

DINAMIKA PELEPASAN HARA FOSFOR PADA APLIKASI BATUAN FOSFAT DI TANAH MASAM DENGAN KADAR Al-dd BERAGAM

AFIFAH RAMADHANI



**PROGRAM STUDI ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.

Perpustakaan IPB University



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Dinamika Pelepasan Hara Fosfor pada Aplikasi Batuan Fosfat di Tanah Masam dengan Kadar Al-dd Beragam” adalah karya saya dengan arahan dari dosen 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 2026

Afifah Ramadhani
A1501222011



RINGKASAN

AFIFAH RAMADHANI. Dinamika Pelepasan Hara Fosfor pada Aplikasi Batuan Fosfat di Tanah Masam dengan Kadar Al-dd Beragam. Dibimbing oleh SYAIFUL ANWAR dan HERU BAGUS PULUNGONO.

Tanah masam sering menjadi masalah pada sebagian besar lahan pertanian. Kemasaman tanah dapat terbentuk akibat bahan induk yang bersifat masam dan pencucian basa-basa yang terjadi dalam waktu yang lama. Kondisi tersebut menyebabkan peningkatan ion Al^{3+} yang dapat memengaruhi ketersediaan hara di dalam tanah. Fosfor (P) merupakan unsur yang mudah berikatan dengan Al dapat ditukar (Al-dd), akibatnya P menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Selain mengikat unsur hara, keberadaan Al-dd juga menjadi sumber kemasaman potensial yang dapat memengaruhi berbagai reaksi di dalam tanah.

Kekurangan P pada lahan pertanian biasanya diatasi dengan memberikan bahan amelioran seperti pupuk. Pupuk P yang ditambahkan umumnya bersumber dari batuan fosfat. Pupuk P seperti SP-36 biasanya dibuat dalam bentuk kelarutan rendah agar tidak mudah diserap oleh logam seperti Al dan Fe namun tetap larut dalam air. Disisi lain proses pembuatan pupuk P seperti SP-36 memerlukan energi tambahan dalam proses pembuatannya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menguji kelarutan hara P dari batuan fosfat dibandingkan dengan pupuk SP-36 pada tanah masam dengan kadar Al-dd yang beragam.

Penelitian ini menggunakan teknik percobaan inkubasi yang berlangsung selama 80 hari. Terdapat tiga set penelitian dengan jenis tanah yang berbeda. Tanah yang digunakan adalah Latosol Dramaga, Podsolik Dramaga dan Podsolik Gajrug dengan kadar Al-dd masing-masing 2,29 cmol(+)/kg, 8,45 cmol(+)/kg, dan 22,90 cmol(+)/kg. Percobaan penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial dengan perlakuan kombinasi jenis pupuk dan bahan organik. Jenis pupuk P yang digunakan adalah batuan fosfat dan SP-36 dengan dosis 100 ppm P_2O_5 dan bahan organik yang digunakan adalah biochar sekam. Total perlakuan yang digunakan sebanyak enam perlakuan.

Perlakuan tersebut terdiri dari (1) kontrol, (2) biochar sekam, (3) batuan fosfat, (4) SP-36, (5) biochar sekam + batuan fosfat, dan (6) biochar sekam + SP-36. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga diperoleh 54 satuan percobaan untuk tiga jenis tanah. Tahapan penelitian meliputi pengambilan sampel tanah, kemudian dilanjutkan dengan persiapan sampel tanah dan pemberian perlakuan. Analisis tanah dilakukan sebelum inkubasi untuk mengetahui karakteristik kimia tanah dan pada periode inkubasi dengan parameter yang telah ditetapkan. Analisis pada saat inkubasi meliputi pH, Al-dd, P-Bray 1, dan Fraksi P (P-terlarut, Al-P, dan Fe-P).

Tanah yang digunakan memiliki pH yang rendah <5 dan kejenuhan Al yang tinggi. Hasil analisis pada periode inkubasi menunjukkan bahwa aplikasi batuan fosfat, SP-36, dan biochar sekam memberikan hasil yang bervariasi pada ketiga jenis tanah. Secara rata-rata, perlakuan batuan fosfat saja, nyata meningkatkan pH pada Latosol Dramaga. Pada Podsolik Dramaga hasil yang berpengaruh nyata terdapat pada perlakuan kombinasi batuan fosfat dan biochar sekam, sedangkan pada Podsolik Gajrug tidak berpengaruh secara signifikan. Pada parameter Al-dd, secara rata-rata, perlakuan batuan fosfat, SP-36 dan kombinasinya dengan biochar



sekam menurunkan Al-dd pada tanah Latosol Dramaga dan Podsolik Dramaga. Sedangkan pada Podsolik Gajrug, yang berpengaruh secara nyata menurunkan Al-dd hanya pada perlakuan batuan fosfat saja.

Perlakuan SP-36, batuan fosfat, dan biochar sekam mampu meningkatkan P-tersedia (Bray 1) pada ketiga jenis tanah kecuali perlakuan biochar sekam saja di Latosol Dramaga. Berdasarkan rata-rata P-Bray 1, perlakuan yang diberikan tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada tanah Podsolik Gajrug. Hasil pengukuran P-Bray 1 pada ketiga jenis tanah menunjukkan tidak ada perbedaan secara signifikan antara perlakuan batuan fosfat dan SP-36.

Parameter P-terlarut menunjukkan peningkatan seiring waktu inkubasi berlangsung. Al-P menunjukkan hal yang sebaliknya, yaitu cenderung menurun kecuali pada tanah Podsolik Dramaga dan Podsolik Gajrug sedikit mengalami peningkatan di akhir inkubasi dibandingkan periode inkubasi sebelumnya. Pada parameter Fe-P mengalami fluktuasi pada ketiga jenis tanah. Jika dilihat dari grafik, pola dinamika fraksi P-terlarut, Al-P, dan Fe-P relatif serupa antar perlakuan. Persentase P-terlarut paling tinggi terdapat pada tanah Latosol Dramaga, dan persentase Fe-P paling tinggi ada pada tanah Podsolik Gajrug. Berdasarkan hasil analisis korelasi dari setiap periode inkubasi, Al-dd berkorelasi positif dengan P-terlarut dan berkorelasi negatif dengan Fe-P dan Al-P pada tingkat hubungan yang rendah-sedang.

Kata kunci: Fraksi P, inkubasi, ketersediaan fosfor, Latosol, Podsolik

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



SUMMARY

AFIFAH RAMADHANI. *Dynamics of Phosphorus Nutrient Release in Rock Phosphate Applications in Acidic Soil with Diverse exch-Al Levels*. Supervised by SYAIFUL ANWAR and HERU BAGUS PULUNGONO

Acidic soil is among problem soil for agriculture. Soil acidity can be formed due to acidic parent materials and intensive bases leaching that occurs over a long period of time. This conditions cause an increase ion of Al^{3+} which can affect the availability of nutrients in the soil. Phosphorus (P) is an element that binds easily to exchangeable Al (exch-Al), then P becomes unavailable to plants. In addition, the presence of exch-Al is also becoming a potential source of acidity that can affect various reactions in the soil.

P deficiency in agricultural soil is often overcome by providing additional fertilizers. The added P fertilizer is generally sourced from rock phosphate. P fertilizers such as SP-36 are usually made in the form of low solubility which not easily absorbed by metals such as Al but still relatively soluble in water. Afterwards, the process of making P fertilizer, SP-36 for example, requires additional energy. Therefore, this study aims to test the solubility of nutrient P from natural phosphates directly compared to SP-36 fertilizers in acidic soils with diverse levels of Al-dd.

This study used an incubation experiment technique that conducted for 80 days. There were three sets of studies with different types of soil. The soil used is Latosol Dramaga, Podsolik Dramaga and Podsolik Gajrug with exch-Al levels of 2.29 cmol(+)/kg, 8.45 cmol(+)/kg, and 22.90 cmol(+)/kg, respectively. The research experiment used a non-factorial Complete Random Design (CRD) with a combination of fertilizer type treatment and the presence of organic matter. The type of fertilizer P used is rock phosphate and SP-36 with a rate of 100 ppm P_2O_5 and the organic material used is rice husk biochar with a total of six treatments.

The treatment consisted of (1) control, (2) rice husk charcoal, (3) rock phosphate, (4) SP-36, (5) rice husk charcoal + rock phosphate, and (6) rice husk charcoal + SP-36. Each treatment was repeated three times so there was 54 experimental units for three kind of soils. The stages of the research include soil sampling, soil sample preparation and giving treatment. Soil analysis is carried out before incubation to find out the chemical characteristics of the soil and at the predetermined incubation period. Analysis at the time of incubation included pH, exch-Al, P-Bray 1, and P fraction (dissolved P, Al-P, and Fe-P).

The soil used has a low pH of <5 and high Al saturation. The results of the analysis in the incubation period showed that the application of rock phosphate, SP-36, and rice husk charcoal gave varied results in all three types of soils. On average, rock phosphate treatment alone significantly increases the pH of Latosol Dramaga. In Podsolik Dramaga, the results that had a real effect were found in the combination treatment of rock phosphate and rice husk charcoal, while in Podsolik Gajrug there was no significant effect. In the exch-Al parameters, on average, rock phosphate treatment, SP-36 and its combination with rice husk charcoal lower exch-Al in the soils of Latosol Dramaga and Podsolik Dramaga. Meanwhile, in Podsolik Gajrug, the effect of significantly lowering exch-Al is only on rock phosphate treatment.

SP-36, rock phosphate, and rice husk charcoal treatment was able to increase the available-P (Bray 1) in all three soil types except for the only rice husk charcoal treatment in Latosol Dramaga. Based on the average of P-Bray 1, the treatment given did not have a significant effect on the soil of Podsolik Gajrug. The results of the P-Bray 1 measurement showed no significant difference on all three types of soil between rock phosphate treatment and SP-36. The P-dissolved parameter showed an increase over the incubation time.

Al-P shows the opposite, which tends to decrease except that the soil of Podsolik Dramaga and Podsolik Gajrug has slightly increased at the end of incubation compared to the previous period. In the Fe-P parameters, there are fluctuations in all three types of soil. The graph of the dynamics pattern of the dissolved P-fraction, Al-P and Fe-P show they are relatively similar between treatments. The highest percentage of dissolved P is found in the Latosol Dramaga soil, and the highest percentage of Fe-P is found in the Podsolik Gajrug soil. Based on the results of correlation analysis from each incubation period, exch-Al was very significantly positively correlated with dissolved P, very significantly negatively correlated with Fe-P and significantly negatively correlated with Al-P with a low-medium level of correlation.

Keywords: *Availability of phosphorous, incubation, Latosol, P-fractionation, Podsolik*



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 2026
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 dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

DINAMIKA PELEPASAN HARA FOSFOR PADA APLIKASI BATUAN FOSFAT DI TANAH MASAM DENGAN KADAR Al-dd BERAGAM

AFIFAH RAMADHANI

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

**PROGRAM STUDI ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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.



Judul Tesis : Dinamika Pelepasan Hara Fosfor pada Aplikasi Batuan Fosfat
di Tanah Masam dengan Kadar Al-dd Beragam
Nama : Afifah Ramadhani
NIM : A1501222011

@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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Sc

Pembimbing 2:
Dr. Ir. Heru Bagus Pulunggono M.Agr.Sc

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Darmawan, M.Sc
NIP 196303061989031007

Dekan Fakultas Pertanian:
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr
NIP 196902121992031003

Tanggal Ujian: 31 Juli 2026

Tanggal Lulus: 12 AUG 2026



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.

Perpustakaan IPB University

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Mei 2025 sampai bulan Desember 2025 ini ialah kimia dan kesuburan tanah, dengan judul “Dinamika Pelepasan Hara Fosfor pada Aplikasi Batuan fosfat di Tanah Masam dengan Kadar Al-dd Beragam”. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Komisi pembimbing, Bapak Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Sc. dan Bapak Dr. Ir. Heru Bagus Pulunggono M.Agr.Sc. yang telah membimbing dan memberi banyak masukan dan arahan selama proses mengerjakan tugas di tingkat akhir.
2. Moderator seminar, pimpinan sidang, serta penguji luar komisi pembimbing Ibu Dr. Desi Nadalia, S.P., M.Si. untuk masukannya dalam perbaikan tugas akhir.
3. Seluruh dosen dan tendik di Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan yang telah memberikan banyak pelajaran yang sangat berharga.
4. Seluruh keluarga, terkhusus Umi, Abi dan Naufal yang telah memberikan dukungan, doa, dan curahan kasih sayangnya selama ini.
5. Bapak, ibu dan teman-teman staf Laboratorium SUA Analisis Tanah yang telah banyak kebersamai selama proses perkuliahan dan penelitian berlangsung.
6. Teman-teman pasca ilmu tanah angkatan tahun 2022-2023 yang telah menemani di masa perkuliahan dan tingkat akhir.
7. Dan orang-orang lain yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Afifah Ramadhani



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanah Masam Tropika Basah	5
2.2 Batuan fosfat	6
2.3 Pupuk SP-36	7
2.4 Biochar Sekam	8
2.5 Fraksionasi Fosfor	9
METODE	10
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Prosedur Kerja	10
3.4 Analisis data	11
HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1 Karakteristik Tanah, SP-36 dan Batuan fosfat di dalam Penelitian	12
4.2 Pengaruh Perlakuan terhadap pH dan Al-dd pada Masa Inkubasi	13
4.3 Pengaruh Perlakuan terhadap P-tersedia pada Masa Inkubasi	17
4.4 Kadar dan Dinamika Fraksi P (P-terlarut, Al-P, dan Fe-P)	18
4.5 Korelasi Al-dd dengan ketersediaan hara P (P-Bray1) dan Fraksi P	23
SIMPULAN DAN SARAN	25
5.1 Simpulan	25
5.2 Saran	25
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN	31
RIWAYAT HIDUP	41