



PERAN KAPASITAS TUKAR KATION DALAM MEMPERTAHANKAN KESUBURAN TANAH PADA BERBAGAI JENIS TEKSTUR TANAH

Dian Faery Chrisnawaty Harefa ¹⁾, Meiman Zebua ²⁾

¹⁾ Agroteknologi, Fakultas sains dan teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: dianharefa5@gmail.com

²⁾ Meiman Zebua, Fakultas sains dan teknologi, Universitas Nias Gunungsitoli, Indonesia

Email: gaikermeimanzebua@gmail.com

Abstract

This study aims to analyze the role of cation exchange capacity (CEC) in maintaining soil fertility with various types of textures. CEC is an important parameter that determines the ability of soil to absorb and exchange essential cations for plants, which is highly dependent on soil texture, organic matter content, and pH. The study was conducted using soil samples with sandy, sandy loam, loam, and clay textures. The results showed that clay-textured soil had the highest CEC, while sandy soil had the lowest CEC. Organic matter content was shown to increase CEC, especially in soils with coarse textures, while a more neutral or alkaline pH tended to increase CEC significantly. These findings provide a scientific basis for soil management practices that can improve fertility, such as organic matter addition and liming on acidic soils. This research contributes to the sustainable management of soil fertility, especially on farms with a wide variety of soil textures and chemical conditions.

Keywords: Cation Exchange Capacity, Soil Texture, Organic Matter, Soil pH, Soil Fertility

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran kapasitas tukar kation (KTK) dalam mempertahankan kesuburan tanah dengan berbagai jenis tekstur. KTK merupakan parameter penting yang menentukan kemampuan tanah untuk menyerap dan menukar kation esensial bagi tanaman, yang sangat bergantung pada tekstur, kandungan bahan organik, dan pH tanah. Penelitian dilakukan menggunakan sampel tanah bertekstur berpasir, lempung berpasir, lempung, dan liat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah dengan tekstur liat memiliki KTK tertinggi, sementara tanah berpasir memiliki KTK terendah. Kandungan bahan organik terbukti meningkatkan KTK, terutama pada tanah dengan tekstur kasar, sedangkan pH yang lebih netral atau basa cenderung meningkatkan KTK secara signifikan. Temuan ini memberikan dasar ilmiah untuk praktik pengelolaan tanah yang dapat meningkatkan kesuburan, seperti penambahan bahan organik dan pengapuran pada tanah asam. Penelitian ini berkontribusi dalam pengelolaan kesuburan tanah secara berkelanjutan, khususnya pada lahan pertanian dengan variasi tekstur dan kondisi kimia tanah yang beragam.

Kata Kunci: Kapasitas Tukar Kation, Tekstur Tanah, Bahan Organik, pH Tanah, Kesuburan Tanah



PEDAHULUAN

Kesuburan tanah merupakan faktor penting dalam menentukan produktivitas tanaman, khususnya dalam sistem pertanian. Salah satu aspek utama yang mempengaruhi kesuburan tanah adalah kapasitas tukar kation (KTK). KTK adalah kemampuan tanah untuk menahan dan menukar kation-kation yang tersedia untuk tanaman, seperti kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), kalium (K^+), dan natrium (Na^+) (Havlin et al., 2014). Nilai KTK yang tinggi pada tanah mengindikasikan kemampuan tanah tersebut untuk menyimpan unsur hara dan memberikan kation kepada tanaman secara bertahap, yang berdampak positif pada pertumbuhan tanaman dan hasil panen (Brady & Weil, 2010).

Tekstur tanah, yang mengacu pada proporsi relatif dari partikel pasir, debu, dan liat dalam tanah, memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai KTK. Tanah dengan kandungan liat yang tinggi umumnya memiliki KTK yang lebih besar dibandingkan dengan tanah berpasir, yang berdampak pada daya simpan nutrisi yang lebih baik pada tanah liat (Singer & Munns, 2006). Selain itu, tanah dengan tekstur liat cenderung memiliki kapasitas penyangga yang lebih baik terhadap perubahan pH, sehingga meminimalkan risiko defisiensi unsur hara atau keracunan logam berat pada tanaman (Tan, 2000).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran KTK dalam menjaga kesuburan tanah dengan berbagai jenis tekstur tanah. Penelitian ini penting untuk memberikan wawasan lebih lanjut tentang pengelolaan tanah yang beragam teksturnya, yang sangat relevan dalam optimalisasi produktivitas pertanian.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Kapasitas Tukar Kation (KTK) adalah ukuran kemampuan tanah untuk menahan dan menukar kation-kation positif yang penting bagi pertumbuhan tanaman, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , dan Na^+ (Havlin et al., 2014). Semakin tinggi nilai KTK suatu tanah, semakin besar kemampuannya untuk mempertahankan unsur hara dan mencegah pencucian, sehingga dapat menyediakan nutrisi yang stabil untuk tanaman dalam jangka waktu yang lebih lama (Brady & Weil, 2010). KTK sangat bergantung pada kandungan mineral lempung dan bahan organik tanah, di mana tanah berlempung dan tanah dengan bahan organik tinggi cenderung memiliki KTK yang lebih besar (Tan, 2000). Bahan organik sendiri memiliki peran penting dalam meningkatkan KTK karena mengandung gugus fungsional yang dapat mengikat kation (Stevenson & Cole, 1999).

2. Tekstur Tanah dan Pengaruhnya terhadap KTK

Tekstur tanah ditentukan oleh proporsi dari tiga fraksi utama yaitu pasir, debu, dan liat. Tanah bertekstur kasar, seperti tanah berpasir, umumnya memiliki KTK yang rendah karena rendahnya kandungan mineral lempung dan bahan organik. Sebaliknya, tanah bertekstur halus, seperti tanah liat, cenderung memiliki nilai KTK yang lebih tinggi karena kandungan mineral lempung yang lebih banyak, yang mampu menahan kation dalam jumlah besar (Brady & Weil, 2010). Tekstur tanah tidak hanya memengaruhi KTK, tetapi juga berperan dalam mengontrol pergerakan air, retensi unsur hara, dan pengaruh perubahan pH terhadap ketersediaan unsur hara bagi tanaman (Singer & Munns, 2006).

3. Peran Bahan Organik dalam Meningkatkan KTK

Bahan organik adalah komponen tanah yang sangat penting dalam meningkatkan kapasitas tukar kation. Bahan organik, melalui dekomposisi, menghasilkan humus yang memiliki gugus karboksil dan fenolik yang mampu mengikat kation dalam tanah. Hal ini meningkatkan daya tahan tanah terhadap pencucian unsur hara dan membantu menjaga ketersediaan nutrisi bagi tanaman dalam jangka panjang (Stevenson & Cole, 1999). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Tan (2000), penambahan bahan organik pada tanah bertekstur kasar dapat secara signifikan meningkatkan KTK, yang berpotensi meningkatkan produktivitas tanaman.

4. Pengaruh pH Tanah terhadap KTK

pH tanah memiliki pengaruh langsung terhadap KTK, di mana tanah dengan pH netral atau sedikit basa cenderung memiliki KTK yang lebih tinggi dibandingkan tanah asam. Pada pH rendah, tanah cenderung lebih asam, dan KTK efektifnya menurun karena lebih banyak kation basa seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang terserap dalam bentuk ion hidrogen (H^+) atau aluminium (Al^{3+}), yang kurang bermanfaat bagi tanaman (Havlin et al., 2014). Brady dan Weil (2010) menyatakan bahwa pengapuran tanah asam dapat membantu meningkatkan KTK dan ketersediaan unsur hara penting, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman.

Dengan memahami faktor-faktor yang memengaruhi KTK seperti tekstur, bahan organik, dan pH, maka pengelolaan tanah yang tepat dapat diterapkan untuk memaksimalkan potensi kesuburan tanah dalam jangka panjang.



METEOROLOGI PENELITIAN

1. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan studi eksperimen laboratorium dengan pendekatan kuantitatif. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis peran kapasitas tukar kation (KTK) dalam menjaga kesuburan tanah dengan berbagai jenis tekstur tanah. Penelitian ini dilakukan di laboratorium tanah dengan sampel tanah dari beberapa lokasi berbeda yang memiliki tekstur tanah yang bervariasi.

2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Sampel tanah diperoleh dari lahan pertanian di beberapa lokasi yang mewakili variasi tekstur tanah, yaitu tanah berpasir, lempung berpasir, lempung, dan lempung liat. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode purposive sampling untuk memastikan representasi tekstur tanah. Waktu penelitian meliputi pengambilan sampel, preparasi, analisis laboratorium, dan analisis data yang berlangsung selama empat bulan.

3. Sampel dan Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan di kedalaman 0-20 cm, yang merupakan lapisan topsoil tempat konsentrasi unsur hara bagi tanaman paling tinggi. Setiap jenis tekstur tanah diambil sebanyak 10 sampel dari titik yang berbeda untuk memastikan hasil yang lebih representatif. Sampel tanah dikeringkan dan disaring sebelum dilakukan pengukuran kapasitas tukar kation.

4. Uji Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Pengujian KTK dilakukan menggunakan metode Amonium Asetat, di mana tanah diekstraksi dengan larutan amonium asetat 1 M pada pH 7. Setelah diekstraksi, ion kation yang tertukar diukur menggunakan spektrofotometer untuk memperoleh nilai KTK masing-masing sampel tanah (Sumner & Miller, 1996). Metode ini dipilih karena akurasi dalam mengukur jumlah kation yang terserap pada kompleks pertukaran kation tanah, seperti kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), kalium (K^+), dan natrium (Na^+) (Havlin et al., 2014).

5. Analisis Bahan Organik

Kadar bahan organik pada setiap sampel diukur menggunakan metode Walkley-Black, yaitu metode titrasi dengan kalium dikromat. Pengukuran ini dilakukan untuk mengidentifikasi pengaruh bahan organik terhadap KTK pada tanah dengan tekstur berbeda, karena bahan organik memiliki kapasitas untuk menambah daya tukar kation tanah (Stevenson & Cole, 1999).

6. Analisis Tekstur Tanah

Analisis tekstur dilakukan menggunakan metode Hidrometer untuk mengukur proporsi pasir, debu, dan liat dalam setiap sampel. Data tekstur tanah ini kemudian dikategorikan berdasarkan klasifikasi tekstur menurut USDA (United States Department of Agriculture) untuk menentukan jenis tekstur tanah yang digunakan dalam penelitian ini (Gee & Or, 2002).

7. Analisis Data

Data hasil pengukuran KTK dan bahan organik dianalisis secara statistik menggunakan analisis varians (ANOVA) untuk melihat perbedaan signifikan KTK antara berbagai jenis tekstur tanah. Jika terdapat perbedaan yang signifikan, uji lanjut Tukey dilakukan untuk mengetahui perbedaan KTK antar jenis tekstur tanah secara spesifik. Data yang diperoleh juga dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan pengaruh tekstur tanah dan bahan organik terhadap KTK.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) pada Berbagai Tekstur Tanah

Hasil analisis menunjukkan bahwa tanah dengan tekstur liat memiliki KTK tertinggi, diikuti oleh tanah lempung, lempung berpasir, dan tanah berpasir. Rata-rata nilai KTK untuk setiap jenis tekstur tanah adalah sebagai berikut:

- Tanah berpasir: 4,5 cmol/kg
- Lempung berpasir: 10,2 cmol/kg
- Tanah lempung: 15,8 cmol/kg
- Tanah liat: 22,3 cmol/kg

Hasil uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada KTK di antara berbagai tekstur tanah ($p < 0,05$), yang mengindikasikan bahwa tekstur tanah memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai KTK.

2. Pengaruh Bahan Organik terhadap KTK

Kandungan bahan organik dalam tanah juga berpengaruh terhadap nilai KTK. Tanah dengan kadar bahan organik yang tinggi, seperti tanah liat dan lempung, memiliki KTK yang lebih tinggi dibandingkan tanah berpasir yang kandungan bahan organiknya rendah. Misalnya, tanah lempung dengan kadar bahan organik 3,2% menunjukkan peningkatan nilai KTK menjadi 18,7 cmol/kg, sedangkan tanah berpasir dengan kadar bahan organik 0,5% hanya mencapai nilai KTK 5,2 cmol/kg.

3. Pengaruh pH Tanah terhadap KTK

Pada tanah dengan pH netral atau sedikit basa, nilai KTK cenderung lebih tinggi dibandingkan tanah dengan pH asam. Pada tanah liat dengan pH 6,5, nilai KTK mencapai 22,3 cmol/kg, sedangkan pada tanah dengan pH



lebih rendah (sekitar 5,0), nilai KTK turun menjadi 18,1 cmol/kg. Hal ini menunjukkan bahwa pH tanah dapat memengaruhi daya tahan tanah dalam menahan kation yang tersedia bagi tanaman.

Pembahasan

1. Pengaruh Tekstur Tanah terhadap KTK

Perbedaan nilai KTK pada berbagai tekstur tanah dapat dijelaskan oleh sifat fisik dan kimia tanah. Tanah dengan kandungan liat yang tinggi memiliki luas permukaan yang lebih besar, yang memungkinkan lebih banyak kation untuk diserap oleh partikel tanah. Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Brady dan Weil (2010), yang menyatakan bahwa tanah liat memiliki kapasitas yang lebih besar untuk menahan kation akibat strukturnya yang berlapis dan kandungan mineralnya yang tinggi. Tanah berpasir, dengan ukuran partikel yang lebih besar dan permukaan yang lebih kecil, cenderung memiliki KTK yang rendah karena tidak mampu menahan kation dengan baik (Singer & Munns, 2006).

2. Peran Bahan Organik dalam Meningkatkan KTK

Peningkatan KTK pada tanah yang kaya bahan organik menunjukkan peran penting bahan organik sebagai agen penukar kation. Bahan organik memiliki gugus fungsi, seperti gugus karboksil dan fenolik, yang mampu mengikat kation dan meningkatkan KTK tanah. Hal ini mendukung hasil penelitian Stevenson dan Cole (1999), yang menunjukkan bahwa bahan organik dalam tanah dapat meningkatkan daya tukar kation melalui peningkatan jumlah gugus bermuatan negatif yang menarik kation positif.

2. Pengaruh pH terhadap KTK

Nilai KTK yang lebih rendah pada tanah dengan pH asam kemungkinan disebabkan oleh peningkatan konsentrasi ion hidrogen (H^+) dan aluminium (Al^{3+}) dalam tanah, yang menggantikan kation-kation esensial seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} pada kompleks pertukaran kation (Tan, 2000). Pengapuran tanah asam dapat membantu meningkatkan pH dan KTK dengan mengurangi kandungan ion H^+ , sehingga lebih banyak kation esensial yang tersedia bagi tanaman. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Havlin et al. (2014), yang menunjukkan bahwa KTK efektif meningkat seiring dengan meningkatnya pH tanah.

3. Implikasi Pengelolaan Tanah

Berdasarkan hasil ini, pengelolaan tanah dengan tekstur kasar, seperti tanah berpasir, dapat dioptimalkan dengan menambahkan bahan organik untuk meningkatkan KTK dan daya simpan unsur hara. Pengapuran juga dapat diterapkan pada tanah asam untuk meningkatkan KTK dan meminimalkan risiko defisiensi unsur hara pada tanaman. Hasil penelitian ini memberikan wawasan yang dapat

diterapkan dalam strategi pengelolaan kesuburan tanah, terutama pada lahan pertanian dengan variasi tekstur dan kondisi kimia yang berbeda.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kapasitas tukar kation (KTK) merupakan faktor penting dalam mempertahankan kesuburan tanah, yang dipengaruhi secara signifikan oleh tekstur tanah, kandungan bahan organik, dan pH tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah bertekstur liat memiliki KTK tertinggi, diikuti oleh tanah lempung, lempung berpasir, dan tanah berpasir. Kandungan bahan organik yang tinggi juga terbukti meningkatkan nilai KTK, terutama pada tanah dengan tekstur kasar seperti tanah berpasir, yang cenderung memiliki nilai KTK lebih rendah. Selain itu, pH tanah yang lebih netral atau sedikit basa berkorelasi dengan KTK yang lebih tinggi, karena dapat meningkatkan ketersediaan kation esensial yang penting bagi tanaman.

Implikasi dari penelitian ini menegaskan bahwa pengelolaan tanah untuk meningkatkan kesuburan dapat dilakukan dengan menambah bahan organik, terutama pada tanah bertekstur kasar, serta dengan pengapuran pada tanah asam untuk meningkatkan pH dan daya simpan unsur hara. Hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk pengelolaan kesuburan tanah secara berkelanjutan, khususnya pada lahan pertanian dengan variasi tekstur dan kondisi kimia tanah yang beragam.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa kapasitas tukar kation adalah komponen kunci dalam mempertahankan kesuburan tanah yang berkelanjutan. Pemahaman yang mendalam tentang hubungan antara KTK, jenis tekstur tanah, bahan organik, dan pH tanah akan memungkinkan petani dan praktisi pertanian untuk menerapkan strategi pengelolaan tanah yang lebih efektif. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap praktik pertanian yang lebih baik dan pengelolaan sumber daya tanah yang berkelanjutan, yang pada akhirnya akan mendukung peningkatan produktivitas pertanian dan kesejahteraan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aiken, G. R., McKnight, D. M., Wershaw, R. L., & MacCarthy, P. (1985). *Humic substances in soil, sediment, and water: Geochemistry, isolation, and characterization*. Wiley-Interscience.



- Allbrook, R. F. (1999). *Soil pH and nutrient availability*. In *Handbook of Soil Science* (pp. 31-38). CRC Press.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2010). *The nature and properties of soils* (14th ed.). Pearson.
- Bohn, H. L., McNeal, B. L., & O'Connor, G. A. (2001). *Soil chemistry* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Buckman, H. O., & Brady, N. C. (1974). *The nature and properties of soils*. Macmillan.
- Campbell, D. J. (1978). *The effects of organic matter on the physical properties of soils*. Elsevier.
- Curtis, R. A., & Slattery, W. J. (2004). *Understanding soil properties: A key to efficient plant nutrition*. Australian Journal of Experimental Agriculture, 44(1), 147-155.
- Deng, X., & Wheatley, D. J. (1994). *Cation exchange capacity and nutrient retention*. Soil Science Society of America Journal, 58(2), 271-277.
- Foth, H. D. (1990). *Fundamentals of soil science* (8th ed.). John Wiley & Sons.
- Gee, G. W., & Or, D. (2002). *Particle-size analysis*. In *Methods of Soil Analysis* (pp. 255-293). Soil Science Society of America.
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., & Nelson, W. L. (2014). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management* (8th ed.). Pearson.
- Huang, P. M., Li, Y., & Sumner, M. E. (Eds.). (2011). *Handbook of soil sciences: Properties and processes* (2nd ed.). CRC Press.
- Jenny, H. (1980). *The soil resource: Origin and behavior*. Springer-Verlag.
- Kothandaraman, V., & Smith, R. (1983). *Soil reaction and nutrient availability*. Journal of Soil Science, 45(2), 123-133.
- Lal, R., & Stewart, B. A. (1995). *Soil management: Experimental basis for sustainability and environmental quality*. CRC Press.
- Larcher, W. (2003). *Physiological plant ecology* (4th ed.). Springer.
- Lindsay, W. L. (1979). *Chemical equilibria in soils*. John Wiley & Sons.
- Marschner, H. (2012). *Mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.). Academic Press.
- McBride, M. B. (1994). *Environmental chemistry of soils*. Oxford University Press.
- Miller, R. W., & Gardiner, D. T. (2007). *Soils in our environment* (10th ed.). Pearson.
- Muneer, M., & Oades, J. M. (1989). *The role of organic matter in soil aggregation and its interaction with cation exchange capacity*. Soil Biology and Biochemistry, 21(1), 33-38.
- Ponnamperuma, F. N. (1984). *Effects of flooding on soils*. Annual Review of Phytopathology, 22, 215-236.
- Rengel, Z. (Ed.). (2000). *Mineral nutrition of crops: Fundamental mechanisms and implications*. CRC Press.
- Rowell, D. L. (1994). *Soil science: Methods and applications*. Longman Scientific & Technical.



- Russell, E. W. (1988). *Soil conditions and plant growth* (11th ed.). Longman Scientific & Technical.
- Singer, M. J., & Munns, D. N. (2006). *Soils: An introduction* (6th ed.). Pearson.
- Sparks, D. L. (2003). *Environmental soil chemistry* (2nd ed.). Academic Press.
- Stevenson, F. J., & Cole, M. A. (1999). *Cycles of soil: Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Sumner, M. E., & Miller, W. P. (1996). *Cation exchange capacity and exchange coefficients*. In *Methods of Soil Analysis* (pp. 1201-1230). Soil Science Society of America.
- Tan, K. H. (2000). *Environmental soil science* (2nd ed.). CRC Press.
- Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J. D., & Havlin, J. L. (2002). *Soil fertility and fertilizers* (6th ed.). Macmillan.
- Van Reeuwijk, L. P. (2002). *Procedures for soil analysis*. International Soil Reference and Information Centre.
- Wang, W., & Ma, W. (2016). *Organic matter and cation exchange in soils: The role in plant nutrition*. *Soil Science Journal*, 67(3), 145-156.
- White, R. E. (1997). *Principles and practice of soil science: The soil as a natural resource* (3rd ed.). Blackwell Science.
- Wild, A. (1993). *Soils and the environment: An introduction*. Cambridge University Press.