

AMELIORASI KALIUM HUMAT SEBAGAI LIGAN PENUKAR FRAKSI-FRAKSI P TERJERAP DAN KETERKAITANNYA DENGAN SIFAT-SIFAT KIMIA ANDISOL PAGAR ALAM, SUMATERA SELATAN

ELSA KUMALA PUTRI



**PROGRAM STUDI ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Ameliorasi Kalium Humat sebagai Ligan Penukar Fraksi-fraksi P Terjerap dan Keterkaitannya dengan Sifat-sifat Kimia Andisol Pagar Alam, Sumatera Selatan” adalah karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2024

Elsa Kumala Putri
NIM A1501212017

RINGKASAN

ELSA KUMALA PUTRI. Ameliorasi Kalium Humat sebagai Ligan Penukar Fraksi-fraksi P Terjerap dan Keterkaitannya dengan Sifat-sifat Kimia Andisol Pagar Alam, Sumatera Selatan. Dibimbing oleh UNTUNG SUDADI dan SUWARDI.

Andisols merupakan salah satu ordo tanah produktif untuk budidaya tanaman pangan, hortikultura dan perkebunan di Indonesia. Namun, dominansi klei XRD-amorf seperti Alofan pada Andisols, yang memiliki gugus fungsional Al-OH (aluminol) dengan kapasitas jerapan spesifik yang sangat tinggi terhadap fosfat, menyebabkan kadar P-tersedianya menjadi sangat rendah meskipun totalnya tinggi. Jerapan spesifik P terjadi melalui proses pertukaran ligan. Fosfor tanah dapat dibedakan atas fraksi organik (Po) dan anorganik (Pi), yang ketersediaannya dapat dievaluasi melalui fraksionasi untuk memahami distribusi fraksi Po dan Pi serta mengendalikan transformasi P tanah, meningkatkan pemanfaatan P oleh tanaman, dan menyusun rekomendasi pemupukan yang optimal.

Salah satu upaya prospektif untuk menurunkan kapasitas jerapan P pada Andisols adalah melalui ameliorasi kalium humat yang diharapkan dapat berfungsi sebagai ligan penukar fosfat pada tapak jerapan koloid agar P tanah didominasi oleh fraksi yang lebih tersedia bagi tanaman. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh ameliorasi kalium humat terhadap dinamika fraksi P dan keterkaitannya dengan sifat-sifat kimia tanah pada Andisol Pagar Alam, Sumatera Selatan.

Percobaan lapang dilaksanakan pada Mei sampai November 2023 di lahan tanpa ditanami milik petani Desa Gunung Agung Pauh, Kecamatan Dempo Utara, Kota Pagar Alam, Sumatera Selatan. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB. Contoh tanah diambil secara komposit dari 5 subcontoh lapisan *topsoil* (0-30 cm) dan *subsoil* (30-60 cm) pada setiap petak perlakuan. Aplikasi perlakuan dilakukan menurut Rancangan Acak Kelompok yang terdiri atas 4 taraf ameliorasi kalium humat (kg.ha^{-1}), yaitu P0 (kontrol) = 0, P1 = 20, P2 = 40, dan P3 = 60, dengan 3 ulangan.

Analisis tanah dilakukan terhadap tekstur (3 fraksi, Pippete), sifat-sifat kimia yang meliputi pH NaF dan pH H₂O (pH-meter), Al_{dd} (N KCl, titrasi HCl), C-organik (Walkley & Black), N-total (Kjeldahl), P-total (HCl 25%, Spektrofotometer), K_{dd}, Na_{dd}, Ca_{dd}, Mg_{dd}, dan KTK ($\text{N NH}_4\text{OA}_c$ pH 7,0, AAS), KB (nisbah $\text{K}_{dd} + \text{Na}_{dd} + \text{Ca}_{dd} + \text{Mg}_{dd}$ terhadap KTK), dan Kejenuhan Al (nisbah Al_{dd} terhadap KTK) pada tanah awal dan setelah aplikasi perlakuan, serta fraksionasi P yang hanya dilakukan setelah aplikasi perlakuan kalium humat (modifikasi Tiessen dan Moir, 1993).

Hubungan dan keterkaitan antar dosis perlakuan kalium humat, sifat-sifat kimia, dan fraksi P tanah disajikan secara grafis dan deskriptif. Signifikansi pengaruh dosis perlakuan sebagai peubah bebas (X) terhadap fraksi-fraksi P tanah sebagai peubah terikat (Y_i) didasarkan atas hasil analisis regresi linier sederhana ($Y_i = a_i + b_i X$), sedangkan antar fraksi P (Y_i) yang terpengaruh signifikan oleh perlakuan kalium humat dengan sifat-sifat kimia yang mempengaruhinya secara signifikan, yaitu pH H₂O, Al_{dd}, C-organik, P-total, KTK, dan KB tanah (X_{i-n}) didasarkan atas hasil analisis regresi linier berganda ($Y_i = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$) menggunakan prosedur *backward stepwise*.

Andisol di lokasi penelitian, baik pada *topsoil* maupun *subsoil*, memiliki kelas tekstur klei, reaksi tanah (pH H₂O) agak masam dengan kejenuhan Al rendah, dan pH NaF >11 yang menunjukkan keberadaan Alofan. Kadar C-organik sangat rendah di kedua lapisan tanah dengan P-total dan KTK sangat tinggi, sedangkan kadar kation basa-basa dapat ditukar terkategori rendah sampai sedang yang menyebabkan nilai KB sangat rendah.

Pada *subsoil*, aplikasi kalium humat berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) negatif terhadap fraksi PH₂O, PNaHCO₃-Po, dan PNaOH-Po serta positif terhadap fraksi PNaHCO₃-Pi, PNaOH-Pi, dan PHCl. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa ketersediaan P tanah bagi tanaman merupakan *resultante* dari fraksi P anorganik dan P lambat tersedia (PHCl) di *topsoil* serta fraksi P sangat cepat tersedia (PH₂O) dan P organik di *subsoil*. Dinamika N-total dan PResidual tanah tidak dibahas karena keduanya tidak terpengaruh secara signifikan oleh perlakuan kalium humat.

Berdasarkan hasil analisis regresi linier berganda, sifat-sifat kimia tanah yang berpengaruh nyata terhadap dinamika fraksi P di *topsoil* adalah pH H₂O, KB, Al_{dd}, dan P-total, dengan *p-value* terendah (paling nyata) pada keterkaitan antara KB dan P-total terhadap fraksi P organik ($P_o = 96,051 - 0,811 \text{ KB} + 0,028 \text{ P-total}$, $R^2 = 0,55$; $p = 0,027$). Sifat kimia *subsoil* yang berpengaruh paling nyata terhadap dinamika fraksi P tanah adalah KB pada keterkaitannya dengan fraksi P organik ($P_o = 50,293 - 0,705 \text{ KB}$, $R^2 = 0,41$; $p = 0,025$). Selain menyebabkan alterasi terhadap keseimbangan anion-kation di tapak reaktif koloid tanah, hal ini juga menunjukkan bahwa penurunan KB meningkatkan afinitas jerapan tanah terhadap fosfat, terutama fraksi Pi. Secara umum, pemanfaatan kalium humat hingga dosis 60 kg.ha⁻¹ sebagai penukar ligan terbukti efektif dalam meningkatkan ketersediaan P Andisol yang diteliti dalam bentuk fraksi Pi di *topsoil* dan Po di *subsoil*.

Kata kunci: Andisol, kalium humat, fraksi P tanah, Pagar Alam

SUMMARY

ELSA KUMALA PUTRI. Amelioration of Potassium Humate as Ligand Exchanger for Adsorbed P Fractions and Their Relationships with Chemical Properties of Andisol Pagar Alam, South Sumatra. Supervised by UNTUNG SUDADI and SUWARDI.

Andisol is one of the productive soil orders for cultivating food, horticulture, and plantation crops in Indonesia. However, the dominance of XRD-amorphous clays such as Allophane in Andisols, which is characterized by aluminol (Al-OH) functional group that poses a very high specific adsorption capacity to phosphates, causes the soils' available P levels become tremendously low even though their total-P status are high. Specific soil P adsorption occurs through ligand exchange processes. Soil P can be divided into organic (Po) and inorganic (Pi) fractions, the availability of which can be evaluated through fractionation to understanding the soil Po and Pi fractions distribution and controlling the P transformations, increasing P utilization by plants, and developing an optimal fertilizer recommendation.

One prospective effort that necessitates being assessed for its effectiveness in decreasing P adsorption capacity in Andisols is by applying potassium humate, which is expected to function as ligand exchangers to phosphates at the soil colloidal adsorption sites, hence soil P will be dominated by labile fractions that are more available to plant. This study aims to evaluate the effects of potassium humate amelioration on the dynamics of soil P fractions and their relationships with the chemical properties of Andisol of Pagar Alam, South Sumatra.

A field experiment was done from May to November 2023 on the unplanted farmers' land at Gunung Agung Pauh Village, North Dempo District, Pagar Alam City, South Sumatra. Soil analysis was conducted at the Soil Laboratory of the Department of Soil Science and Land Resources, Faculty of Agriculture, IPB University. Soil samples were taken compositely from five subsamples of topsoil (0-30 cm) and subsoil (30-60 cm) layers in each treatment plots. The application of potassium humate was according to a Randomized Block Design, consisted of 4 levels of potassium humate amelioration (kg.ha^{-1}), $P_0 = 0$ (control), $P_1 = 20$, $P_2 = 40$, and $P_3 = 60$, each with 3 replications.

Soil analyses were carried out on soil texture (3 fractions, Pipette), chemical properties including pH NaF and pH H₂O (pH-meter), exchangeable Al (N KCl, HCl titration), organic-C (Walkley & Black), total-N (Kjeldahl), total-P (HCl 25%, Spectrophotometer), exchangeable-K, -Na, -Ca, -Mg, and cation exchange capacity, CEC (N NH₄OAc pH 7.0, AAS), base saturation, BS (ratio of exchangeable -K + -Na + -Ca + -Mg to CEC), and Al saturation (ratio of exchangeable-Al to CEC) of the initial soil samples and those after the application of the potassium humate treatment, and P fractionation that only carried out on soil samples taken after the application of potassium humate treatment (modified Tiessen and Moir, 1993).

The relationships and correlations among the potassium humate treatment doses, soil chemical properties, and soil P fractions were presented graphically and descriptively. The significance levels of the treatment dose effects as dependent variables (X) on the soil P fractions as independent variables (Y) were based on the results of simple linear regression analysis ($Y_i = a_i + b_i X$), whilst among the P



fractions (Y_i) that significantly affected by the treatment with the soil chemical properties that significantly affected them, pH H_2O , Al_{dd} , organic-C, total-P, CEC and BS (X_{i-n}), were based on the results of multiple linear regression analysis ($Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$) using a backward stepwise procedure.

Andisol at the study site has a clayey soil textural class, slightly acidic soil pH H_2O with low Al saturation level, and soil pH NaF of >11 that showed the occurrence of Allophane in both topsoil and subsoil. The soil organic-C levels were very low with very high total-P and CEC and low to medium exchangeable bases that resulted in a very low soil BS.

In subsoil, the application of potassium humate was very significantly ($p < 0.01$) and negatively affected soil PH_2O , $PNaHCO_3-Po$, and $PNaOH-Po$ fractions, but positively on soil $PNaHCO_3-Pi$, $PNaOH-Pi$, and $PHCl$ fractions. The results of this study also showed that the soil P availability was mainly attributed to the resultant of the inorganic P (Pi) and the slowly available P ($PHCl$) fractions in topsoil as well as the quickly available P (PH_2O) and the organic P (Po) fractions in subsoil. Dynamics on soil total-N and $P_{Residual}$ were not discussed because they were not significantly affected by the potassium humate treatment.

The soil chemical properties that performed significant effects on the P fraction dynamics in topsoil were soil pH H_2O , exchangeable Al , total-P, and BS, with the lowest p -values (most significant) found in the relationships between soil BS and total-P with the organic P fractions ($Y_{Po} = 96.051 - 0.811 BS + 0.028 \text{ total-P}$, $R^2 = 0.55$; $p = 0.027$). The chemical properties of subsoil with the most significant effects (performed the lowest p -value) on the dynamics of soil P fractions was soil BS in its relationships with the organic P fractions ($Y_{Po} = 50.293 - 0.705 BS$, $R^2 = 0.41$; $p = 0.025$). Apart from causing alterations on the anion-cation equilibrium in the soil colloidal reactive sites, this result also revealed that a decrease in soil BS increased soil adsorption affinity for phosphate, particularly the Pi fractions. In general, the use of potassium humate as ligand exchangers up to 60 kg.ha^{-1} was effective in increasing the availability of soil P in the studied Andisol, in the form of Pi in topsoil and Po fractions in subsoil.

Keywords: Andisol, potassium humate, Pagar Alam, soil P fractions



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini bentuk apa pun tanpa izin IPB.

AMELIORASI KALIUM HUMAT SEBAGAI LIGAN PENUKAR FRAKSI-FRAKSI P TERJERAP DAN KETERKAITANNYA DENGAN SIFAT-SIFAT KIMIA ANDISOL PAGAR ALAM, SUMATERA SELATAN

ELSA KUMALA PUTRI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains
pada
Program Studi Ilmu Tanah

**PROGRAM STUDI ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Prof. Dr. Ir. Iskandar
2. Dr. Ir. Suwardi, M.Agr.
3. Dr. Ir. Untung Sudadi, M.Sc.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

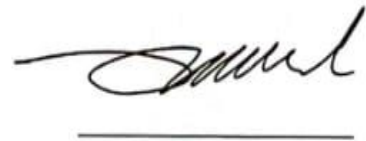
Judul Tesis : Ameliorasi Kalium Humat sebagai Ligan Penukar Fraksi-fraksi
P Terjerap dan Keterkaitannya dengan Sifat-sifat Kimia
Andisol Pagar Alam, Sumatera Selatan
Nama : Elsa Kumala Putri
NIM : A1501212017

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Untung Sudadi, M.Sc.



Pembimbing 2:
Dr. Ir. Suwardi, M.Agr.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Darmawan, M.Sc.
NIP. 19631103 199002 1 001



Dekan Fakultas Pertanian:
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr.
NIP. 19690212 199203 1 003



Tanggal Ujian: 16 Agustus 2024

Tanggal Lulus: 16 OCT 2024

PRAKATA

Puji dan syukur penulis persembahkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul "*Ameliorasi Kalium Humat sebagai Ligan Penukar Fraksi-fraksi P Terjerap dan Keterkaitannya dengan Sifat-sifat Kimia Andisol Pagar Alam, Sumatera Selatan*". Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak, tesis ini tidak akan berhasil terselesaikan. Oleh sebab itu, ucapan terima kasih yang tulus dan ikhlas penulis sampaikan kepada:

1. Dr. Ir. Untung Sudadi, M.Sc. dan Dr. Ir. Suwardi, M.Agr. ketua dan anggota komisi pembimbing, atas segala buah pikiran yang telah diberikan, kesabaran serta bimbingan dalam membina, mengajarkan, serta memberikan banyak saran sejak awal sampai selesainya tesis ini.
2. Prof. Dr. Ir. Iskandar selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak kritik serta saran yang membantu tesis ini menjadi lebih baik.
3. Dr. Ir. Darmawan, M.Sc., Ketua Program Studi Ilmu Tanah, serta Bapak/Ibu Dosen Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian IPB.
4. Kepada Orang tuaku tercinta, Ayah dan Ibu yang selalu memberikan doa, semangat, dan dorongan yang luar biasa, sehingga penulis mampu menyelesaikan tesis ini dengan baik.
5. Ucapan terima kasih juga penulis berikan kepada keluarga besarku, khususnya suami tercinta Yudistra Mahatma Jaya, Mama dan Papa, yuk Riri, kak Yasin, adik Izah, Erza serta Kayla dan Kenan yang menjadi bagian dari motivasi penulis dalam tahap penyelesaian tesis ini.
6. Terima kasih juga kepada rekan-rekan Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian IPB, khususnya pada Gian, Rabbirl, Dita, Nahdlia, Dirman dan Afifah yang telah membantu penulis dalam proses penyelesaian tesis ini.
7. Kepada teman-teman terdekatku, *Pagaralamnese* yang sudah membantu mendoakan dan memberikan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Semoga tesis ini bermanfaat.

Bogor, Agustus 2024

Elsa Kumala Putri



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Andisol Tropika	3
2.2 Fraksionasi P	3
2.3 Kalium Humat	5
III METODE	7
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	7
3.2 Pengambilan Contoh Tanah	7
3.3 Analisis Tanah	7
3.4 Analisis Data	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	11
4.1 Sifat Kimia Tanah Awal	11
4.2 Pengaruh Kalium humat terhadap Dinamika Fraksi P Tanah	11
4.3 Keterkaitan Fraksi P dengan Sifat Kimia Tanah	14
V SIMPULAN DAN SARAN	16
5.1 Simpulan	16
5.2 Saran	16
DAFTAR PUSTAKA	17
LAMPIRAN	22
RIWAYAT HIDUP	26