

Jerapan Isotermal Fosfat Pada Tanah Ultisol

Muhammad Asnandi, Fadly H. Yusran*, Muhammad Syarbini

Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Universitas Lambung Mangkurat, Jalan Jenderal A. Yani KM 36 Simpang Empat, Banjarbaru 70714, Indonesia

* Email penulis korespondensi: fhyusran@ulm.ac.id

Informasi Artikel

Received 18 Mei 2023

Accepted 29 Juli 2023

Published 31 Juli 2023

Online 31 Juli 2023

Keywords:

Isothermal adsorption;

Phosphate; Ultisol

Abstract

The distribution area of mineral soil in Indonesia reaches 148 million ha. The acid mineral soil in South Kalimantan for Ultisol reaches 886.186 ha. Ultisols have low fertility and P availability. The low availability of P in the soil is caused by P being absorbed. Isothermal adsorption is very useful for measuring P adsorption in the soil due to strong P fixation by Fe and Al in Ultisol soils. Many researchers have suggested determining the amount of P required to reach an optimum level for maximum crop yield to quantitatively describe isothermal adsorption, the most popular of which are Langmuir, Freundlich, and the Brunauer-Emmett-Teller (BET) equations. The purpose of this study was to determine the isothermal adsorption limit of P and describe quantitatively the isothermal adsorption in Ultisols in Banjarbaru City using the Langmuir, Freundlich, and BET equations. From the research results, it can be concluded that P adsorption on Ultisols in Gunung Kupang Village, Cempaka District, Banjarbaru City follows the BET Equation. The high and low P adsorption indicated the availability of P. In other words, the fixation activity of acid mineral soils could result in a smaller amount of available P for plants.

1. Pendahuluan

Sebaran luasan tanah mineral kering di Indonesia mencapai 148 juta ha yang tersebar di Kalimantan, Papua, Sulawesi, Sumatera, Nusa Tenggara, dan Jawa. Sebaran tanah mineral kering masam di Indonesia mencapai 102,8 juta ha, tanah mineral masam yang terdapat di Kalimantan Selatan mencapai 39,2 juta ha. Tanah mineral masam yang terdapat di Kalimantan Selatan adalah Entisols, Inceptisols, Oxisols, Spodosols, Ultisol. Dan untuk tanah Ultisol di Kalimantan Selatan mencapai 886,186 ha (Mulyani, 2006).

Tanah-tanah masam pada lahan kering memiliki tingkat kesuburan dan ketersediaan fosfat (P) yang rendah. Rendahnya ketersediaan P dalam tanah disebabkan karena P dijerap oleh komponen-komponen tanah antara lain oksida Fe dan Al. Jerapan P adalah proses interaksi antara tanah dengan P dalam larutan tanah untuk mengurangi jumlah P. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa Fe dan Al oksida yang tinggi dapat meningkatkan jerapan P (Hartono et al., 2005).

Bila hara P yang ada di dalam tanah semakin banyak yang dijerap oleh Al dan Fe merupakan indikasi semakin tinggi tingkat jerapan P, akibatnya P tersedia di dalam tanah berkurang. Hal ini menyebabkan tingkat kesuburan tanah juga berkurang karena banyaknya P yang dijerap oleh unsur Al. Tanah dengan pH rendah memiliki kelarutan Al relatif tinggi, sehingga dapat memfiksasi P yang menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi kurang baik (Dierolf et al., 2001). Unsur P di dalam tanah tidak mudah hilang karena proses pencucian (kecuali pada tanah sangat berpasir), tapi tetap terjerap pada permukaan koloid tanah. Ultisol termasuk dalam kelompok tanah dengan pH rendah, sehingga menjadikan tanahnya kurang subur (Prasetyo, 2009).

Di sisi lain, ketersediaan P yang terbatas dapat disebabkan oleh konversi P terlarut menjadi bentuk yang tidak tersedia di dalam tanah, sebuah fenomena yang biasa disebut sebagai fiksasi P, yang menyebabkan penurunan ketersediaan P untuk serapan tanaman. Fiksasi P yang signifikan dan pengendapannya sebagai Fe-P dan Al-P yang tersebar luas di tanah asam dan sebagai Ca-P di tanah alkalin berkapur situasinya sangat umum (FAO, 2015).

Jerapan isotermal sangat berguna untuk mengetahui jerapan P di dalam tanah akibat fiksasi P oleh Fe dan Al yang terdapat pada tanah Ultisol. Banyak peneliti menyarankan untuk menentukan jumlah P yang dibutuhkan ke tingkat optimum untuk hasil tanaman maksimum untuk menggambarkan secara kuantitatif jerapan isotermal, yang paling populer adalah persamaan Langmuir, Freundlich dan Brunauer Emmet-Teller (BET) (Essington, 2015).

2. Bahan dan Metode

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanah Ultisol di Desa Gunung Kupang, Kecamatan Cempaka, Banjarbaru, Kalimantan Selatan dengan titik koordinat 3°49'81"S dan 144°52'23"E. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru pada bulan Juli sampai September 2022.

2.2. Pelaksanaan Penelitian

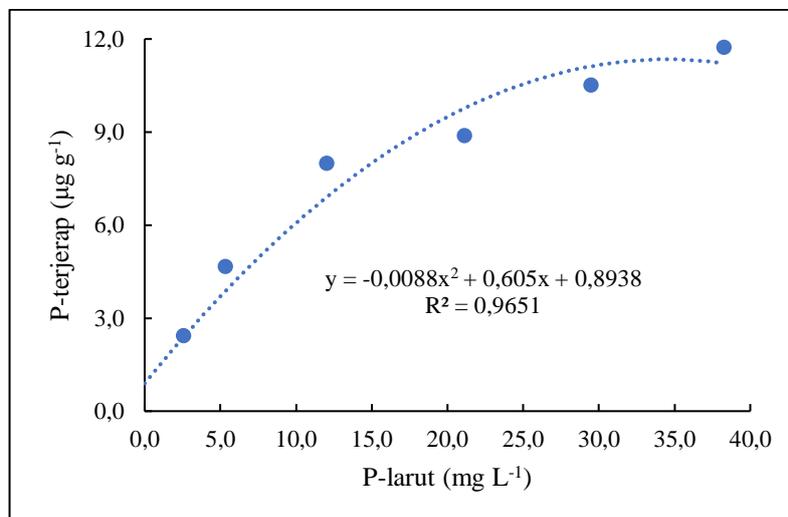
Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif pada tanah Ultisol di lahan kering. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0-30 cm. Tanah diambil pada tempat yang belum terusik (*undisturbed*) yang masih mencerminkan sifat asli dari tanah tersebut. Setiap tanah diambil pada empat titik berbeda dengan jarak 5 m dari setiap titiknya. Tanah dikomposit untuk mendapatkan berat 1 kg. Percobaan kesetimbangan P dilakukan di laboratorium setelah sampel jenis tanah dikering-anginkan dan diayak dengan ayakan 2 mm.

Jerapan isothermal P diukur menggunakan metode Erich et al. (2002). Untuk menentukan jerapan isothermal, enam level P (0, 5, 10, 20, 30, 40, 50 mg P kg⁻¹) ditambahkan dalam larutan stok 1000 ppm P dengan melarutkan 4,3937 g KH₂PO₄ di dalam 1 L 0,01 M CaCl₂. Gelas vial plastik 100 mL dengan tutup rapat digunakan untuk setiap 1 g tanah sampel. Konsentrasi ini telah ditetapkan dalam percobaan awal untuk memeriksa kisaran konsentrasi yang sesuai, mengingat kapasitas penyerapan P yang tinggi dari tanah sampel. Ulangan dilakukan untuk mendapatkan nilai tengah yang lebih akurat. Suspensi (tanah + KH₂PO₄ + 0,01 M CaCl₂) dikocok pada suhu 25°C selama 17 jam. Supernatan disaring dengan kertas saring (Whatman #42) untuk analisis P. Fosfor yang tersisa dalam larutan setelah proses kesetimbangan diukur menggunakan metode seperti yang dijelaskan dalam (Yusran, 2018).

3. Hasil dan Pembahasan

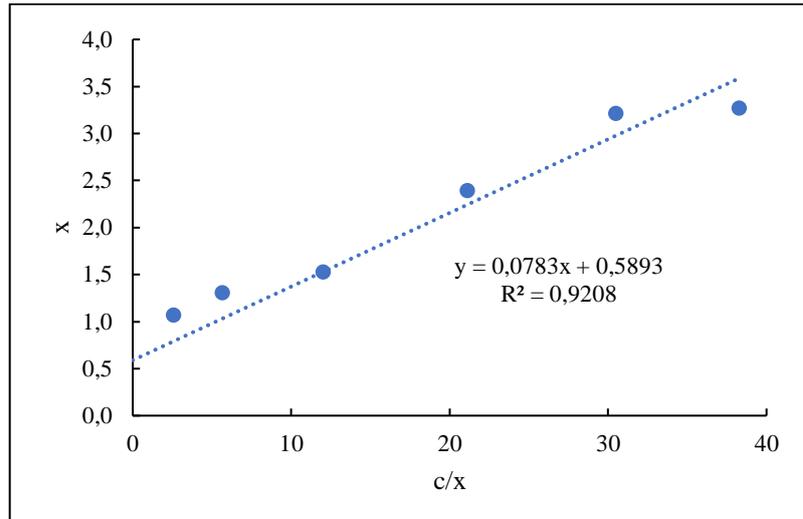
3.1. Jerapan Isothermal

Hubungan antara penambahan KH₂PO₄ dengan jerapan P pada tanah Ultisol disajikan dalam bentuk persamaan Langmuir, Freundlich, dan BET. Berdasarkan hasil analisis tanah batas maksimal jerapan isothermal dengan penambahan stok ppm P (0, 5, 10, 20, 30, 40, 50 mg P kg⁻¹). Hasil dari pengamatan statistik perubahan kenaikan jerapan isothermal P mencapai batas maksimal dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan antara P-larut dengan P-terjerap pada tanah Ultisol.

Gambar 1 menunjukkan bahwa hubungan antara P-larut dengan P-terjerap membentuk pola logaritmik. Proses linearisasi dari persamaan Langmuir, Freundlich, dan BET menghasilkan grafik garis tren dari hubungan antara c/x dan x , $\log c$ dengan $\log x$ dan c/c_s dengan $c/(c_s-c)$. $1/x$ seperti yang disajikan pada Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4.



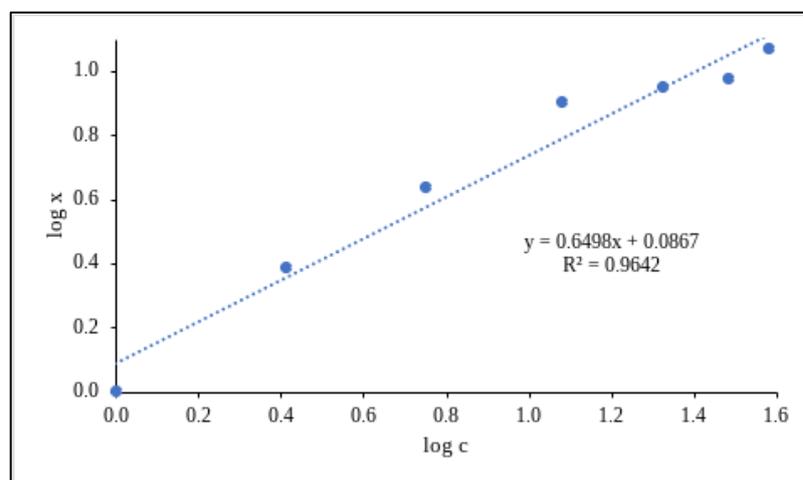
Gambar 2. Linearisasi hubungan antara c/x dengan x pada persamaan jerapan isotermal Langmuir. $c/x = P$ dalam larutan kesetimbangan ($\mu\text{g P mL}^{-1}$), $x = \text{jumlah P yang terjerap } (\mu\text{g P g}^{-1} \text{ tanah})$

Jerapan isotermal Langmuir ini berdasarkan pada tiga asumsi yaitu tapak permukaan yang serba homogen sehingga energi jerapan yang sama, jerapan terjadi pada tapak tertentu artinya tidak ada terjadi interaksi molekul atau ion yang terjerap dan penjerap hanya dilapisi satu molekul ion yang terjerap yang bisa disebut *monolayer adsorption* (Kurnain, 2014). Turunan dari persamaan grafik $y = 0,0783x + 0,5893$ dan $R^2 = 0,9208$ di atas menghasilkan parameter Persamaan Langmuir seperti yang disajikan pada Tabel 1

Tabel 1. Parameter Persamaan Langmuir pada tanah Ultisol

X_m	K_L	R^2
12,6649	0,13390	0,9208

Keterangan: X_m = adsorpsi maksimum ($\mu\text{g P g}^{-1}$ tanah); K_L = koefisien yang berhubungan dengan energi ikat; plot x/c dan c memiliki kemiringan $1/x_m$ dan intersep $1/K_L x_m$; R^2 adalah koefisien determinasi yang menggambarkan kekuatan persamaan regresi.



Gambar 3. Linearisasi hubungan antara $\log c$ dengan $\log x$ pada persamaan jerapan isotermal Freundlich. $\log c = \text{konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan } (\mu\text{g P mL}^{-1})$, $\log x = \text{jumlah P yang diserap } (\mu\text{g P g}^{-1} \text{ tanah})$,

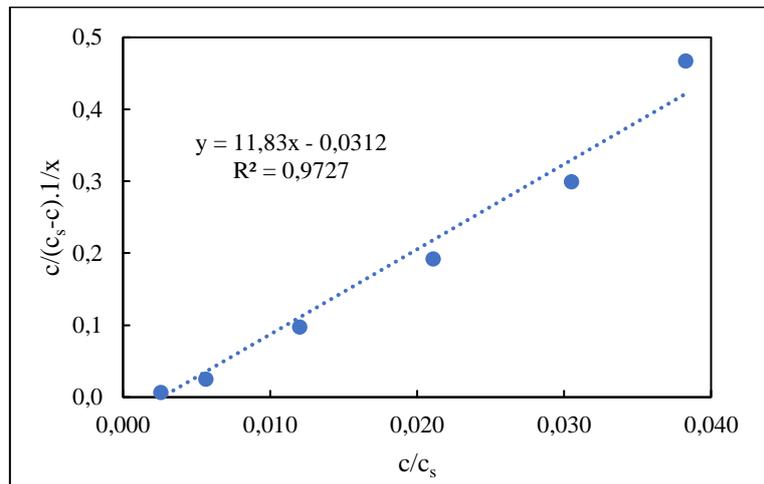
Persamaan ini menunjukkan bahwa konsentrasi ion atau molekul dalam keadaan larutan kesetimbangan, energi jerapan menurun secara logaritmik dengan meningkatnya fraksi permukaan koloid tanah yang terjerap. Secara teori penurunan energi jerapan dengan semakin luas permukaannya yang menjerap disebabkan keanekaragaman

permukaannya (Kurnain A, 2014). Turunan dari persamaan $y = 0,0867x + 0,6489$ dan $R^2 = 0,9642$ grafik di atas menghasilkan parameter persamaan Freundlich, seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Persamaan Freundlich pada tanah Ultisols

B	K_F	R²
0,6498	0,2210	0,9642

Keterangan: K_F = Ukuran permukaan jerapan; b = kekuatan jerapan dan R^2 adalah koefisien determinasi yang menggambarkan kekuatan persamaan regresi.



Gambar 4. Linearisasi hubungan antara c/c_s dengan $c/(c_s-c) \cdot 1/x$ pada persamaan jerapan isothermal Brunauer Emmet-Teller (BET); $c/c_s = P$ dari larutan yang dijerap pada tekanan relatif; $c/(c_s-c) \cdot 1/x$ = ion penjerap yang membentuk lapisan tunggal yang menutup permukaan penjerap.

Prinsip metode ini adalah menghitung jumlah larutan yang terjerap pada permukaan koloid tanah yang akan dikarakterisasi. Nilai C dalam persamaan konstan dan sangat tergantung pada besarnya energi terjerap pada lapisan pertama yang terserap dan secara konsisten nilai C mengindikasikan gaya tarik menarik akibat interaksi penjerap dan terjerap (Kalbuadi, 2014). Turunan dari persamaan $y = 0,0312x + 11,87$; $R^2 = 0,9727$ grafik di atas menghasilkan parameter persamaan BET seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Persamaan Brunauer Emmet-Teller (BET) pada tanah Ultisols

X_m	K_{BET}	R²
0.0843	-380.1669	0.9727

Keterangan: X_m = Jerapan maksimum ($\mu\text{g P g}^{-1}$ tanah); K_{BET} = Konstanta yang sebanding dengan perbedaan antara jerapan dalam lapisan pertama; R^2 = koefisien determinasi yang menggambarkan kekuatan persamaan regresi.

Berdasarkan persamaan Langmuir, Freundlich, BET dapat diketahui bahwa R^2 yang didapat memiliki nilai Langmuir 0,9208, Freundlich 0,9642 dan BET 0,9727. Setelah dilakukan penyusunan ulang dari ketiga persamaan yang paling menggambarkan Jerapan P memiliki variabel linear yang sesuai dengan tanah Ultisol adalah BET karena mendekati angka 1, yaitu R^2 berkategori kuat. Nilai koefisien dapat bervariasi antara 0 sampai 1. Jika model regresi diterapkan dengan benar dan diperkirakan peneliti dapat mengasumsikan bahwa semakin tinggi nilai R^2 , semakin besar penjelasan kekuatan persamaan regresi, dan semakin baik prediksi tergantung variabelnya (Chicco et al., 2021)

Pada penelitian ini seperti yang sudah tersaji di Gambar 1, terdapat kenaikan jerapan P pada penambahan KH_2PO_4 stok ppm P (0, 5, 10, 20, 30, 40, 50 mg P kg^{-1}). P larut pada penambahan 50 ppm P ke dalam tanah 1 g sebanyak 38,27 ppm P dan jerapan P 11,73 ppm P , sehingga dalam penambahan 50 ppm P sekitar 76% P menjadi terlarut dan 24% P menjadi terjerap oleh tanah Ultisol.

Jerapan isothermal di tanah Ultisol dengan keadaan tanah yang bisa dikatakan kurang subur karena rendahnya ketersediaan P di dalam tanah akibat adanya jerapan P , rendahnya pH, dan terdapatnya zat racun seperti Al dan Fe di dalam tanah sehingga mengakibatkan terjadinya jerapan P di dalam tanah Ultisol. Dari hasil penelitian diperoleh

hasil bahwa jumlah P yang terjerap diakibatkan oleh zat racun Al maupun Fe, dimana terjadi peningkatan setiap penambahan stok ppm P. Namun, peningkatan P yang terjerap tersebut semakin lama waktu, mengalami peningkatan yang tidak signifikan atau sangat kecil. Hal ini disebabkan karena banyaknya P yang terjerap oleh zat racun pada setiap waktu akan bertambah dan P akan menumpuk di permukaan Al-P maupun Fe-P sehingga mencapai kesetimbangan. Tingginya jerapan P mengindikasikan ketersediaan P yang rendah. Dengan kata lain, aktivitas fiksasi terhadap tanah mineral masam dapat mengakibatkan jumlah P-tersedia (bagi tanaman) akan semakin kecil.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan jerapan P pada tanah Ultisol di Desa Gunung Kupang Kecamatan Cempaka, Kota Banjarbaru mengikuti Persamaan BET. Tinggi dan rendahnya jerapan P menandakan ketersediaan P. Dengan kata lain, aktivitas fiksasi terhadap tanah mineral masam dapat mengakibatkan jumlah P-tersedia (bagi tanaman) akan semakin kecil.

Daftar Pustaka

- Chicco, D., Warrens, M.J., Jurman, G. 2021. The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation. *PeerJ Comput Sci.* 7, e623. doi.org/10.7717/peerj-cs.623
- Dierolf, T.S., Fairhurst, T., Mutert, E. 2001. Soil fertility kit: A toolkit for acid, upland soil fertility management in Southeast Asia. *Better Crops International* 15(2), 149.
- Erich, M.S., Fitzgerald, C.B., Porter, G.A. 2002. The effect of organic amendments on phosphorus chemistry in a potato cropping system. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 88(1), 79–88. [doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00147-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00147-5)
- Essington, M.E. 2015. *Soil and Water Chemistry, An Integrative Approach* (1st ed.). CRC Press. doi.org/10.1201/b12397
- Food and Agriculture Organization. 2015. *World reference base for soil resources 2014. World Soil Resources Reports 106*. Rome.
- Hartono, A., Funakawa, S., Kosaki, T. 2005. Phosphorus sorption-desorption characteristics of selected acid upland soils in Indonesia. *Soil Science and Plant Nutrition* 51(6), 787-799. doi.org/10.1111/j.1747-0765.2005.tb00113.x
- Kurnain A., 2014. *Jerapan Anion dan Molekul. Modul Praktikum Kimia Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru. Indonesia.*
- Kalbuadi, D.N., Goenadi, D. 2014. *The Potential Use of Natural Clinoptilolite Zeolite adsorption. Indonesian Research Institute for Biotechnology and Bioindustry Bogor. Indonesia.*
- Mulyani, A. 2006. Perkembangan potensi lahan kering masam. *Sinar Tani* 1(1), 1–5.
- Prasetyo, B.H. 2009. Tanah merah dari berbagai bahan induk di Indonesia: Prospek dan strategi pengelolaannya. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 3(1), 47–60.
- Yusran, F.H. 2018. The relationship between phosphate adsorption and soil organic carbon from organic matter addition. *Journal of Tropical Soils* 15(1), 1-10. doi.org/10.5400/jts.2010.v15i1.1-10