatkan nilai resistivitas pada rentang 37–221 Ωm bahwasannya Lapisan 2 merupakan jenis batuan lempung berpasir (Telford *et al.*, 1990).

Tabel 2 Hasil Interpretasi Lintasan 2

| No | Skala Warna | Nilai Resitivitas (Ωm) | Jenis Batuan/material |
|----|-------------|----------------------------------------|-----------------------|
| 1 | | 3,39-36,9 | Lempung |
| 2 | | 37-221 | Lempung Berpasir |

3.1.3 Lintasan 3

Hasil data inversi geolistrik berupa penampang pada Lintasan 3 dapat dilihat pada Gambar 4. Pada penampang tersebut didapatkan kedalaman tanah 0,2 m sampai 1,6 m dengan nilai resistivitas yang diperoleh pada rentang 17,7-1020 Ωm .



Gambar 4 Penampang Resistivitas Lintasan 3

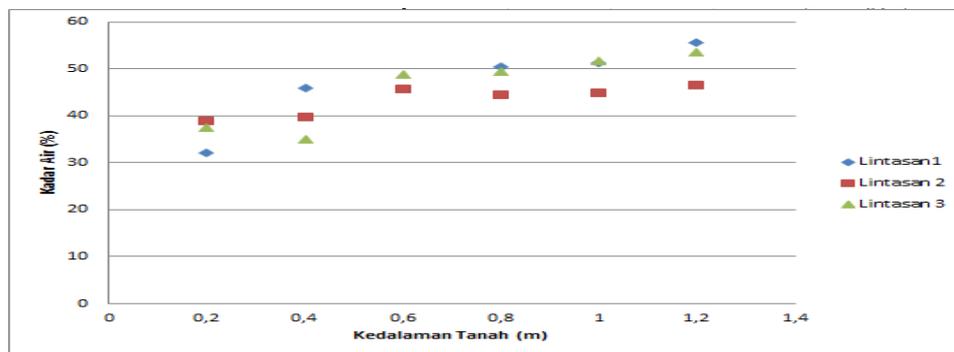
Berdasarkan penampang resistivitas yang telah diperoleh pada Gambar 4 maka dapat diinterpretasi litologi lapisan Lintasan 1 bahwasanya terdapat dua lapisan tanah. Lapisan 1 berada pada kedalaman 0,2 sampai 1 m dan didapatkan nilai resistivitas pada rentang 17,7-179 Ωm bahwasannya lapisan 1 merupakan jenis batuan lempung. Lapisan 2 berada pada kedalaman 1,2 sampai 1,6 m dan didapatkan nilai resistivitas pada rentang 179,1-1020 Ωm bahwasannya lapisan 2 merupakan jenis batuan lempung berpasir (Telford *et al.*, 1990).

Tabel 3 Hasil Interpretasi Lintasan 2

| No | Skala Warna | Nilai Resitivitas (Ωm) | Jenis Batuan/material |
|----|-------------|----------------------------------------|-----------------------|
| 1 | | 17,7-179 | Lempung |
| 2 | | 179,1-1020 | Lempung Berpasir |

3.2 Kadar Air Tanah

Hasil pengolahan data berupa berat basah dan kering tanah memberikan informasi kadar air pada setiap kedalaman untuk mengetahui berapa persen air tanah yang terkandung pada setiap lintasan penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



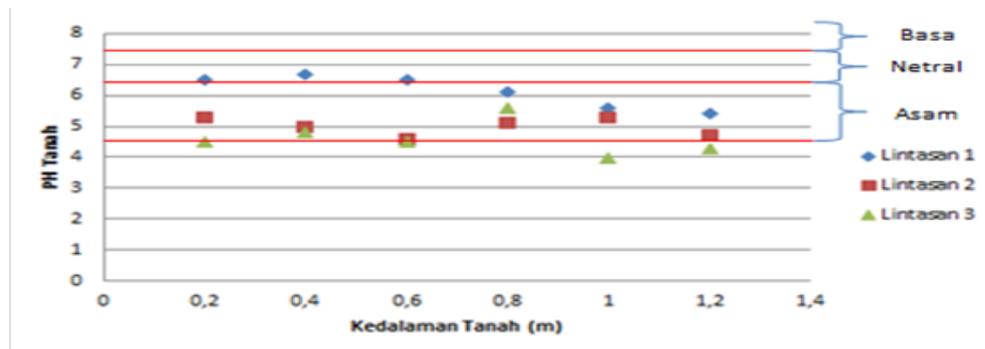
Gambar 5 Grafik Kadar Air Tanah Pada Setiap Lintasan

Berdasarkan grafik kadar air tanah maka diperoleh nilai kadar air tanah yang berbeda pada setiap kedalaman tanah. Kadar air yang bagus untuk proses pertumbuhan tanaman jagung untuk kedalaman tanah 0,2 m adalah 30-40%, kedalaman tanah 0,4 m adalah 40-50% dan kedalaman tanah 0,6-1,2 m adalah 30-40% (Jumaidi *et al.*, 2021). Terlihat pada setiap lintasan bahwasannya kadar air tanah terus mengalami peningkatan seiring bertambahnya kedalaman tanah yang mana menunjukkan kadar air sangat bagus untuk proses pertumbuhan tanaman jagung. Adapun terlihat pada kedalaman

0,6-1,2 m bahwasannya kadar air terlalu besar hal tersebut dapat mempengaruhi proses pertumbuhan tanaman jagung.

3.3 pH Tanah

Hasil pengolahan data berupa nilai pH tanah yang memberikan informasi kadar asam-basa pada setiap kedalaman tanah yang diperoleh dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi tinggi rendahnya unsur hara yang diserap oleh tanaman pada setiap lintasan penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Grafik pH Tanah Pada Setiap Lintasan

Berdasarkan grafik pH tanah maka diperoleh nilai pH tanah yang berbeda pada setiap kedalaman tanah. Pada proses pertumbuhan tanaman jagung pH tanah yang bagus yaitu berkisar 5,5-7. Pada Lintasan 1 diperoleh grafik pH tanah cenderung turun terhadap setiap kedalaman tanah dan menunjukkan pH tanah adalah agak asam. Pada Lintasan 2 diperoleh grafik pH tanah cenderung acak terhadap setiap kedalaman tanah dan menunjukkan pH tanah asam. Pada Lintasan 3 diperoleh grafik pH tanah cenderung turun terhadap setiap kedalaman tanah dan menunjukkan pH tanah adalah asam.

3.4 Hubungan Nilai Resistivitas, kadar Air, dan pH Tanah Terhadap Kesuburan Tanah

Nilai resistivitas merupakan kemampuan untuk dilewati aliran listrik. Faktor yang mempengaruhi besarnya nilai resistivitas adalah kandungan air dan sifat kimiawi yaitu nilai pH, semakin besar kadar air yang terkandung dalam tanah maka nilai resistivitas akan semakin menurun dan begitu juga dengan nilai pH (Saidah and Suryo, 2015). Adanya pengaruh faktor resistivitas tersebut menyebabkan nilai resistivitas tanah berbeda untuk setiap lintasan penelitian. Hasil pengolahan data nilai resistivitas, kadar air tanah, dan pH tanah yang telah didapatkan memberikan informasi kesuburan tanah pada setiap kedalaman tanah pada lintasan penelitian, sehingga data dapat digunakan untuk melihat setiap fase perkembangan jagung yang bagus pada lintasan penelitian.

Pada kedalaman tanah 0,2 m, klasifikasi tanah yang subur berada direntang nilai resistivitas 4,49–9,23 Ω m dan yang tidak subur berada direntang 11,2-31,5 Ω m berdasarkan nilai kadar air dan pH tanah yang diperoleh, jika nilai resistivitas tersebut berlebih maka tanah memiliki kadar air yang kurang dan pH tanah sangat asam. Menurut Ekopranoto (2019) bahwasannya kadar air yang kurang dan pH tanah sangat asam pada kedalaman 0,2 m dapat menyebabkan proses kecambah menjadi lambat bahkan kematian pada tanaman jagung.

Pada kedalaman tanah 0,4 m bahwasannya klasifikasi tanah yang subur untuk tanaman jagung berada direntang nilai resistivitas 4,49–9,23 Ω m dan yang tidak subur berada direntang 11,2-31,5 Ω m berdasarkan nilai kadar air dan pH tanah yang diperoleh. Nilai resistivitas tersebut jika berlebih maka tanah memiliki kadar air yang kurang dan pH tanah sangat asam. Menurut Ekopranoto (2019) bahwasannya kadar air yang kurang dan pH tanah sangat asam pada kedalaman 0,4 m dapat menyebabkan kekerdilan bahkan kematian pada tanaman jagung

Lalu pada kedalaman tanah 0,6-1,2 m, klasifikasi nilai resistivitas untuk tanah yang subur berada direntang 9,24–166 Ω m dan yang tidak subur yaitu 179,1-328 Ω m, jika nilai resistivitas tersebut berlebih maka tanah memiliki kadar air yang kurang dan pH tanah sangat asam. Menurut Ekopranoto (2019) bahwasannya kadar air yang kurang dan pH tanah sangat asam pada kedalaman 0,6-1,2 m dapat menyebabkan buah tanaman jagung menjadi kecil dan ringan.

Tabel 4 Nilai resistivitas kesuburan tanah

| No | Kedalaman Tanah (m) | Resistivitas Penelitian (Ω m) |
|----|---------------------|---------------------------------------|
| 1 | 0,2 | 4,49-9,23 |
| 2 | 0,4 | 4,49-9,23 |
| 3 | 0,6-1,2 | 9,24-179 |

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode resistivitas konfigurasi dipole-dipole di kebun jagung Nagari Aia Gadang, maka dapat disimpulkan pada Lintasan 1 memiliki kesuburan tanah yang sangat bagus karena memiliki jenis tanah lempung, kadar air 32,13-45,97 % pada kedalaman tanah 0,2 m dan 0,4 m, lalu memiliki pH tanah netral yaitu 5,3-6,5 sehingga bagus untuk pertumbuhan tanaman jagung. Sedangkan pada Lintasan 2 dan 3 memiliki kesuburan tanah yang kurang bagus karena memiliki kadar air yang kurang yaitu 35,12-39,67 pada kedalaman tanah 0,4 m dan pH tanah yang asam yaitu 4,5-5,3 pada kedalaman tanah 0,2 m sampai 1,2 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Bravo, D. and Benavides-Erazo, J. (2020), "The use of a two-dimensional electrical resistivity tomography (2D-ERT) as a technique for cadmium determination in Cacao crop soils", *Applied Sciences (Switzerland)*, Vol. 10 No. 12, doi: 10.3390/APP10124149.
- Ekopranoto, A.H.M. (2019), Pengaruh Genangan Air Terhadap Produksi Jagung Di Kelompok "Tani Makmur" Desa Kaliwungu Kecamatan Kaliwungu Kabupaten Kudus, Prosiding Konser Karya Ilmiah Nasional 2019, Fakultas Pertanian dan Bisnis Universitas Kristen Satya Wacana, Kudus.
- Ganiyu, S.A., Olurin, O.T., Oladunjoye, M.A. and Badmus, B.S. (2020), "Investigation of soil moisture content over a cultivated farmland in Abeokuta Nigeria using electrical resistivity methods and soil analysis", *Journal of King Saud University - Science*, The Authors, Vol. 32 No. 1, pp. 811–821, doi: 10.1016/j.jksus.2019.02.016.
- Handayanto, E and Hairiyah, K. (2017), *Biologi Tanah*, Yogyakarta.
- Harison, A.S. (2016), "Sistem Informasi Geografis Sarana Pada Kabupaten Pasaman Barat", *Jurnal Teknoif*, Vol. 4 No. 2, pp. 40–50.
- Jumaidi, O., D. (2021), *Teknologi Budidaya Tanaman Jagung (Zea Mays) Dan Sorgum (Sorghum Bicolor (L.) Moench)*, Jurusan Biologi FMIPA, Universitas Negeri Makasar, Makasar.
- Kuswara, S. and Mutiara, C. (2019), "Evaluasi Kesuburan Tanah Di Dusun Kekawii Iii Desa Randotonda Kecamatan Ende Kabupaten Ende", *Agrica*, Vol. 11 No. 2, pp. 145–152, doi: 10.37478/agr.v11i2.46.
- Prabowo, R. and Subantoro, R. (2017), "Analisis Tanah Sebagai Indikator Tingkat Kesuburan Lahan Budidaya Pertanian Di Kota Semarang", *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*, No. 2008, pp. 59–64.
- Saidah, H.D. and Suryo, E.A. (2015), "Pengaruh Kadar Air Tanah Lempung Terhadap Nilai Resistivitas / Tahanan Jenis pada Model Fisik dengan Metode ERT (Electrical Resistivity Tomography)", No. 167, pp. 1–8.
- Statistik, B.P. (2022), "Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Jagung 2019-2021".
- Telford, W., Geldart, L. and Sheriff, R. (1990), *Applied Geophysics*, Cambridge University, USA.
- Wirosoedarmo, R., Sutanahaji, A.T. and Kurniati, E. (2012), "Evaluasi Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Jagung Menggunakan Metode Analisis Spasial Land Suitability Assessment Of Corn (Zea mays L.) Using Spasial Analysis Method", *AgriTECH*, Vol. 31 No. 1, pp. 71–78, doi: 10.22146/agritech.9728.