

EFISIENSI SERAPAN HARA KALIUM DARI PUPUK KALIUM BERBASIS ZEOLIT UNTUK PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI LAHAN GAMBUT

EKO NOVIANDI GINTING



PROGRAM STUDI ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024

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 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.

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Efisiensi Serapan Hara Kalium Dari Pupuk Kalium Berbasis Zeolit Untuk Perkebunan Kelapa Sawit Di Lahan Gambut” 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 disertasi ini.

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

Bogor, Juli 2024

Eko Noviandi Ginting
A161180031

- 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.



RINGKASAN

EKO NOVIANDI GINTING. Efisiensi Serapan Hara Kalium Dari Pupuk Kalium Berbasis Zeolit Untuk Perkebunan Kelapa Sawit Di Lahan Gambut, dibimbing oleh SYAIFUL ANWAR, KUKUH MURTI LAKSONO (almarhum), BUDI NUGROHO, dan SUROSO RAHUTOMO.

Kelapa sawit merupakan komoditi strategis bagi Indonesia yang menghasilkan devisa yang sangat besar. Selain itu, industri kelapa sawit juga memberikan dampak positif terhadap kehidupan masyarakat melalui penyediaan lapangan pekerjaan. Kondisi tersebut menjadi salah satu pemicu pesatnya perkembangan kelapa sawit di Indonesia sehingga sebagian perkebunan kelapa sawit tersebut telah diusahakan pada lahan gambut. Pengembangan kelapa sawit di lahan gambut tentunya bukan suatu pilihan. Lahan gambut merupakan ekosistem penting yang memiliki multifungsi ekologis, termasuk fungsi hidrologi dan menyimpan karbon yang berpengaruh terhadap perubahan iklim global. Artinya, pemanfaatan lahan gambut untuk perkebunan kelapa sawit akan dihadapkan dengan potensi kerusakan lingkungan yang dapat menyebabkan gambut kehilangan fungsi pentingnya. Selain itu, gambut juga memiliki berbagai tantangan untuk dimanfaatkan sebagai lahan pertanian baik dari karakteristik fisik, kimia, maupun biologinya. Namun, faktanya saat ini tidak kurang dari satu juta hektar lahan gambut di Indonesia sudah dimanfaatkan sebagai perkebunan kelapa sawit. Mengingat fungsi penting gambut dan fakta bahwa telah terjadi pemanfaatan lahan gambut sebagai perkebunan kelapa sawit, maka diperlukan solusi yang tepat dalam mengelola perkebunan kelapa sawit tersebut agar tetap dapat menguntungkan secara ekonomi dan lestari secara ekosistem. Dengan kata lain, pengelolaan perkebunan kelapa sawit, khususnya di lahan gambut, harus dilakukan dengan menerapkan prinsip keberlanjutan.

Prinsip keberlanjutan dalam pengelolaan kelapa sawit di lahan gambut dapat diterapkan dengan mengintegrasikan tiga aspek penting, yaitu tata kelola air, perbaikan tanah, dan pemupukan yang tepat. Tata kelola air terkait dengan upaya menjaga kelembaban gambut sehingga gambut tidak kering atau bahkan terbakar. Perbaikan tanah berhubungan dengan usaha memperbaiki daya dukung tanah secara fisik, kimia, dan biologi sehingga tercipta kondisi yang optimal bagi tanaman agar dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik. Sementara itu, pemupukan berkaitan dengan penyediaan unsur hara baik makro maupun mikro sesuai dengan kebutuhan tanaman sekaligus meminimalkan risiko pencemaran lingkungan. Alasan utama yang melatarbelakangi penelitian ini adalah fakta bahwa lahan gambut telah dimanfaatkan sebagai perkebunan kelapa sawit, dan oleh karenanya perlu dihasilkan teknologi yang tepat terkait pupuk agar pengelolaan perkebunan kelapa sawit di lahan gambut dapat dilakukan secara berkelanjutan. Dengan demikian perkebunan kelapa sawit di lahan gambut dapat tetap menguntungkan secara ekonomi, diterima secara sosial, dan lestari secara ekosistem. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan zeolit alam sebagai karier pupuk kalium guna meningkatkan efektivitas pemupukan kalium pada bibit kelapa sawit yang ditanam pada tanah gambut.

Penelitian diawali dengan memodifikasi zeolit melalui pengecilan ukuran partikel zeolit untuk mengkaji pengaruhnya terhadap daya adsorpsi dan desorpsi zeolit terhadap kalium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modifikasi zeolit dengan mengecilkan ukuran partikel zeolit dari ukuran $\pm 0,147$ mm (zeolit-kasar) menjadi ± 500 nm (zeolit-halus) telah merubah karakteristik zeolit. Hasil citra TEM (*Transmission Electron Microscopy*) memperlihatkan bahwa partikel zeolit yang sebelumnya berbentuk batang dengan ukuran yang relatif besar memanjang berubah menjadi berbentuk bulat atau *spherical*. Perubahan bentuk partikel tersebut diakibatkan oleh proses pengecilan ukuran zeolit dimana zeolit dihaluskan menggunakan alat *planetary ball mill*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengecilan partikel zeolit mampu meningkatkan kapasitas tukar kation zeolit sekitar 60%. Dari percobaan adsorpsi kalium diperoleh hasil bahwa zeolit dengan ukuran kecil (zeolit-halus) memiliki kapasitas adsorpsi kalium lebih tinggi sekitar 130% dibanding zeolit dengan ukuran partikel yang lebih besar (zeolit-kasar). Percobaan desorpsi memperoleh hasil bahwa walaupun jumlah kalium terdesorpsi pada perlakuan zeolit-halus relatif lebih tinggi namun memiliki pola pelepasan kalium yang relatif lebih lambat dibanding zeolit-kasar. Lebih tingginya kapasitas adsorpsi kalium pada zeolit dengan ukuran yang lebih kecil (zeolit-halus) diakibatkan oleh luas permukaannya yang lebih luas.

Tiga formula pupuk kalium berbasis zeolit yang diuji dalam percobaan ini adalah zeolit terimpregnasi kalium dengan pupuk KCl pada perbandingan zeolit : KCl, 40%:60% (formula-1), 50%:50% (formula-2), dan 60%:40% (formula-3). Pupuk kalium berbasis zeolit yang dibuat dari zeolit dengan ukuran partikel $\pm 0,147$ mm disebut ZEKA-kasar dengan tiga formula yaitu ZEKA-kasar-1 (formula-1), ZEKA-kasar-2 (formula-2) dan ZEKA-kasar-3 (formula-3). Sementara itu yang menggunakan ukuran partikel ± 500 nm disebut ZEKA-halus yang juga dengan tiga formula yaitu ZEKA-halus-1 (formula-1), ZEKA-halus-2 (formula-2) dan ZEKA-halus-3 (formula-3). Hasil percobaan memperlihatkan bahwa perlakuan ZEKA-kasar dan ZEKA-halus mampu meningkatkan pH dan kapasitas tukar kation tanah. Hasil percobaan pencucian kalium pada kolom tanah gambut memperlihatkan bahwa rerata kalium tercuci tertinggi diperoleh pada perlakuan KCl yaitu sekitar 167 mg/L sementara yang terendah pada perlakuan ZEKA-halus-1 yaitu sebesar 74,64 mg/L. Pada akhir percobaan total kalium tercuci pada perlakuan KCl sekitar 84%, sementara pada perlakuan ZEKA-halus-1 yaitu hanya sekitar 31% dari total kalium yang diaplikasikan. Secara umum rerata total kalium tercuci pada perlakuan KCl lebih tinggi sekitar 39% dibanding semua perlakuan pupuk kalium berbasis zeolit (ZEKA-kasar dan ZEKA-halus). Hasil tersebut menunjukkan bahwa pupuk kalium berbasis zeolit mampu memperkecil potensi kehilangan kalium akibat pencucian.

Hasil pemupukan menggunakan pupuk kalium berbasis zeolit menghasilkan pertumbuhan vegetatif bibit kelapa sawit yang lebih baik dibanding pupuk KCl. Tinggi dan diameter batang yang lebih besar dihasilkan pada perlakuan pupuk kalium berbasis zeolit dibanding perlakuan pupuk KCl. Demikian halnya dengan berat kering, serapan hara, dan efisiensi penggunaan hara kalium yang juga lebih tinggi pada perlakuan pupuk kalium berbasis zeolit. Dari aspek efisiensi, pupuk ZEKA mampu menghasilkan tingkat efisiensi sekitar 38% dibanding pupuk KCl. Secara keseluruhan dapat dikatakan penggunaan zeolit alam sebagai karier dalam pembuatan pupuk kalium berbasis zeolit mampu menghasilkan efektivitas



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.

pemupukan kalium yang lebih tinggi sehingga menghasilkan pertumbuhan bibit kelapa sawit yang lebih baik dibanding perlakuan pupuk KCl. Sementara itu penggunaan partikel zeolit dengan ukuran yang lebih kecil sebagai karier pupuk kalium, walaupun menghasilkan efektivitas yang relatif lebih tinggi, namun tidak berbeda nyata dibandingkan dengan partikel dengan ukuran yang lebih besar. Kebaharuan yang diperoleh dari serangkaian percobaan pada penelitian ini adalah: (1) penelitian ini berhasil mendapatkan formulasi pupuk kalium berbasis zeolit alam yang memiliki efisiensi lebih tinggi sekitar 38% dibanding pupuk KCl pada bibit kelapa sawit yang ditanam pada tanah gambut dan (2) penelitian ini memberikan informasi ilmiah terkait pengaruh ukuran partikel zeolit terhadap efektivitas pupuk kalium berbasis zeolit yang dihasilkan.

Pertumbuhan dan produksi tanaman pertanian yang baik tidak dapat dilepaskan dari pemupukan. Namun, pemupukan yang tidak tepat dapat merugikan secara ekonomi dan menyebabkan pencemaran lingkungan. Penelitian ini berhasil memformulasi pupuk kalium berbasis zeolit, ZEKA, yang memiliki efisiensi lebih tinggi dibanding pupuk KCl. Dengan teknologi yang sederhana dan dengan ketersediaan bahan baku yang melimpah di Indonesia, hasil penelitian ini memiliki potensi yang besar untuk diterapkan pada skala luas. Oleh karenanya, hasil penelitian ini diyakini akan memberikan manfaat yang luas bagi industri kelapa sawit di Indonesia.

Kata kunci: pencucian hara, pupuk lepas lambat, efisiensi penggunaan hara, gambut

SUMMARY

EKO NOVIANDI GINTING. Potassium uptake efficiency of zeolite-based potassium fertilizer for oil palm plantations in peatland. Supervised by SYAIFUL ANWAR, The Late KUKUH MURTELAKSONO, BUDI NUGROHO, dan SUROSO RAHUTOMO.

Oil palm is a strategic commodity for Indonesia and a major foreign exchange resource. The oil palm industry also positively impacts people's lives by providing employment. This condition is one of the triggers for the rapid development of oil palm in Indonesia, which is why some oil palm plantations have been established on peatlands. Peatlands are important ecosystems with multiple ecological functions, including hydrological and carbon storage, which affect global climate change. Therefore, the utilization of peatlands for oil palm plantations faces potential environmental damage that could cause the peat to lose its essential functions. In addition, peat's physical, chemical, and biological characteristics pose several challenges to its use as agricultural land. However, up to one million hectares of peatland in Indonesia are used for oil palm plantations. Given the critical function of peat and the fact that peatlands have been used as oil palm plantations, there is a need to find an appropriate solution for managing these oil palm plantations to remain economically profitable and ecologically sustainable. In other words, the management of oil palm plantations, especially on peatlands, must be based on sustainability principles.

The principle of sustainability in oil palm management on peatlands can be applied by integrating three important aspects: water management, soil improvement, and proper fertilization. Water management refers to maintaining the peat's moisture content. This prevents the peat from drying out or even burning. Soil improvement refers to creating optimal conditions for plants to grow and produce well by improving the soil's physical, chemical, and biological carrying capacity. Meanwhile, fertilization refers to providing both macronutrients and micronutrients to meet the needs of plants while minimizing the risk of environmental pollution. The main reason for this research is that peatlands have been used as oil palm plantations. Therefore, it is necessary to develop appropriate technology related to fertilization so that the management of oil palm plantations on peatlands can be sustainable. This way, oil palm plantations on peatlands can remain economically profitable, socially acceptable, and ecologically sustainable. This study aims to evaluate the effectiveness of natural zeolite as a potassium fertilizer carrier in increasing the effectiveness of potassium fertilization on oil palm seedlings planted on peat soils.

The research was started by modifying zeolite by reducing the zeolite particle size to study its effect on the adsorption and desorption capacity of zeolite towards potassium. The results showed that zeolite modification by reducing the zeolite particle size from ± 0.147 mm (coarse-zeolite) to ± 500 nm (fine-zeolite) has changed the properties of zeolite. TEM (Transmission Electron Microscopy) images show that the zeolite particles, which were previously rod-shaped with a relatively large-elongated size, have changed to a spherical shape. Zeolite particle size reduction, which involves grinding the zeolite in a planetary ball mill, causes

this change in particle shape. The results showed that reducing the zeolite particles increased the cation exchange capacity of the zeolite by about 60%. The potassium adsorption experiment showed that zeolite with a small particle size (fine-zeolite) has a higher potassium adsorption capacity of about 130% than zeolite with a larger particle size (coarse-zeolite). Desorption experiments showed that although relatively more potassium was desorbed from fine-zeolite treatment, it had a slower potassium release pattern than coarse zeolite. The higher potassium adsorption capacity of the smaller-size zeolite (fine-zeolite) is due to its larger surface area.

The three zeolite-based potassium fertilizer formulas tested in this trial were potassium-impregnated zeolite with KCl fertilizer, in the ratio of zeolite to KCl were 40%:60% (formula-1), 50%:50% (formula-2), and 60%:40% (formula-3). The zeolite-based potash fertilizer made from zeolite with a particle size of ± 0.147 mm is called ZEKA-coarse with three formulas, namely ZEKA-coarse-1 (Formula-1), ZEKA-coarse-2 (Formula-2), and ZEKA-coarse-3 (Formula-3). Meanwhile, those using a particle size of ± 500 nm are called ZEKA-fine, also with three formulae, namely ZEKA-fine-1 (Formula-1), ZEKA-fine-2 (Formula-2), and ZEKA-fine-3 (Formula-3). Experimental results showed that ZEKA-coarse and ZEKA-fine treatments could increase soil pH and cation exchange capacity. The results of the potassium leaching experiment on the peat soil column showed that the highest average leached potassium was obtained from the KCl treatment at 167 mg/L, while the lowest was 74.64 mg/L from the ZEKA-fine-1 treatment. At the end of the experiment, the total leached potassium in the KCl treatment was about 84%, while in the ZEKA-fine-1 treatment, it was only about 31% of the total potassium applied. The average total leached potassium in the KCl treatment was about 39% higher than in all zeolite-based potassium fertilizer treatments (ZEKA-coarse and ZEKA-fine). These results indicate that zeolite-based potassium fertilizers can minimize potential potassium losses due to leaching.

Fertilization with zeolite-based potassium fertilizer has resulted in superior vegetative growth of oil palm seedlings compared to KCl fertilizer. Seedling height and stem diameter were greater in the zeolite-based potassium fertilizer treatment than in the KCl treatment. Similarly, biomass dry weight, nutrient uptake, and potassium use efficiency parameters were higher in the zeolite-based potassium fertilizer treatment. Regarding efficiency, the ZEKA fertilizer produced about 38% higher efficiency than the KCl. Overall, using natural zeolite as a carrier in producing zeolite-based potassium fertilizer can produce higher potassium fertilization efficiency, resulting in better growth of oil palm seedlings compared to the KCl fertilizer treatment. Meanwhile, the use of smaller zeolite particles as potassium fertilizer carriers, although producing relatively higher efficacy, is similar to larger particles. The novelties obtained from a series of experiments in this research were: (1) this study succeeded in obtaining a natural zeolite-based potassium fertilizer formulation that has a higher efficiency of about 38% compared to KCl on oil palm seedlings planted in peat soil and (2) this study provides scientific information related to the effect of zeolite particle size on the effectiveness of zeolite-based potassium fertilizer produced.

Fertilization is inextricably linked to good crop growth and production. However, improper fertilization can be economically costly and cause environmental pollution. This research has successfully formulated a zeolite-based potassium fertilizer, ZEKA, which is more efficient than KCl. With simple



technology and the availability of abundant raw materials in Indonesia, the results of this research have great potential to be applied on a large scale. The results of this research will greatly benefit Indonesia's oil palm industry.

Keywords:nutrient use efficiency, slow release fertilizer, nutrient leaching, peat

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 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.

© 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 dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

EFISIENSI SERAPAN HARA KALIUM DARI PUPUK KALIUM BERBASIS ZEOLIT UNTUK PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI LAHAN GAMBUT

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor
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.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Dr. Ir. Suwardi, M.Agr
- 2 Dr. Ir. Winarna, M.P

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Dr. Ir. Suwardi, M.Agr
- 2 Dr. Iman Yani Harahap

Judul Disertasi: Efisiensi Serapan Hara Kalium dari Pupuk Kalium Berbasis Zeolit
Untuk Perkebunan Kelapa sawit di Lahan Gambut.

Nama : Eko Noviandi Ginting

NIM : A161180031

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Syaiful Anwar, MSc.

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Kukuh Murti Laksono, MS. (Alm)

Pembimbing 3:
Dr. Ir. Budi Nugroho, MSi.

Pembimbing 4:
Dr. Ir. Suroso Rahutomo, MAgr.ST.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Sc.
NIP 196211131987031003

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



Tanggal Ujian: 27 Juni 2024

Tanggal Lulus:

06 AUG 2024



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga penelitian dan penulisan disertasi dengan judul “Efisiensi Serapan Hara Kalium Dari Pupuk Kalium Berbasis Zeolit Untuk Perkebunan Kelapa Sawit di Lahan Gambut” ini berhasil diselesaikan.

Penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Sc selaku ketua komisi pembimbing, Prof. Dr. Ir. Kukuh Murti Laksono, M.Sc (*Almarhum*); Dr. Ir. Budi Nugroho, M.Si; dan Dr. Ir. Suroso Rahutomo, MAgST selaku anggota komisi pembimbing yang dengan sangat sabar telah memberikan arahan, saran, dan semangat dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan disertasi ini. Terima kasih juga diucapkan kepada Dr. Suwardi M.Agr, Dr. Winarna, dan Dr. Iman Yani Harahap selaku penguji luar komisi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pimpinan Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) beserta jajaran manajemen yang telah memberikan izin tugas belajar dan mendukung pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Nuzul Hijri Darlan, Dhimas Wiratmoko MSc, Rizki Desika Putri Pane SSi dan rekan-rekan peneliti di kelompok peneliti Ilmu Tanah dan Agronomi PPKS. Selain itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Chairunisa, Yolanda, Qory Abdilah, Fakhrol Rozi dan para teknisi Kelti KITA PPKS yang telah banyak membantu pelaksanaan penelitian ini. Penghargaan yang luar biasa dan rasa terima kasih juga penulis ucapkan kepada ayah dan ibu serta ayah dan ibu mertua atas segala semangat dan do'a untuk kelancaran penulis selama melaksanakan studi. Kepada istri penulis, Aulia Rahmi, dan anak-anak kami, Fathih Athalah Raviandi Ginting, Fayza Annisa Raviandi Ginting, dan Fakhrol Akbar Raviandi Ginting, terima kasih atas dukungan, do'a dan kasih sayangnya.

Akhir kata penulis berharap penelitian ini bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan memberikan dampak positif terhadap pertanian Indonesia.

Bogor, Juli 2024

Eko Noviandi Ginting

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	5
1.6. Kebaruan Penelitian (<i>Novelty</i>)	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Kelapa Sawit di Lahan Gambut	6
2.2. Hara Kalium di Tanah Gambut	9
2.3. Zeolit Alam	10
2.4. Pupuk Lepas Lambat (<i>Slow Release Fertilizer</i>)	12
III. PENGARUH UKURAN PARTIKEL ZEOLIT TERHADAP KAPASITAS ADSORPSI DAN DESORPSI KALIUM	15
Abstrak	15
3.1. Pendahuluan	15
3.2. Metode Penelitian	16
3.2.1. Modifikasi partikel zeolit	16
3.2.2. Aktivasi zeolit	17
3.2.3. Adsorpsi dan desorpsi kalium pada zeolit	17
3.3. Hasil dan Pembahasan	18
3.3.1. Karakteristik zeolit	18
3.3.2. Adsorpsi dan desorpsi kalium pada zeolit	21
3.4. Simpulan	23
IV. SIMULASI PENCUCIAN KALIUM DARI PUPUK KALIUM BERBASIS ZEOLIT ALAM PADA KOLOM TANAH GAMBUT	24
Abstrak	24
4.1. Pendahuluan	24
4.2. Metode Penelitian	25
4.2.1. Formulasi dan pengujian pencucian pupuk kalium berbasis zeolit	26
4.2.2. Rancangan dan pelaksanaan percobaan	27
4.3. Hasil dan Pembahasan	29
4.3.1. Karakteristik tanah gambut	29
4.3.2. Kalium tercuci pada kolom tanah gambut	33
4.4. Simpulan	37
V. EFISIENSI PENGGUNAAN HARA KALIUM DARI PUPUK ZEKA PADA BIBIT KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN MEDIA TANAH GAMBUT	38
Abstrak	38



5.1. Pendahuluan	38
5.2. Metode Penelitian	40
5.2.1. Rancangan dan pelaksanaan percobaan	41
5.2.2. Pengukuran vegetatif bibit, kalium tercuci, dan berat kering bibit	43
5.2.3. Serapan hara kalium dan efisiensi penggunaan hara kalium	43
5.3. Hasil dan Pembahasan	44
5.3.1. Tinggi bibit, jumlah daun, dan diameter batang	44
5.3.2. Berat kering dan serapan hara kalium pada bibit kelapa sawit	45
5.3.3. Efisiensi serapan hara kalium	48
5.3.4. Kalium tercuci	49
5.4. Simpulan	52
VI. PEMBAHASAN UMUM	53
6.1. Pengaruh ukuran partikel zeolit terhadap kapasitas adsorpsi dan desorpsi kalium	53
6.2. Simulasi pencucian kalium dari pupuk kalium berbasis zeolit alam pada kolom tanah gambut	53
6.3. Efisiensi penggunaan hara kalium dari pupuk ZEKA pada bibit kelapa sawit menggunakan media tanah gambut	55
VII. SIMPULAN DAN SARAN	59
7.1. Simpulan	59
7.2. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
RIWAYAT HIDUP	77

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

3.1	Karakter zeolit sebelum diaktivasi, zeolit-kasar, dan zeolit-halus	20
4.1	Formula dan kandungan K ₂ O dari masing-masing pupuk ZEKA	27
4.2	Dosis pupuk pada masing-masing perlakuan	27
4.3	Karakteristik contoh tanah gambut yang digunakan dalam penelitian sebelum perlakuan	30
4.4	Karakteristik contoh tanah gambut yang digunakan dalam penelitian setelah perlakuan	31
5.1	Karakteristik kimia tanah gambut yang digunakan dalam penelitian	40
5.2	Kandungan K ₂ O pada pupuk ZEKA-kasar dan ZEKA-halus pada masing-masing formula	41
5.3	Dosis pupuk pada masing-masing perlakuan	42
5.4	Tinggi bibit, jumlah daun, dan diameter batang pada setiap perlakuan	44
5.5	Serapan kalium bibit pada masing-masing perlakuan	46
5.6	Efisiensi penggunaan hara kalium pada bibit kelapa sawit dari setiap perlakuan.	48
5.7	Jumlah kalium tercuci pada setiap perlakuan	49
5.8	Perbandingan efektivitas pemupukan kalium antara Zeka-kasar dan ZEKA-halus terhadap pertumbuhan bibit, serapan hara kalium, dan kalium tercuci	51

DAFTAR GAMBAR

3.1	Alur kegiatan penelitian adsorpsi dan desorpsi kalium pada zeolit alam	18
3.2	Hasil citra TEM Zeolit-kasar (atas) dan Zeolit-halus (bawah)	19
3.3	Histogram analisis ukuran dan distribusi partikel zeolit-halus menggunakan <i>particle size analyzer</i> (PSA)	19
3.4	Pengaruh lama perendaman terhadap adsorpsi kalium pada zeolit-kasar dan zeolit-halus	21
3.5	Akumulasi kalium terdesorpsi pada zeolit-kasar dan zeolit-halus	22
4.1	Alur kegiatan pembuatan pupuk kalium berbasis zeolit (pupuk ZEKA)	26
4.2	Ilustrasi kolom tanah yang terbuat dari akrilik untuk pengambilan contoh tanah tidak terganggu	28
4.3	Ilustrasi area titik pengambilan contoh tanah pada <i>interrow</i> tanaman kelapa sawit	28
4.4	Kegiatan pengambilan contoh tanah tidak terganggu menggunakan kolom tanah berbahan akrilik	29
4.5	Susunan kolom tanah yang ditempatkan di dalam rumah kaca	29
4.6	Perbandingan pH tanah pada masing-masing perlakuan di akhir penelitian	31
4.7	Perbandingan KTK tanah pada masing-masing perlakuan di akhir penelitian	32
4.8	K-tertukarkan tanah pada masing-masing perlakuan di akhir penelitian	33
4.9	Kalium tercuci setiap minggu pengamatan pada masing-masing perlakuan	34
4.10	Akumulasi kalium tercuci pada masing-masing perlakuan	35
4.11	Total kalium tercuci pada masing-masing perlakuan	35
5.1	Hasil granulasi antara zeolit terimpregnasi kalium dengan pupuk KCl (pupuk ZEKA). Formula-1 yaitu 40% zeolit terimpregnasi kalium + 60% KCl (kiri); formula-2: 50% zeolit terimpregnasi kalium + 50% KCl (Tengah); dan formula-3: 60% zeolit terimpregnasi kalium + 40% KCl (kanan)	41
5.2	Pelaksanaan percobaan di rumah kaca Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan	42
5.3	Perbandingan berat kering tajuk, akar, dan total bibit pada setiap perlakuan	45
5.4	Komposisi antara berat kering akar dan berat kering tajuk pada setiap perlakuan	46

@Hak cipta milik IPB University

5.5	Korelasi antara serapan kalium bibit kelapa sawit dengan tinggi bibit (a); diameter batang (b); jumlah daun (c); dan total berat kering bibit (d)	47
5.6	Perbandingan akumulasi kalium tercuci antara perlakuan KCl, ZEKA-kasar, dan ZEKA-halus	50
6.1	Ilustrasi posisi kalium pada pupuk ZEKA	56
6.2	Ilustrasi proses pelepasan kalium dari pupuk ZEKA	57





@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.