

PEREMAJAAN TANAH MARGINAL MENGGUNAKAN BAHAN PIROKLASTIK GUNUNG MERAPI, YOGYAKARTA

KURNIATI



**PROGRAM STUDI ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- 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.





PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Peremajaan Tanah Marginal Menggunakan Bahan Piroklastik Asal Gunung Merapi, Yogyakarta” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi baik 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 disertasi ini.

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

Bogor, Agustus 2025

Kurniati

A1601221004



RINGKASAN

KURNIATI. “Peremajaan Tanah Marginal Menggunakan Bahan Piroklastik Asal Gunung Merapi, Yogyakarta”. Dibimbing oleh SUWARDI, BUDI MULYANTO, dan BUDI NUGROHO.

Bahan piroklastik merupakan hasil letusan eksplosif gunung api yang berupa material lepas (klastik) seperti abu vulkanik, lapili, bom, dan blok. Material ini terbentuk dari fragmentasi magma dan batuan induk yang terlontar ke atmosfer kemudian mengalami pengendapan di permukaan bumi. Secara mineralogi, piroklastik didominasi oleh komponen silikat, mineral amorf, dan fragmen batuan yang memiliki reaktivitas tinggi terhadap pelapukan. Sifat fisik dan kimianya yang menjadikan bahan ini berpotensi besar dalam memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan ketersediaan hara, sehingga relevan untuk pengelolaan tanah vulkanik dan rehabilitasi lahan marginal.

Bahan piroklastik dapat meningkatkan kesuburan tanah karena mengandung berbagai mineral primer seperti feldspar, piroksen, dan olivin yang kaya akan unsur hara makro (Ca, K, dan Mg) maupun mikro (Fe, Mn, Cu, dan Zn). Kandungan mineral tersebut dapat menjadi sumber hara jangka panjang yang mendukung pertumbuhan tanaman, terutama pada lahan-lahan marginal yang miskin nutrisi. Namun, salah satu kendala utama dari pemanfaatan bahan piroklastik adalah proses pelapukannya yang berjalan lambat. Mineral-mineral kristalin dalam piroklastik umumnya bersifat sedikit tahan terhadap pelapukan, sehingga pelepasan unsur hara ke dalam bentuk yang dapat diserap tanaman memerlukan waktu yang lama. Kondisi ini dapat membatasi efektivitasnya dalam jangka pendek jika tidak didukung oleh agen pelarut atau bahan pembenah lain, seperti bahan organik aktif atau mikroorganisme pelarut mineral. Meskipun piroklastik memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas tanah secara berkelanjutan, kecepatan pelapukannya yang rendah menjadi tantangan tersendiri. Oleh karena itu, dibutuhkan strategi terpadu, seperti integrasi bahan pembenah tanah berupa senyawa humat dan bakteri pelarut kalium (BPK), guna akselerasi proses pelapukan dan mempercepat ketersediaan hara bagi tanaman.

Bahan humat, yang merupakan hasil dekomposisi lanjutan dari bahan organik, mengandung gugus fungsional aktif seperti karboksilat dan fenolik yang mampu meningkatkan kelarutan mineral melalui proses kompleksasi dan khelasi ion logam. Interaksi ini dapat mempercepat disolusi mineral dalam piroklastik sehingga unsur hara seperti K^+ , Ca^{2+} , dan Mg^{2+} lebih cepat tersedia bagi tanaman. Di sisi lain, bakteri pelarut kalium berperan dalam mempercepat pelapukan mineral silikat, terutama yang mengandung kalium, melalui mekanisme produksi asam organik, enzim, dan kelat yang melarutkan matriks mineral. Aktivitas mikroorganisme ini tidak hanya meningkatkan proses pelapukan tetapi juga memperbaiki struktur dan aktivitas biologis tanah secara keseluruhan. Kombinasi antara bahan humat dan bakteri pelarut kalium dengan bahan piroklastik diharapkan dapat menciptakan sistem peremajaan tanah yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan.

Penelitian ini terdiri dari 3 tujuan besar yang masing-masing tujuannya merupakan tahapan tersendiri dalam sub penelitian ini. Tujuan pertama

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.

mengidentifikasi sifat-sifat mineralogi dan kimia bahan piroklastik asal Gunung Merapi. Tujuan kedua menganalisis perubahan sifat-sifat kimia tanah akibat pemberian bahan piroklastik, bahan humat, dan bakteri pelarut kalium. Tujuan ketiga mengevaluasi pengaruh pemberian bahan piroklastik, bahan humat, dan bakteri pelarut kalium terhadap serapan hara pada tanaman jagung.

Penelitian pertama terkait sifat-sifat mineralogi dan kimia bahan piroklastik asal Gunung Merapi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat-sifat mineralogi dari bahan piroklastis yang berasal dari Gunung Merapi. Metode penelitian diawali dengan pengambilan contoh bahan piroklastik dari letusan Gunung Merapi. Sampel ini kemudian dianalisis menggunakan mikroskop polarisasi, difraksi sinar-X (XRD), dan analisis X-ray Fluorescence (XRF). Hasil analisis ini memberikan informasi tentang komposisi mineral, jenis mineral klei, total unsur yang menyusun mineral-mineral yang terkandung dalam bahan piroklastik. Berdasarkan hasil analisis mikroskop polarisasi dan XRD, mineral-mineral dominan yang dijumpai pada bahan piroklastik diantaranya Albit, Augit, plagioklas, hiperstein dan hornblende. Mineral-mineral ini memberikan petunjuk tentang kemampuannya dalam proses pelapukan yang termasuk dalam kategori mineral mudah lapuk. Hasil analisis XRF menunjukkan total unsur yang dominan adalah Si lebih dari 50%, Al 18%, Ca 8%, Fe 7%, Na 5%, Mg 3%, K 1%, dan unsur-unsur lainnya. Berdasarkan hasil identifikasi jenis mineral dan total unsur yang terkandung dalam bahan piroklastik menunjukkan bahwa bahan ini sangat berpotensi sebagai bahan amelioran bagi tanah-tanah yang miskin hara (tanah marginal).

Penelitian tahap kedua terkait pelepasan unsur hara dan perubahan sifat-sifat kimia tanah akibat pemberian bahan piroklastik, bahan humat, dan bakteri pelarut kalium. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur jumlah unsur hara yang dilepaskan dan perubahan yang terjadi pada sifat kimia tanah setelah pemberian bahan piroklastik, bahan humat dan bakteri pelarut kalium. Penelitian ini menggunakan metode pencucian unsur hara (perkolasi). Bahan piroklastik dibagi menjadi 2 ukuran halus (lolos ayakan 0,05 mm) dan ukuran kasar (lolos ayakan 2 mm), serta dosisnya terdiri dari 0, 9,375, 18,75, 37,5, 75, dan 150 (gram)/1,5 kg tabung pencucian. Sedangkan dosis bahan dasar bahan humat adalah 0,108 g/sampel, dosis dasar bakteri pelarut kalium adalah 1,2 mL/sampel. Sampel tanah diambil dari Mamuju Sulawesi Barat, tanah dikeringudarkan, diayak dengan ayakan ukuran 2 mm, berat setiap sampel sama yaitu 1,5 kg setelah ditambahkan semua bahan (tanah, bahan piroklastik, bahan humat, dan BPK). Sampel tanah dimasukkan dalam tabung perkolasi dalam kondisi kapasitas lapang, kemudian diinkubasi selama 15 hari, setelah itu dimulai proses pencucian hara selama 5 bulan, dan setiap bulannya dilakukan pemanenan perkolat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran butir halus lebih cepat melepaskan unsur hara dibandingkan butir kasar, terutama kalsium (Ca), kalium (K), Magnesium (Mg), dan natrium (Na). Kombinasi bahan humat dan bakteri pelarut kalium meningkatkan proses pelepasan hara dari bahan piroklastik, sehingga lebih tersedia bagi tanaman. Dosis paling baik yaitu dengan pemberian 75 g bahan piroklastik, baik pada piroklastik ukuran halus maupun kasar. Urutan pelepasan hara makro adalah $Ca > K > Mg$ dan urutan pelepasan hara mikro dan unsur benefisial adalah $Si > Mn > Fe$. Aplikasi bahan piroklastik yang dikombinasikan dengan bahan humat dan bakteri pelarut kalium (BPK) menyebabkan peningkatan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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.

nyata kadar unsur hara (Ca, K, Mg, dan Si) dalam tanah. Namun, terjadi penurunan kadar unsur mikro, terutama Fe, Cu, dan Zn, yang kemungkinan disebabkan oleh perubahan pH dan interaksi antar unsur hara yang mempengaruhi ketersediaannya. Penelitian ini menawarkan alternatif dalam pengelolaan tanah dengan meningkatkan efektivitas pelepasan nutrisi dari material vulkanik dan sekaligus meningkatkan kandungan kadar hara dalam tanah.

Penelitian tahap ketiga pengaruh pemberian bahan piroklastik, bahan humat, dan bakteri pelarut kalium terhadap serapan hara pada tanaman jagung. Tujuan penelitian ini mengkaji interaksi antara bahan piroklastik, humat, dan bakteri pelarut kalium terhadap pertumbuhan dan serapan hara tanaman. Penelitian dilakukan di rumah kaca Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Institut Pertanian Bogor, yang diawali dengan proses inkubasi yang dilakukan selama 3 bulan, setelah itu baru melakukan penanaman. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 24 perlakuan yang diulang 3 kali, sehingga menghasilkan 72 satuan percobaan. Analisis data menggunakan uji Analysis of Variance dan uji lanjut Tukey Test. Bahan piroklastik yang digunakan pada tahap penelitian ini adalah yang berukuran halus saja dengan dosis (0, 28,125 g, 56,25 g, 112,5 g, 225 g, dan 450 g)/4,5 kg pot. Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, serta serapan unsur hara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi piroklastik dosis tinggi (450 g+humat+BPK) memberikan pertumbuhan tanaman tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Namun, tidak terdapat perbedaan signifikan dalam jumlah daun dan diameter batang. Analisis serapan hara menunjukkan bahwa perlakuan piroklastik, bahan humat, dan bakteri pelarut kalium terdapat perbedaan dengan perlakuan kontrol terhadap serapan kalsium, kalium, magnesium, besi, seng, dan silikon, sementara unsur natrium, mangan, dan tembaga tidak menunjukkan perbedaan signifikan. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa kombinasi bahan piroklastik, humat, dan BPK dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara dan mendukung pertumbuhan tanaman dan serapan unsur hara tanaman jagung.

Kata kunci: Bahan humat, bakteri pelarut kalium, pelepasan hara, piroklastik, tanah marginal.

SUMMARY

KURNIATI. “Rejuvenation of Marginal Land Using Pyroclastic Material from Mount Merapi, Yogyakarta.” Supervised by SUWARDI, BUDI MULYANTO, and BUDI NUGROHO.

Pyroclastic material is produced by explosive volcanic eruptions in the form of loose (clastic) deposits such as volcanic ash, lapilli, bombs, and blocks. This material is formed from the fragmentation of magma and parent rock that are ejected into the atmosphere and then settle on the Earth's surface. Mineralogically, pyroclastic materials are dominated by silicate components, amorphous minerals, and rock fragments that are highly reactive to weathering. Their physical and chemical properties make them highly effective in improving soil structure and increasing nutrient availability, making them relevant for volcanic soil management and marginal land rehabilitation.

Pyroclastic materials can enhance soil fertility because they contain various primary minerals such as feldspar, pyroxene, and olivine, which are rich in macronutrients (Ca, K, and Mg) and micronutrients (Fe, Mn, Cu, and Zn). These minerals can serve as a long-term source of nutrients that support plant growth, particularly on nutrient-poor marginal lands. However, one of the main challenges in utilizing pyroclastic materials lies in their slow weathering process. The crystalline minerals present in pyroclastic materials are generally resistant to weathering, resulting in a slow release of nutrients into forms that are readily available for plant uptake. This condition may limit its short-term effectiveness if not supported by solvent agents or other conditioning agents, such as active organic matter or mineral-solubilizing microorganisms. Although pyroclastic material holds great potential for sustainably improving soil quality, its slow weathering rate remains a significant challenge. Therefore, an integrated approach is required such as the application of soil conditioners in the form of humic substances and potassium solubilizing bacteria (PSB) to accelerate the weathering process and enhance nutrient availability for plants.

Humic substances, which result from the advanced decomposition of organic matter, contain active functional groups such as carboxylates and phenolics that enhance mineral solubility through ion complexation and chelation processes. These interactions can accelerate the dissolution of minerals in pyroclastic materials, making nutrients such as K^+ , Ca^{2+} , and Mg^{2+} more readily available to plants. In parallel, potassium-solubilizing bacteria contribute to the weathering of potassium-bearing silicate minerals by producing organic acids, enzymes, and chelating agents that help dissolve the mineral matrix. The activity of these microorganisms not only accelerates mineral weathering but also improves soil structure and enhances biological activity. The combination of humic substances and potassium-solubilizing bacteria with pyroclastic materials is therefore expected to establish a more effective, efficient, and sustainable system for soil regeneration.

The first part of the study focuses on the mineralogical and chemical properties of pyroclastic material from Mount Merapi. This section aims to

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.

analyze the mineralogical characteristics of pyroclastic deposits originating from Mount Merapi. The research began with the collection of pyroclastic material samples, which were then analyzed using a polarizing microscope, X-ray diffraction (XRD), and X-ray fluorescence (XRF). The results of these analyses provide information on the mineral composition, types of clay minerals, and the total elemental content comprising the minerals present in the pyroclastic material. Based on the results of polarized light microscopy and XRD analysis, the dominant minerals present in the pyroclastic material include albite, augite, plagioclase, hypersthene, and hornblende. These minerals indicate a high susceptibility to weathering and are classified as easily weathered minerals. XRF analysis reveals that the predominant total elemental composition consists of Si (>50%), Al (18%), Ca (8%), Fe (7%), Na (5%), Mg (3%), K (1%), along with trace amounts of other elements. Taken together, the results of mineral identification and total elemental content demonstrate that pyroclastic material has considerable potential as a soil conditioner, particularly for nutrient-deficient (marginal) soils.

The second phase of the research focused on nutrient release and changes in soil chemical properties resulting from the application of pyroclastic material, humic substances, and potassium-solubilizing bacteria. This study aims to quantify the amount of nutrients released and to assess changes in soil chemical properties following the application of these amendments. The nutrient leaching method (percolation) was used in this experiment. Pyroclastic material was classified into two particle sizes: fine (passing through a 0.05 mm sieve) and coarse (passing through a 2 mm sieve), and applied at doses of 0, 9.375, 18.75, 37.5, 75, and 150 grams per 1.5 kg of soil in each leaching tube. The baseline dose of humic substances was 0.108 g per sample, and the dose of potassium-solubilizing bacteria was 1.2 mL per sample. Soil samples were collected from Mamuju, West Sulawesi, air-dried, and sieved through a 2 mm mesh. Each sample weighed 1.5 kg after the addition of all components (soil, pyroclastic material, humic substances, and potassium-solubilizing bacteria). The samples were then placed in percolation tubes at field capacity and incubated for 15 days. Subsequently, the leaching process was carried out for five months, with percolate collected monthly. The results of the study indicate that fine particles release nutrients more rapidly than coarse particles, particularly calcium (Ca), potassium (K), magnesium (Mg), and sodium (Na). The combination of humic substances and potassium-solubilizing bacteria enhances nutrient release from pyroclastic material, making these elements more readily available to plants. The optimal dose was found to be 75 g of pyroclastic material, regardless of particle size (fine or coarse). The order of macronutrient release is $Ca > K > Mg$, while the order of micronutrient and beneficial element release is $Si > Mn > Fe$. The application of pyroclastic material combined with humic substances and potassium-solubilizing bacteria (PSB) resulted in a significant increase in soil nutrient levels particularly Ca, K, Mg, and Si. However, a decline in micronutrient levels, especially Fe, Cu, and Zn, was observed, which is likely due to pH changes and nutrient interactions that affect their availability. This study presents an alternative strategy for soil management by improving the efficiency of nutrient release from volcanic materials while simultaneously increasing nutrient availability in the soil.

The third phase of the research examined the effects of pyroclastic material, humic substances, and potassium-solubilizing bacteria on nutrient uptake in corn plants. The objective of this phase was to investigate the interactions among pyroclastic material, humic substances, and potassium-solubilizing bacteria on plant growth and nutrient uptake. The experiment was conducted in a greenhouse at the Department of Soil Science and Land Resources, Bogor Agricultural University, beginning with a three-month incubation period followed by planting. A completely randomized design (CRD) was used, consisting of 24 treatment combinations, each replicated three times, resulting in a total of 72 experimental units. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), followed by Tukey's post-hoc test. The pyroclastic material used in this study was fine-grained and applied at rates of 0, 28.125 g, 56.25 g, 112.5 g, 225 g, and 450 g per 4.5 kg of soil per pot. The observed parameters included plant height, number of leaves, stem diameter, and nutrient uptake. The results showed that the high-dose pyroclastic treatment (450 g + humic substances + potassium-solubilizing bacteria) produced the greatest plant growth compared to the other treatments. However, there were no significant differences in the number of leaves and stem diameter. Nutrient uptake analysis revealed that the treatments involving pyroclastic material, humic substances, and potassium-solubilizing bacteria significantly differed from the control in terms of calcium, potassium, magnesium, iron, zinc, and silicon uptake, while sodium, manganese, and copper did not show significant differences. These findings indicate that the combination of pyroclastic material, humic substances, and potassium-solubilizing bacteria can improve nutrient availability and support plant growth and nutrient uptake in corn.

Keywords: *Humic substances, potassium-solubilizing bacteria, nutrient release, pyroclastic, marginal soil.*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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.



- 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 apa pun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025

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.

PEREMAJAAN TANAH MARGINAL MENGGUNAKAN BAHAN PIROKLASTIK GUNUNG MERAPI, YOGYAKARTA

KURNIATI

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Ilmu Tanah

**PROGRAM STUDI ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Iskandar
- 2 Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Sc

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 . Prof. Dr. Ir. Iskandar
- 2 . Husnain, M.P., M.Sc., Ph.D



Judul Disertasi : Peremajaan Tanah Marginal Menggunakan Bahan Piroklastik Asal Gunung Merapi, Yogyakarta

Nama : Kurniati
NIM : A1601221004

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Suwardi, M.Agr
Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Budi Mulyanto, M.Sc.
Pembimbing 3:
Dr. Ir. Budi Nugroho, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Arief Hartono, M.Sc.Agr
NIP 196806281993031012
Dekan Fakultas Pertanian:
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr.
NIP 196902121992031003



Tanggal Ujian:

31 JUL 2025

Tanggal Lulus:

29 SEP 2025



@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.

RAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya, serta salawat kepada Rasulullah shalallahu 'alaihi wasallam sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2023 sampai bulan November 2024 dengan judul “Peremajaan Tanah Marginal Menggunakan Bahan Piroklastik Asal Gunung Merapi, Yogyakarta”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Suwardi, M.Agr, selaku pembimbing utama, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala arahan, masukan yang sangat mendalam, ketelitian, dan kesabaran yang luar biasa dalam membimbing penulis sejak awal hingga disertasi ini tersusun dengan utuh. Komitmen beliau dalam memberikan waktu, energi, serta perhatian terhadap setiap detail substansi dan metodologi sangat berarti bagi kemajuan dan penyempurnaan karya ilmiah ini. Prof. Dr. Ir. Budi Mulyanto, M.Sc, selaku pembimbing kedua penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan ilmiah, saran-saran kritis yang membangun, serta perspektif analitis yang sangat memperkaya isi dan struktur disertasi ini. Kehadiran beliau turut memberikan motivasi dan semangat dalam menyelesaikan berbagai tahapan penelitian. Dr. Ir. Budi Nugroho, M.Si selaku pembimbing ketiga penulis juga menyampaikan apresiasi dan terima kasih atas kontribusi beliau yang signifikan dalam memberikan masukan dan pemikiran yang menajamkan kajian teoritis serta kontekstual dalam disertasi ini. Pandangan beliau yang luas telah membuka wawasan penulis dalam memahami ruang lingkup topik yang diteliti secara lebih komprehensif. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Iskandar dan Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Sc selaku penguji luar komisi saat ujian Prelim Tulis, Prelim Lisan, dan juga sebagai penguji luar komisi pada ujian tertutup. Ucapan terima kasih juga kembali diberikan kepada Prof. Dr. Ir. Iskandar dan Husnain, M.P., M.Sc., Ph.D selaku penguji luar komisi pada ujian promosi.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Rektor Universitas Sulawesi Barat, Dekan Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Ketua Program Studi Agroekoteknologi yang telah memberikan izin penulis untuk melanjutkan pendidikan doktor di sekolah pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ketua dan Sekretaris Program Studi Ilmu Tanah, Ketua dan Sekretaris Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, sps IPB berserta staf administrasi. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi yang telah membiayai studi doktoral melalui Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI). Terima kasih juga penulis sampaikan kepada teman-teman seperjuangan dari Program Studi Ilmu Tanah 2022 terkhusus kepada Welly Herman dan Nurul Ihsan Fauzi yang selalu menemani dan memberikan dukungan serta semangat dalam setiap tahapan perkuliahan, tahapan penelitian, penulisan artikel jurnal bahkan sampai akhir

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.



penulisan disertasi ini tersusun secara utuh. Juga kepada teman-teman Ilmu Tanah angkatan 2021, 2023, teman-teman seperjuangan dari Universitas Sulawesi Barat, teman-teman dari program studi PSL 2019, Program Studi Penyakit Tanaman Fitopatologi 2024, teman-teman awardee BPI semua angkatan. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada tim pengambilan sampel di Gunung Merapi, tim pengambilan sampel tanah di Mamuju-Sulawesi Barat, teman-teman seperjuangan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah DITSL beserta semua Laboran yang telah membantu dalam pengumpulan data penelitian dan penulisan disertasi.

Ucapan terima kasih yang mendalam penulis sampaikan kepada kedua orang tua tersayang Bapak H. Muhammad Nur dan Ibu Mahani atas semua dukungan, kasih sayang dan do'a yang selalu dipanjatkan untuk penulis. Terima kasih juga kepada kedua mertua yang saya hormati Bapak Amir dan Ibu Pica atas dukungan dan do'anya. Kepada suami tercinta Ahmad, S.Sit Pel terima kasih atas semua bentuk dukungannya dari segala sisi (mendampingi, mendo'akan, dukungan finansial) yang tidak pernah terputus bahkan saat-saat saya sedang dalam kondisi terpuruk sekalipun, suami tercinta selalu ada dan hadir sebagai pembangkit semangat. Anak-anak tersayang Nurul Kamaliyah Ramadhani dan Muhammad Ali Yaqub yang dengan sabar mendampingi selama studi dan mendoakan. Terima kasih kepada kakak-kakak yang luar biasa Suryani beserta keluarga dan Rostinah beserta keluarga, kepada adik Mahfud beserta keluarga, semua kaka ipar dan adik ipar sekeluarga.

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

Bogor, Agustus 2025

Kurniati

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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.



DAFTAR ISI

	DAFTAR TABEL	xx
	DAFTAR GAMBAR	xxi
	DAFTAR LAMPIRAN	xxii
I	PENDAHULUAN	1
	1.1. Latar Belakang	1
	1.2. Rumusan Masalah	5
	1.3. Tujuan	6
	1.4. Manfaat	6
	1.5. Diagram Alur Penelitian	6
	1.6. Kebaharuan (<i>Novelty</i>)	7
II	TINJAUAN PUSTAKA	8
	2.1. Gunung Merapi	8
	2.2. Piroklastik dan Keharaan	9
	2.3. Bahan Humat	14
	2.4. Bakteri pelarut Kalium	18
	2.5. Tanah Marginal	20
	2.6. Peremajaan atau Pengayaan Tanah	23
III	SIFAT-SIFAT MINERALOGI DAN KIMIA BAHAN PIROKLASTIK ASAL GUNUNG MERAPI	26
	3.1. Pendahuluan	26
	3.2. Metode Penelitian	28
	3.3. Hasil dan Pembahasan	29
	3.4. Simpulan	32
IV	PELEPASAN UNSUR HARA DAN PERUBAHAN SIFAT-SIFAT KIMIA TANAH AKIBAT PEMBERIAN BAHAN PIROKLASTIK, BAHAN HUMAT, DAN BAKTERI PELARUT KALIUM	34
	4.1. Pendahuluan	34
	4.2. Metode Penelitian	37
	4.3. Hasil dan Pembahasan	39
	4.4. Simpulan	56
V	PENGARUH PEMBERIAN BAHAN PIROKLASTIK, BAHAN HUMAT, DAN BAKTERI PELARUT KALIUM TERHADAP SERAPAN HARA PADA TANAMAN JAGUNG	58
	5.1. Pendahuluan	58
	5.2. Metode Penelitian	60
	5.3. Hasil dan Pembahasan	62
	5.4. Simpulan	73
VI	PEMBAHASAN UMUM	74
VII	SIMPULAN DAN SARAN	81
	7.1. Simpulan	81



7.2. Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN	93
RIWAYAT HIDUP	128

- 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.

DAFTAR TABEL

2.1	Kandungan unsur hara dalam mineral	10
2.2	Representatif mineral pada tingkat pelapukan	13
3.1.	Hasil pengamatan mineral fraksi berat	29
3.2	Hasil analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	30
3.3	Hasil analisis X-Ray Fluorescence (XRF)	32
4.1	Perlakuan perkolasi (pelepasan hara) dari bahan piroklastik	39
4.2	Rata-rata hasil analisis tanah awal sebelum melakukan perlakuan pelepasan hara	52
4.3	Rata-rata kandungan unsur hara dalam tanah setelah proses pelepasan hara (piroklastik halus)	53
4.4	Rata-rata kandungan unsur hara dalam tanah setelah proses pelepasan hara (piroklastik kasar)	55
5.1	Perlakuan percobaan rumah kaca tanaman jagung	61
5.2	Hasil analisis statistik ANOVA serapan hara tanaman jagung	62



DAFTAR GAMBAR

1.1	Diagram alur penelitian	7
2.1	Reaksi Bowen	12
4.1	Ilustrasi alat perkolasi (pelepasan hara)	38
4.2	Total pelepasan hara selama 5 bulan dari berbagai dosis bahan piroklastik	40
4.3	Total pelepasan hara selama 5 bulan dari berbagai perlakuan	42
4.4	Total pelepasan hara makro dari bahan piroklastik pada berbagai perlakuan	45
4.5	Kurva pelepasan hara makro dari bahan piroklastik berdasarkan waktu	46
4.6	Total pelepasan hara mikro dari bahan piroklastik kasar dan halus dengan berbagai perlakuan	50
4.7	Total pelepasan hara Si dari bahan piroklastik halus dan kasar	51
5.1	Total serapan hara kalsium (Ca) tanaman jagung pada setiap kelompok perlakuan	63
5.2	Total serapan hara kalium (K) tanaman jagung pada setiap kelompok perlakuan	65
5.3	Total serapan hara magnesium (Mg) tanaman jagung pada setiap kelompok perlakuan	67
5.4	Total serapan hara besi (Fe) tanaman jagung pada setiap kelompok perlakuan	69
5.5	Total serapan hara seng (Zn) tanaman jagung pada setiap kelompok perlakuan	70
5.6	Rata-rata bobot tanaman jagung pada setiap kelompok perlakuan	72
6.1	Visualisasi perubahan unsur hara tanah setelah aplikasi material piroklastik Gunung Merapi	78

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil analisis XRD	93
2	Detail dosis dari setiap bahan yang digunakan (tanah, bahan piroklastik, bahan humat, dan bakteri pelarut kalium)	94
3	Hitungan dosis piroklastik, humat, dan kebutuhan air pencucian	95
4	Rata-rata total panen air perkolasi pada piroklastik halus	96
5	Rata-rata total panen air perkolasi pada piroklastik kasar	98
6	Total Ca yang tercuci selama 5 bulan pada bahan piroklastik halus dan kasar	100
7	Total K yang tercuci selama 5 bulan pada bahan piroklastik halus dan kasar	102
8	Total Mg yang tercuci selama 5 bulan pada bahan piroklastik halus dan kasar	104
9	Total Na yang tercuci selama 5 bulan pada bahan piroklastik halus dan kasar	106
10	Total Fe yang tercuci selama 5 bulan pada bahan piroklastik halus dan kasar	108
11	Total Mn yang tercuci selama 5 bulan pada bahan piroklastik halus dan kasar	110
12	Total Si yang tercuci selama 5 bulan pada bahan piroklastik halus dan kasar	112
13	Hasil analisis hara setelah pencucian hara pada piroklastik halus dan kasar	114
14	Rata-rata tinggi tanaman selama 6 MST	116
15	Rata-rata jumlah daun tanaman selama 6 MST	117
16	Rata-rata diameter batang tanaman selama 6 MST	118
17	Rata-rata bobot tanaman selama 6 MST	119
18	Rata-rata konsentrasi serapan unsur hara pada tanaman jagung	120
19	Foto-foto penelitian tahap 1 sampai 3	121