

Pengaruh Aplikasi Biokom, *Coal Fly-Ash*, dan Fungi Pelarut P Terhadap Sifat Kimia Tanah Gambut yang Ditanami Tanaman Jagung (*Zea mays*)

Muhammad Syifa, Hairil Ifansyah*, Ismed Fachruzi

Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Jalan Jenderal A. Yani KM36 Simpang Empat, Banjarbaru 70714, Indonesia

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

Informasi Artikel

Received 03 November 2023
Accepted 06 Februari 2024
Published 09 Februari 2024
Online 09 Februari 2024

Keywords:

Peat soil; Biochar; EFB
compost; Phosphate
solventfungi

Abstrak

As long as the issues with peat soil, particularly with some of its chemical qualities, can be treated properly, it has the potential to be utilized as agricultural land. Empty oil palm fruit bunches (EFB), which are produced by the size of oil palm farms, can be used to make biochar and EFB compost, which are then combined to create biokom, which can enhance soil structure and increase the availability of phosphorus in peat. *Aspergillus oryzae*-Tb7 is one of the phosphore solubilizing fungus (FPP) that aid in accelerating the release of accessible P. The byproduct of burning coal in a PLTU that is alkaline by nature and capable of raising soil pH to promote an increase in available P is known as coal fly ash (CFA). The goal of this study's conclusion was to ascertain the impact on the chemical characteristics of maize plants' uptake of P as well as soil pH, CEC, soluble Fe, and available P. A single-component, completely randomized design was used in this study (CRD). The factors A 0, which stood for "control without treatment," A1, "P fertilizer," A2, "P + Biochar fertilizer," A3, "P + CFA fertilizer," A4, "P fertilizer + Biokom + FPP," and "P fertilizer + Biokom + CFA + FPP," were tested. There were three repetitions of each therapy, yielding 18 trials. The findings show that the use of biokom, FPP, and CFA can improve P uptake, soil pH, CEC, and soil-accessible P while lowering plant dry weight and soluble Fe.

1. Pendahuluan

Tanah gambut merupakan jenis tanah yang terbentuk dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan yang sedang atau telah mengalami pelapukan sehingga kandungan bahan organiknya tinggi. Luas lahan gambut Indonesia sekitar 14.9 juta ha dan untuk wilayah Kalimantan Selatan lahan gambut mencapai sekitar 107.344 ha (BBSDLP, 2015). Lahan gambut sangat berpotensi untuk dijadikan lahan pertanian asalkan masalah-masalah yang ada di tanah gambut itu sendiri dapat diatasi dengan tepat.

Karakteristik tanah gambut yang berbeda dengan tanah mineral salah satunya adalah pada sifat kimia tanah sehingga pemanfaatan gambut memerlukan *input* yang lebih banyak dan model pengelolaan yang kompleks (Soil Survey Staff, 2003). Sifat kimia tanah gambut umumnya memiliki pH yang rendah (masam), tingkat kesuburan yang rendah. Asam-asam organik yang mengikat unsur hara P pada tanah gambut terjadi dengan kekuatan ikatan yang lemah sehingga mudah terlepas dan terbawa bersama air lindi sehingga ketersediaan P juga menjadi masalah (Masganti, 2003). Sebagian lahan gambut mempunyai substratum liat marin, sehingga mempunyai risiko apabila terjadi ekspose atau kekeringan yang mengakibatkan pelarutan ion-ion logam yang meracun, seperti Fe^{2+} , Mn^{2+} yang menyumbang ion H^+ berlebih sehingga memasamkan tanah dan berdampak buruk pada pertumbuhan tanaman di atasnya (Sari *et al.*, 2017).

Kejenuhan basa yang rendah pada tanah gambut juga merupakan penyebab lain kemasaman tanah gambut. KTK tanah gambut berkisar dari 50 hingga 100 $cmol(+)/kg$ (tergolong tinggi), sementara kandungan kation basanya rendah, sehingga mengakibatkan nilai kejenuhan basa gambut juga rendah, sementara itu KTK lebih didominasi oleh ion hidrogen (H^+) dan menyebabkan pH rendah. Kondisi ini juga menyebabkan sejumlah pupuk yang diberikan ke dalam tanah akan sulit diambil oleh tanaman yang pada akhirnya berpengaruh terhadap

produktivitas hasil panen (Barchia, 2002).

Petani lahan gambut pada umumnya untuk meningkatkan produktivitas hasil panen mengaplikasikan pupuk anorganik atau pupuk kimia. Pupuk kimia memang lebih mudah didapatkan serta berpengaruh nyata terhadap produktivitas hasil tani dalam jangka pendek tetapi pupuk ini relatif mahal serta diikuti dengan dampak jelek yaitu masalah lingkungan yang ditimbulkannya. Upaya untuk mengurangi masalah yang ditimbulkan pupuk kimia maka petani mulai menerapkan pupuk organik yang dapat diolah berdasarkan bahan-bahan limbah organik seperti limbah peternakan, perkebunan, pertanian, dan lain-lain. Kondisi ini terkait pula dengan hal-hal seperti bahan dasar yang mudah ditemui dan modal relatif lebih murah, ramah lingkungan, sertadapat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan daya serap tanah terhadap air. Kekurangan dari pupuk organik adalah perlu jangka waktu yang relatif panjang untuk mengubah hara yang masih dalam bentuk organik menjadi hara yang dapat di serap oleh tanaman sehingga kurang maksimal dalam upaya pemupukan.

Peningkatan efisiensi pemupukan P organik dalam mengatasi rendahnya P tersedia yang terjadi pada tanah gambut adalah dengan memanfaatkan kelompok mikroorganisme, salah satunya adalah fungi pelarut P yang mampu melarutkan P dalam bentuk tidak tersedia menjadi tersedia dan dapat diserap oleh tanaman, pemanfaatan bahan organik seperti biochar, kompos, dan kombinasi keduanya (biokom) berbahan dasar tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dimana biochar sebagai media bagi miselium atau filamen fungi pelarut P dan kompos sebagai pupuk P organik. Kemudian pemanfaatan limbah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), limbah PLTU berupa *Coal Fly-Ash* (CFA) atau abu terbang batubara yang mampu memperbaiki sifat kima tanah (Fahrunsyah *et al.*, 2018; Kaur dan Goyal, 2015). Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu dilakukan kajian mengenai fungi pelarut P, biokom, dan abu terbang batubara pada tanah gambut yang dapat mempengaruhi serapan P pada tanaman.

2. Bahan dan Metode

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Fisika, Kimia dan Biologi Jurusan Tanah Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru pada bulan April 2022 sampai dengan bulan Juni 2022. Penelitian ini merupakan percobaan pot yang dilaksanakan di rumah kaca dan dirancang dengan rancangan acak lengkap (RAL) faktor tunggal. Faktor tunggal yang diperlakukan adalah amelioran tanah gambut berupa formulasi pupuk P, biochar, biokom- Fungi Pelarut P *A.oryzae*-Tb7 (FPP) dan CFA yaitu tanah +tanpa amelioran (A0), tanah + pupuk P (150 kg P₂O₅ h⁻¹) (A1), tanah + pupuk P (150 kg P₂O₅ h⁻¹) + biochar 15 ton/ha (A2), tanah + pupuk P (150 kg P₂O₅ h⁻¹) + *Coal fly-ash* 5 ton/ha (A3), tanah + pupuk P (150 kg P₂O₅ h⁻¹) + *A.oryzae*-Tb7+biokom 60:40 (biochar 60 % dan kompos 40%) (A4), tanah + pupuk P(150 kg P₂O₅ h⁻¹) + *coal fly-ash* 41,67 g/pot + *A.oryzae*-Tb7+biokom 60:40 (biochar60 % dan kompos 40%) (A5). Setiap perlakuan diulang tiga kali, jadi diperoleh 18 satuan percobaan.

2.2. Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan sampel tanah gambut diambil pada kedalaman 0-20 cm di Desa SukamaraKelurahan Landasan Ulin Utara, Kota Banjarbaru Kalimantan Selatan. Contoh tanah dikumpulkan, dikeringanginkan, kemudian sebanyak 5 kg dan dimasukkan kedalam pot dengan diameter permukaan 23,5 cm tinggi 18,5 cm dan ditata sesuai rancangan penelitian. Setelah itu, terhadap masing-masing percobaan di berikan perlakuan sesuai dosis perlakuan.

Pupuk P yang digunakan adalah pupuk SP-36 dengan kadar P₂O₅ total minimal 36% dalam 50 kg dimana berat molekul P= 30,973761998, sedangkan dosis P yang di perlukan adalah 150 kg h⁻¹. Biochar TKKS didapatkan di Laboratorium Bioenergi, Universitas Tribuwanatunggadewi, Malang dengan pengolahannya menggunakan sistem *slow pyrolysis* dengan temperatur pemanasan 400° C yang hampir bebas oksigen dan selama enam jam. Biochar TKKS yang sudah dingin disaring dengan ayakan berdiameter 10 mesh (< 2 mm). Sebelum kompos TKKS diaplikasikan, kompos TKKS dikeringudarkan selama 1 minggu. Setelah itu dilakukan pengayakan dengan ayakan berdiameter lolos lubang <0,5 mm. Biochar TKKS diaplikasikan dengan dosis 15 t h⁻¹. CFA yang digunakan diambil dari PLTU Pulang Pisau Kalimantan Tengah. CFA dibutuhkan dengan takarandosis setara 5 ton/ha atau 41,67 gram.

Fungi pelarut P (FPP) yang digunakan adalah salah satu isolat FPP terbaik milik Ichriani *et al.* (2018) yaitu *A.oryzae*-Tb7 yang akan diinokulasikan pada media pembawa yaitu biokom dengan dosis 125 gram . Setelah itu biokom yang sudah dicampur dengan FPP diinkubasi selama satu minggu. Biokom FPP tersebut adalah isolat *A.oryzae*-Tb7 pada biokom 60:40. Biochar dan biokom FPP menggunakan takaran setara 15 t h⁻¹. Kepadatan FPP dalam setiap media pembawa adalah 108 konidia/ml/10g biokom.

Pot yang sudah berisi tanah dan perlakuan, diinkubasi selama dua minggu dengan mempertahankan kadar airnya (kelembaban tanah). Setelah masa inkubasi berakhir, tanah ditanam bibit jagung dilakukan dengan memasukan dua biji benih pada lubang di masing-masing pot percobaan dimana dua benih ini akan diseleksi dua

minggu setelah tanam. Selama pertumbuhan tanaman dilakukan pemeliharaan dengan memberikan penyiraman satu kali/hari pada sore hari untuk menjaga kelembaban tanah sekitar sebesar $\pm 70\%$ kapasitas lapang. Selain penyiraman, dilakukan penyulaman bila ada tanaman yang mati, penyulaman dilakukan dengan menggunakan bibit tanaman yang ditanam ditempat berbeda dengan umur yang sama. Bila ada tanaman yang mati di pot yang utama maka tanaman yang mati diganti. Pembersihan pot tanaman dari rumput yang tumbuh dan mengganggu selalu dilakukan agar tidak ada persaingan dalam pengambilan unsur hara. Hal ini dilakukan secara manual dengan mencabut rumput yang tumbuh di dalam pot. Setelah umur 2 bulan tanaman jagung (atau saat bunga jantan keluar) tanaman dipangkas kemudian di oven untuk analisis berat kering dan serapan P tanaman jagung. Tanah yang telah ditanami jagung di ambil sebanyak 1 kg untuk analisis pH metode Elektroda Glass 1:5, KTK dengan metode ekstrak 1N NH_4OAc pH yang di sesuaikan dengan pH rata-rata tanah, Fe-larut dengan metode ekstrak amonium asetat dengan pH yang di sesuaikan pada tanah perlakuan, dan P-tersedia dengan metode Bray I.

Data hasil pengamatan terhadap parameter penelitian dianalisis terlebih dahulu dengan uji kehomogenan ragam Bartlett. Jika ragamnya homogen dilanjutkan dengan uji ragam yang ditimbulkan oleh masing-masing perlakuan (ANOVA), tetapi jika ragam tidak homogen dilakukan transformasi data sampai ragamnya menjadi homogen selanjutnya dapat dilakukan analisis ragam (*Analysis of variance-ANOVA*) antar perlakuan dengan program Anova Excel V-4. Jika ragam yang ditimbulkan oleh masing-masing perlakuan berbeda nyata atau sangat nyata, maka dilanjutkan dengan uji beda nilai tengah menggunakan DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf kesalahan 5%.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Reaksi Tanah (pH)

Analisis ragam terhadap data pH tanah menunjukkan bahwaragam yang ditimbulkan oleh perlakuan berpengaruh sangat nyata. Analisis nilai tengah terhadap perubahan pH tanah sebelum tanam karena perlakuan berupa biokom, FPP, dan CFA dapat dilihat pada Gambar 1. Pengaruh perlakuan pupuk P (A1), kombinasi pupuk P + biochar (A2), kombinasi pupuk P + biokom + FPP (A4), dan kombinasi pupuk P + biokom + FPP + CFA (A5) tidak nyata meningkatkan nilai pH tanah, kecuali pemberian perlakuan kombinasi pupuk P + CFA (A3) yang nyata meningkatkan pH tanah.

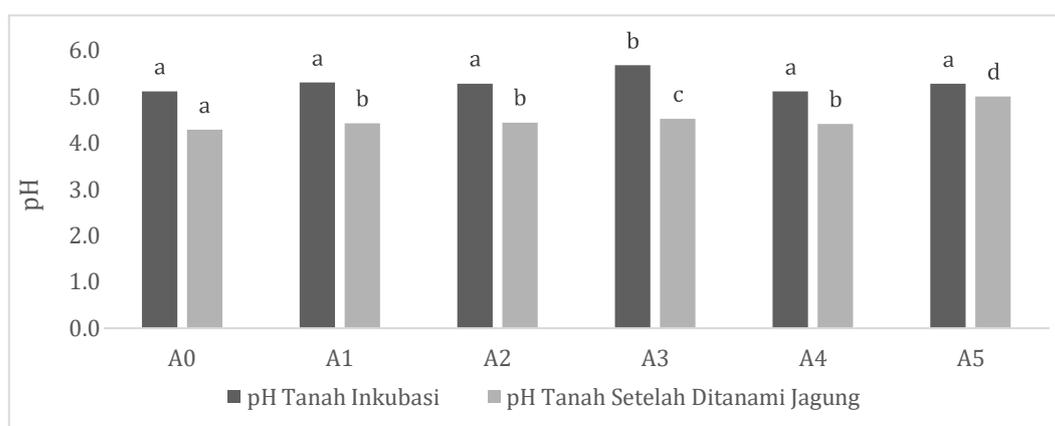
Tabel 1. Data analisis awal tanah gambut, biochar, kompos, dan CFA yang digunakan (Ichriani *et al.*, 2018)

| No | Sampel | pH (H ₂ O) | P-Total (%) | P-tersedia bray I (ppm) |
|----|--------------|-----------------------|-------------|-------------------------|
| 1 | Tanah gambut | 5,60 (agak masam) | 0,32 | 81,21 |
| 2 | Biochar | 9,90 (alkalis) | 0,22 | - |
| 3 | Kompos | 4,47 (masam) | 0,93 | - |
| 4 | CFA | 13,04 (alkalis) | 0,60 | - |

Hasil pengukuran pH tanah gambut setelah ditanami jagung karena pengaruh aplikasi Biokom, FPP, dan CFA menunjukkan bahwa sebaran data perubahan reaksi tanah (pH) karena aplikasi perlakuan menyebar normal. Analisis ragam terhadap data pH tanah gambut setelah di tanami jagung menunjukkan bahwa ragam yang ditimbulkan oleh perlakuan berpengaruh sangat nyata. Analisis nilai tengah terhadap pH tanah setelah ditanami jagung karena perlakuan biokom, FPP, dan CFA dapat dilihat pada Gambar 1. Pemberian perlakuan biokom, FPP, dan CFA nyata meningkatkan pH tanah. Perlakuan pupuk P (A1), kombinasi pupuk P + biochar (A2), dan kombinasi pupuk P + biokom + FPP (A4) menghasilkan pH yang tidak berbeda dan lebih rendah dari perlakuan kombinasi pupuk P + CFA (A3) dan kombinasi pupuk P + biokom + FPP + CFA (A5). Nilai pH tanah pada kombinasi pupuk P + biokom + FPP + CFA (A5) menghasilkan nilai pH yang tertinggi.

Pemberian kombinasi pupuk P + CFA (A3) pada tanah gambut sebelum tanam nyata meningkatkan pH tanah, diduga bahwa penambahan CFA yang bersifat alkalis (Tabel 1) sehingga dapat menyumbangkan muatan negatif dan meningkatkan pH tanah gambut. Hal ini sejalan menurut Priatmadi *et al.* (2014) penambahan CFA menyumbang muatan negatif pada tanah melalui proses deprotonisasi ion H^+ sehingga pH tanah meningkat. Penambahan CFA juga terdapat pada kombinasi perlakuan A5 (pupuk P + biokom + FPP + CFA) namun tidak meningkatkan pH tanah, hal ini diduga penambahan bahan organik berupa kompos TKKS pada biokom yang menghambat CFA dalam meningkatkan pH tanah dimana kompos TKKS masih mengalami proses mineralisasi. Proses ini merupakan salah satu faktor yang dapat meningkatkan kemasaman tanah. Penambahan bahan organik dapat meningkatkan atau menurunkan pH tanah, tergantung pada jenis bahan organik yang ditambahkan (Mateus *et al.*, 2017). Pemberian CFA pada tiap perlakuan nyata meningkatkan pH tanah gambut setelah di tanami tanaman jagung dan lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa CFA. Kombinasi pupuk P + biokom + FPP + CFA (A5) menghasilkan nilai pH tertinggi pada tanah setelah ditanami tanaman jagung, hal ini diduga proses

mineralisasi kompos TKKS selesai dan biochar pada biokom mendukung CFA dalam meningkatkan pH tanah karena biochar memiliki pH yang alkalis. Hal ini sejalan menurut Ichriani *et al.* (2018) bahwa biochar dan CFA dapat memperbaiki sifat kimia tanah salah satunya yaitu reaksi tanah (pH).



Gambar 1. Reaksi tanah (pH) sebelum tanam karena pemberian pupuk p (A1), kombinasi pupuk P + Biochar (A2), kombinasi pupuk P + Abu terbang batubara (A3), kombinasi pupuk P + Biokom + fungi pelarut P (A4), dan kombinasi pupuk P + Biokom + abu terbang batubara + Fungi pelarut P (A5). Angka diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata (DMRT 5%).

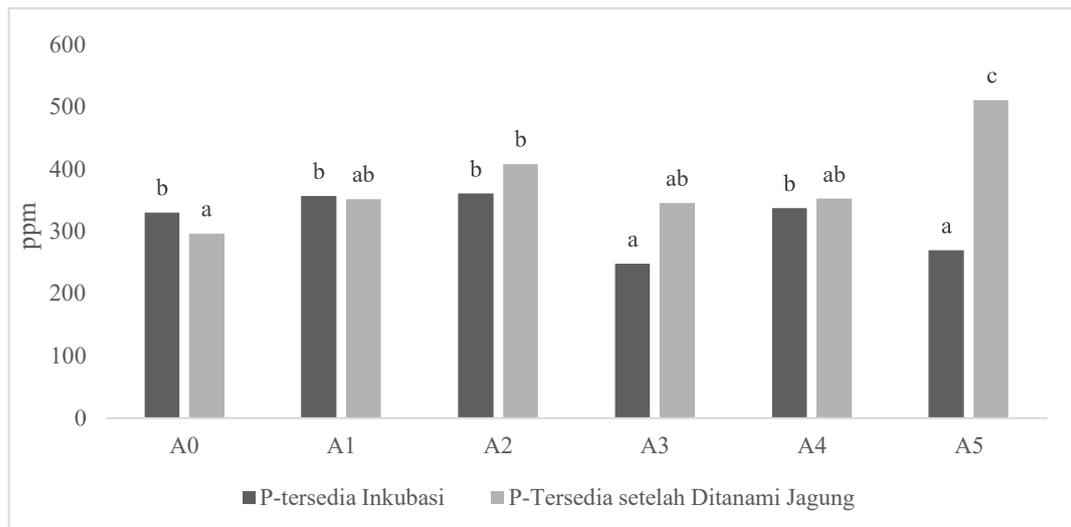
3.1 P-tersedia Tanah

Analisis ragam terhadap data P-tersedia karena aplikasi perlakuan menunjukkan bahwa ragam yang ditimbulkan oleh perlakuan berpengaruh sangat nyata baik sebelum maupun sesudah tanam. Analisis nilai tengah terhadap data P-tersedia sebelum dan sesudah tanam karena perlakuan biokom, FPP, dan CFA dapat dilihat pada Gambar 2. Perlakuan pupuk P (A1), kombinasi pupuk P + biochar (A2), dan kombinasi pupuk P + Biokom + FPP (A4) tidak nyata meningkatkan nilai P tersedia tanah gambut, kecuali perlakuan kombinasi pupuk P + CFA (A3) dan kombinasi pupuk P + biokom + FPP + CFA (A5) yang nyata menurunkan P-tersedia pada tanah gambut.

Pemberian aplikasi perlakuan nyata meningkatkan P-tersedia pada tanah gambut kecuali perlakuan pupuk P (A1), kombinasi pupuk P + CFA (A3), dan kombinasi pupuk P + biokom + FPP (A4) menghasilkan nilai P-tersedia yang tidak berbeda dengan kontrol. Perlakuan kombinasi pupuk P + biochar (A2) dan kombinasi pupuk P + biokom + FPP + CFA (A5) nyata meningkatkan P-tersedia pada tanah gambut. Kombinasi pupuk P + biokom + FPP + CFA (A5) menghasilkan nilai P-tersedia yang tertinggi.

Analisis P tersedia pada tanah gambut sebelum ditanami jagung (inkubasi) menunjukkan bahwa berbagai perlakuan pada tanah gambut tidak nyata baik meningkatkan ataupun menurunkan P tersedia, kecuali perlakuan kombinasi pupuk P + CFA (A3) dan kombinasi pupuk P + biokom + FPP + CFA (A5) nyata menurunkan P tersedia pada tanah. Hal ini diduga karena kandungan logam berat seperti Al dan Fe pada CFA mengikat fosfor baik itu pada tanah itu sendiri maupun pada amelioran yang diberikan. Hal ini sejalan menurut Murugan dan Vijayarangan (2013), bahwa kandungan logam berat pada CFA terutama Fe dan Al dalam jumlah tinggi berpotensi dapat mengikat P tersedia di tanah dalam keadaan masam, serta Ca dan Mg dalam jumlah tinggi yang berpotensi mengikat P apabila tanah dalam keadaan alkalis.

Hasil analisis P-tersedia tanah gambut setelah ditanami tanaman jagung menunjukkan semua perlakuan tidak nyata meningkatkan P-tersedia kecuali perlakuan kombinasi pupuk P + biochar dan kombinasi pupuk P + biokom + FPP + CFA, hal ini di duga bahwa penambahan biochar dapat meningkatkan P tersedia, selain itu biochar memiliki jumlah pori yang tinggi sehingga mendukung sebagai media mikroorganisme pelarut P seperti FPP pada perlakuan A5 sehingga menghasilkan nilai P-tersedia lebih tinggi di tanah. Hal ini sejalan menurut Ichriani *et al.* (2018), bahwa selain dapat memperbaiki sifat kimia dan ketersediaan unsur hara pada tanah, biochar juga cocok untuk media Miselium atau Filamen fungi pelarut P karena banyaknya pori pada biochar. Tingginya nilai P-tersedia pada perlakuan A5 juga diduga dipengaruhi oleh penambahan CFA. Hal ini diduga bahwa CFA memiliki P potensial dimana dapat dilihat pada hasil analisis pH CFA yang alkalis karena tingginya kandungan Ca dan Mg yang dapat mengikat P dalam suasana basa sehingga P pada CFA dalam bentuk yang tidak tersedia (potensial). Hal ini sesuai menurut Fahrussyah *et al.* (2018), bahwa CFA mengandung P-tersedia sangat rendah sedangkan P-total tinggi. Hal ini karena pH CFA alkalis sehingga terjadinya fiksasi P oleh Ca, maka untuk meningkatkan P menggunakan CFA, sebaiknya diaplikasikan pada tanah yang masam sehingga menaikkan pH dan P dalam tanah.



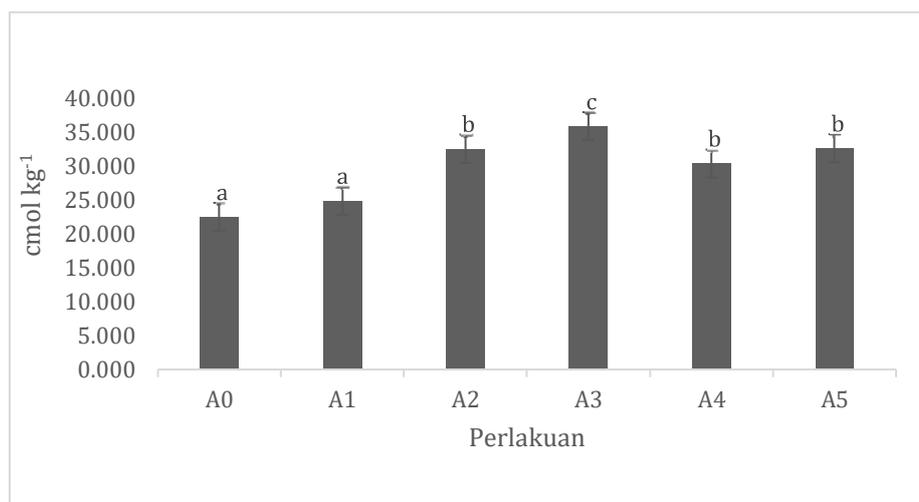
Gambar 2. P-tersedia sebelum tanam karena pemberian pupuk P (A1), kombinasi pupuk P + Biochar (A2), kombinasi pupuk P + Abu terbang batubara (A3), kombinasi pupuk P + Biokom + fungi pelarut P (A4), dan kombinasi pupuk P + Biokom + abu terbang batubara + Fungi pelarut P (A5). Angka diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata (DMRT 5%).

Perlakuan yang mengandung biochar menghasilkan nilai analisis P-tersedia yang tinggi pada tanah gambut baik sebelum atau sesudah ditanami jagung. Hal ini diduga bahwa dengan penambahan biochar dalam pemupukan P mampu mendukung pemberian pupuk P ke tanah lebih optimal seperti kombinasi pupuk P dengan biochar (A2). Selain itu biochar juga mendukung sebagai media bagi FPP dalam tanah berbentuk miselium ataupun spora sehingga dapat berkembang dan meningkatkan mekanisme pelarutan P dalam tanah. Penambahan FPP pada kombinasi perlakuan juga mempengaruhi peningkatan P tersedia dalam tanah. Hal ini diduga FPP merupakan salah satu mekanisme penting dalam melarutkan P di tanah masam seperti gambut. Hal ini sesuai menurut Waksman dan Starkey (1981), bahwa mikroorganisme pelarut P pada tanah didominasi oleh kelompok fungi sebab pertumbuhan fungi optimum pada tanah masam dengan pH 5,0 - 5,5, dan pertumbuhan fungi menurun bila pH meningkat.

3.2 KTK Tanah Setelah Tanam

Analisis ragam terhadap data KTK tanah gambut setelah di tanami jagung menunjukkan bahwa ragam yang ditimbulkan oleh perlakuan berpengaruh sangat nyata. Analisis nilai tengah terhadap data perubah KTK tanah setelah ditanami jagung menunjukkan karena perlakuan biokom, FPP, dan CFA dapat dilihat pada Gambar 3. Pemberian perlakuan biokom, FPP, dan CFA nyata meningkatkan KTK tanah kecuali perlakuan yang hanya menggunakan pupuk P (A1). perlakuan kombinasi pupuk P + biochar (A2), kombinasi pupuk P + biokom + FPP (A4), dan kombinasi pupuk P + biokom + FPP + CFA (A5) menghasilkan nilai KTK yang tidak berbeda dan lebih rendah dari kombinasi pupuk P + CFA (A3). Perlakuan kombinasi pupuk P + CFA (A3) menghasilkan nilai KTK yang tertinggi.

Analisis KTK gambut setelah ditanami jagung menunjukkan perlakuan kombinasi pupuk P + CFA (A3) menghasilkan nilai KTK tertinggi. Hal ini diduga tanah gambut memiliki muatan yang bersifat tidak permanen (bergantung pada pH) sehingga penambahan CFA yang bersifat alkalis (Tabel 1) yang dipengaruhi oleh tingginya kandungan kation-kation basa seperti Ca dan Mg pada CFA sehingga dapat meningkatkan pH tanah dan mendukung proses deprotonisasi ion H^+ yang dihasilkan pupuk P atau asam organik pada tanah gambut itu sendiri sehingga nilai KTK naik. Hal ini sesuai menurut Priatmadi *et al.* (2014) penambahan CFA dapat meningkatkan pH tanah yang menyebabkan terjadi peningkatan muatan negatif melalui mekanisme deprotonisasi ion H^+ pada mineral liat dan bahan organik sehingga meningkatkan KTK tanah. penambahan CFA juga terdapat pada perlakuan A5 (kombinasi pupuk P + biokom + FPP + CFA) yang menghasilkan nilai pH tertinggi setelah ditanami jagung tetapi memiliki nilai KTK lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan A3. Hal ini diduga adanya pengaruh FPP pada perlakuan A5, dimana FPP dalam mekanisme pelarutan P juga menurunkan C-organik pada tanah gambut sehingga menghambat CFA dalam meningkatkan KTK. Hal ini sesuai menurut (Utomo, 2009) bahwa penambahan FPP pada tanah menyebabkan penurunan nilai C-organik yang diikuti dengan meningkatnya P-tersedia sehingga menurunkan nilai KTK pada tanah.



Gambar 3. KTK tanah setelah tanam karena pemberian pupuk p (A1), kombinasi pupuk P + Biochar (A2), kombinasi pupuk P + Abu terbang batubara (A3), kombinasi pupuk P + Biokom + fungi pelarut P (A4), dan kombinasi pupuk P + Biokom + abu terbang batubara + Fungi pelarut P (A5). Angka diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata (DMRT 5%).

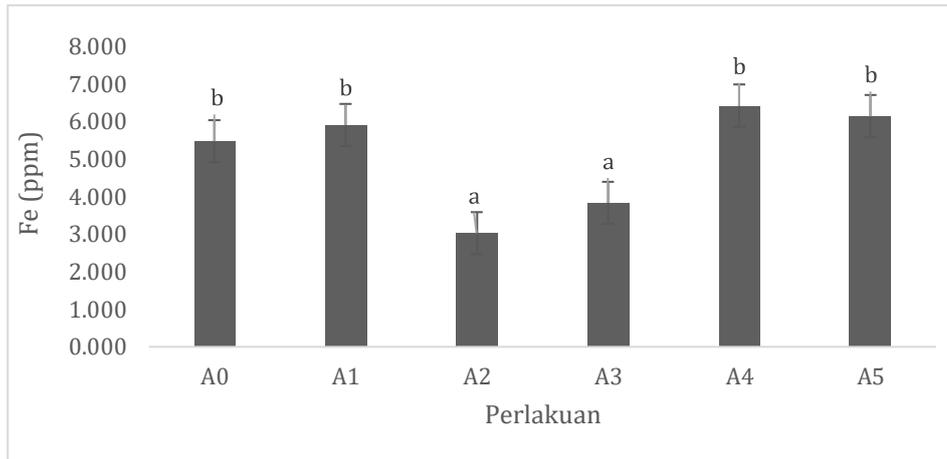
Penambahan biochar juga mampu meningkatkan KTK pada tanah namun lebih rendah daripada pemberian CFA. Hal ini diduga masih berkaitan dengan reaksi tanah (pH) setelah pemberian perlakuan antara CFA dan biochar, pemberian CFA menghasilkan nilai pH yang lebih tinggi pada perlakuan A3 (pupuk P + CFA) dibandingkan dengan pemberian biochar pada perlakuan A2 (pupuk P + biochar) (Gambar 3), sehingga nilai KTK pada A3 lebih tinggi daripada A2. Hal ini sesuai menurut Tuniah (2013), bahwa pH tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi KTK tanah, sehingga semakin tinggi pH tanah maka nilai KTK semakin meningkat.

3.3 Fe-Larut tanah setelah tanam

Analisis ragam terhadap data Fe-larut tanah gambut setelah di tanami jagung menunjukkan bahwa ragam yang ditimbulkan oleh perlakuan berpengaruh sangat nyata. Analisis nilai tengah terhadap Fe-larut pada tanah setelah ditanami jagung karena perlakuan perlakuan biokom, FPP, dan CFA dapat dilihat pada Gambar 4. Pemberian perlakuan biokom, FPP, dan CFA nyata menurunkan Fe-larut pada tanah gambut kecuali perlakuan pupuk P (A1), kombinasi pupuk P + biokom + FPP (A4), kombinasi pupuk P + biokom + CFA + FPP (A5). Perlakuan kombinasi pupuk P + biochar (A2), dan kombinasi pupuk P + CFA (A3) nyata menurunkan Fe-larut pada tanah gambut pada Gambar 4.

Hasil analisis Fe larut pada tanah gambut setelah ditanami jagung menunjukan bahwa perlakuan biokom, FPP, dan CFA tidak nyata meningkatkan Fe-larut kecuali kombinasi perlakuan pupuk P + biochar (A2) dan kombinasi perlakuan pupuk P + CFA (A3) yang nyata menurunkan Fe-larut. Hal ini diduga bahwa pH alkalis biochar pada perlakuan A2 dan CFA pada perlakuan A3 dapat meningkatkan pH tanah sehingga menekan kelarutan besi. Hal ini sesuai menurut Nurida *et al.* (2017), bahwa penambahan bahan amelioran berupa yang bereaksi alkalis juga berkontribusi terhadap peningkatan pH sehingga mampu menurunkan kelarutan besi. Hal ini diperkuat dari penelitian Maulidya (2021), bahwa hubungan pH berbanding terbalik dengan Fe-larut karena meningkatnya OH⁻ yang akan mengikat Fe menjadi Fe(OH)₃ yang mengendap sehingga menekan kelarutan Fe.

Pemberian biochar juga terdapat pada perlakuan A4 dan A5, sedangkan penambahan CFA juga ada pada A5, dimana perlakuan A4 dan A5 tidak nyata meningkatkan ataupun menurunkan kelarutan Fe. Hal ini diduga aktivitas FPP dalam melarutkan P mempengaruhi kelarutan Fe, dimana FPP menyerap C-organik dalam proses pelarutan P, dimana C-organik merupakan salah satu absorben logam berat seperti Fe, sehingga rendahnya C-organik dapat meningkatkan kelarutan Fe. Penambahan berbagai bahan organik pada tanah mampu menekan kelarutan Fe dalam tanah (Annisa dan Subagio, 2017), maka penambahan FPP pada tanah dengan maksud meningkatkan P tersedia justru menurunkan nilai C-organik dalam tanah sehingga kelarutan Fe meningkat (Utomo, 2009).

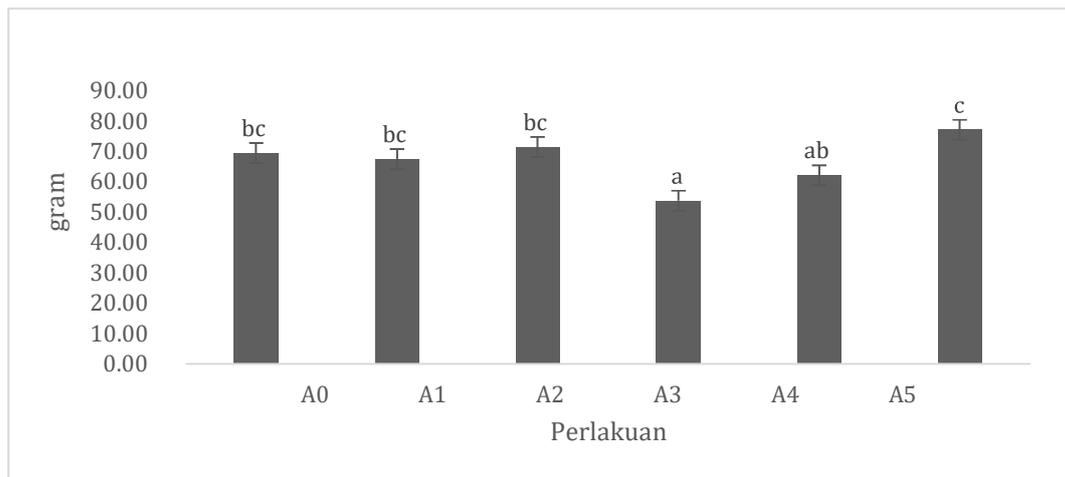


Gambar 4. Fe-larut setelah tanam karena pemberian pupuk p (A1), kombinasi pupuk P + Biochar (A2), kombinasi pupuk P + Abu terbang batubara (A3), kombinasipupuk P + Biokom + fungi pelarut P (A4), dan kombinasi pupuk P + Biokom + abu terbang batubara + Fungi pelarut P (A5). Angka diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata (DMRT 5%).

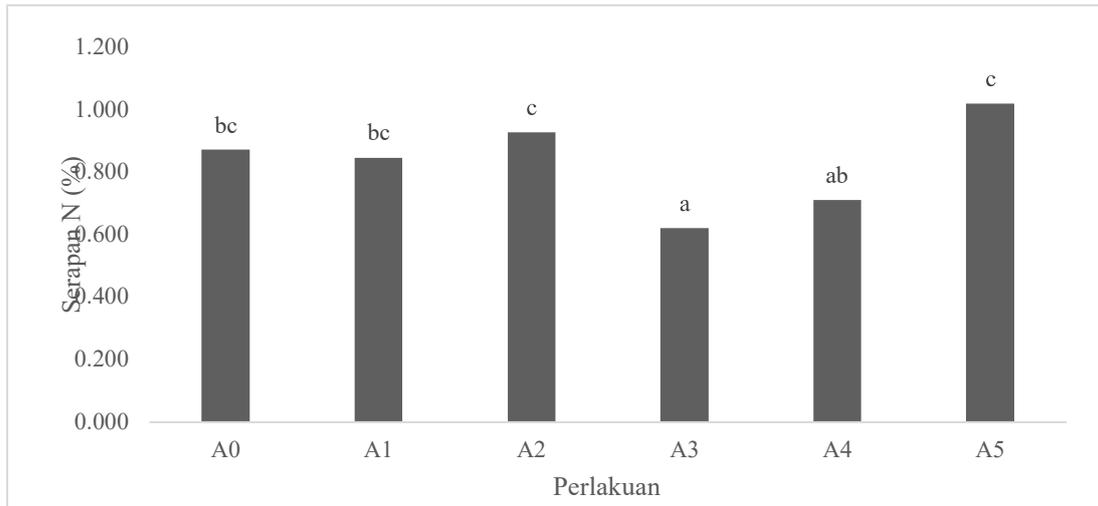
3.4 Berat Kering Tanaman Jagung

Analisis nilai tengah terhadap berat kering tanaman jagung karena perlakuan biokom, FPP, dan CFA pada tanah gambut dapat dilihat pada Gambar 5. perlakuan biokom, FPP, dan CFA pada tanah gambut tidak nyata meningkatkan berat kering tanaman jagung kecuali perlakuan kombinasi pupuk P + CFA (A3) yang nyata menurunkan berat kering tanaman jagung.

Hal ini diduga berat kering tanaman pada masa vegetatif cenderung berkaitan dengan serapan N tanaman yang dimana serapan N bergantung pada ketersediaan N pada tanah dan daya serap tanaman (Gunawan *et al.*, 2018). Pemberian CFA pada tanah (A3) menunjukkan penurunan nilai serapan N pada tanaman jagung (Gambar 6), diduga pemberian CFA memperlambat pelepasan N tersedia pada tanah sehingga serapan N pada tanaman tidak optimal. CFA dapat mengikat hara sehingga dapat dipakai sebagai pelapis yang baik dalam pembuatan *slow release fertilizer*. Penambahan CFA juga terdapat pada perlakuan A5 (kombinasi biokom + FPP + CFA) yang menghasilkan nilai serapan N dan berat kering yang tidak berbeda dengan kontrol (A0). Hal ini diduga bahwa kombinasi amelioran yang mengandung CFA menghambat potensi amelioran lain dalam menyediakan hara N. Hal ini sejalan dengan penelitian Aryonugroho dan Lestari (2021), dimana pemberian kompos organik dalam maksud meningkatkan N pada tanah justru terhambat karena dikombinasikan dengan CFA dibandingkan dengan kompos organik tanpa CFA.



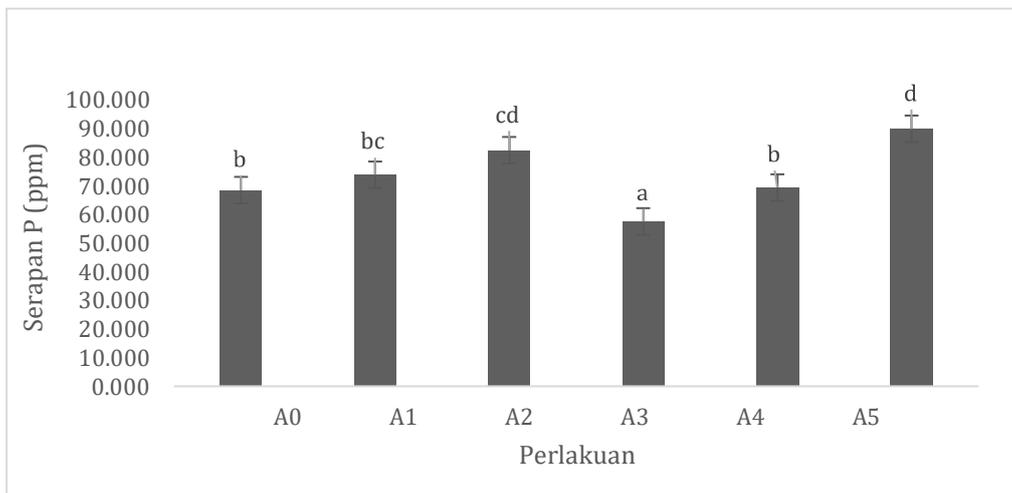
Gambar 5. Berat kering tanaman jagung karena pemberian pupuk P (A1), kombinasi pupuk P + Biochar (A2), kombinasi pupuk P + Abu terbang batubara (A3), kombinasi pupuk P + Biokom + fungi pelarut P (A4), dan kombinasi pupuk P + Biokom + abu terbang batubara + Fungi pelarut P (A5). Angka diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata (DMRT 5%).



Gambar 6. Serapan N tanaman pemberian pupuk p (A1), kombinasi pupuk p + Biochar(A2), kombinasi pupuk P + Abu terbang batubara (A3), kombinasi pupuk P + Biokom + fungi pelarut P (A4), dan kombinasi pupuk P + Biokom + abu terbang batubara + Fungi pelarut P (A5). Angka diikuti oleh huruf yang samatidak berbeda nyata (DMRT 5%).

3.5 Serapan P Tanaman

Analisis ragam terhadap data serapan P menunjukkan bahwa ragam yang ditimbulkan oleh perlakuan memiliki pengaruh sangat nyata. Analisis nilai tengah terhadap berat kering tanaman jagung karena perlakuan biokom, FPP, dan CFA pada tanah gambut dapat dilihat pada Gambar 7. Pemberian perlakuan kombinasi pupuk P + biochar(A2) dan kombinasi pupuk P + biokom + FPP + CFA (A5) nyata meningkatkan serapan P tanaman sedangkan perlakuan kombinasi pupuk P + CFA (A3) menurunkan serapan P tanaman. Pemberian perlakuan pupuk P (A1) dan kombinasi pupuk P + biokom + FPP (A4) tidak nyata meningkatkan serapan P tanaman. Serapan P tertinggi diperoleh pada perlakuan kombinasi pupuk P + biokom + FPP + CFA (A5).



Gambar 7. Serapan P tanaman pemberian pupuk p (A1), kombinasi pupuk p + Biochar (A2), kombinasi pupuk P + Abu terbang batubara (A3), kombinasi pupuk P + Biokom + fungi pelarut P (A4), dan kombinasi pupuk P + Biokom + abu terbang batubara + Fungi pelarut P (A5). Angka diikuti oleh huruf yang samatidak berbeda nyata (DMRT 5%).

Hasil analisis aplikasi biokom, FPP dan CFA terhadap serapan P serapan jagung (Gambar 7) menunjukkan perlakuan kombinasi pupuk P + biokom + FPP + CFA (A5) menghasilkan nilai serapan P tertinggi. Hal ini diduga serapan P berkaitan dengan sifat tanah dalam menyediakan P, dimana pemberian biokom pada perlakuan A5 sebagai hara tambahan dalam bentuk organik dilengkapi FPP yang membantu melarutkan P pada biokom sehingga mempercepat proses kelarutan P dalam tanah, sehingga P yang diserap tanaman meningkat. Biokom yang dikombinasikan dengan FPP dapat memperbaiki sifat kimia tanah sehingga mempengaruhi peningkatan P tersedia dalam tanah (Ichriani *et al.*, 2018). Penambahan kombinasi biokom dan FPP juga terdapat pada perlakuan A4

(kombinasi pupuk P + biokom + FPP), dimana perlakuan A4 tidak nyata dalam meningkatkan serapan P sedangkan serapan P tanaman jagung yang diberi perlakuan A5 (kombinasi pupuk P + biokom + FPP + CFA) menghasilkan nilai serapan P tinggi. Hal ini diduga pertumbuhan tanaman jagung berkaitan dengan pH tanah, dimana syarat tumbuh tanaman jagung optimal pada pH tanah 5-7 (Sitohang dan Utomo, 2018), maka penambahan CFA mempengaruhi peningkatan serapan P tanaman, dimana hasil analisis awal CFA (Tabel 1) menunjukkan bahwa CFA memiliki nilai pH yang alkalis sehingga dapat meningkatkan pH tanah sebagai media tanaman jagung. Selain itu CFA mengandung Ca dan Mg yang tinggi, yang merupakan absorben fosfor dalam suasana basa (Murugan dan Vijayarangan, 2013), sehingga P tersedia pada CFA rendah sedangkan P potensial tinggi (Fahrurnsyah *et al.*, 2018).

4. Kesimpulan

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemberian bahan organik berupa biokom, CFA, dan FPP dapat meningkatkan pH tanah gambut setelah tanam sehingga meningkatkan KTK tanah namun pH tanah tidak meningkat pada masa inkubasi kecuali pada perlakuan kombinasi pupuk P + CFA yang dapat meningkatkan pH tanah. Kombinasi perlakuan pupuk P + biochar dan pupuk P + CFA dapat menurunkan Fe-larut. Pemberian biokom, CFA, dan FPP tidak dapat meningkatkan P-tersedia tanah gambut saat masa inkubasi kecuali kombinasi pupuk P + CFA dan kombinasi pupuk P + biokom + CFA + FPP yang dapat menurunkan P-tersedia pada saat inkubasi tanah. Kombinasi pupuk P + biochar dan kombinasi pupuk P + biokom + CFA + FPP dapat meningkatkan P-tersedia tanah setelah tanam serta meningkatkan serapan P pada tanaman jagung. Pemberian bahan organik berupa biokom, CFA, dan FPP tidak dapat meningkatkan berat kering tanaman jagung kecuali kombinasi pupuk P + CFA yang dapat menurunkan berat kering tanaman.

References

- Annisa, W., Subagio, H. 2017. Analisis Profil Pengaruh Bahan Organik Terhadap Konsentrasi Besi Ferro dan Serapannya di Lahan Rawa Pasang Surut. Balai Penelitian Lahan Rawa. Loktabat Utara. Banjarbaru.
- Aryonugroho, A., Lestari, N.D. 2021. Pengaruh Vermikompos Abu Terbang Batubara Menggunakan Cacing Tanah Eisenia Fetida Terhadap N, P, K, dan Pb. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang.
- Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. 2016. Laporan Tahunan BBSDLP 2015: Inovasi Teknologi Sumberdaya Lahan untuk Pertanian Berkelanjutan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Barchia, M.F. 2002. Emisi Karbon dan Produktivitas Tanah pada Lahan Gambut yang Diperkaya Bahan Mineral Berakdar Besi Tinggi pada Sistem Olah Tanah yang Berbeda. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ichriani, G.I., Syekhfani, Nuraini, Y., Handayanto, E. 2018. Formulation of biochar-compost dan phosphate solubilizing fungi from oil palm empty fruit bunch to improve growth of maize in an Ultisol of Central Kalimantan. *Journal of Ecological Engineering* 19(6): 45-55.
- Fahrurnsyah, Kusuma, Z., Prasetya, B. Handayanto, E. 2018. Improvement of some chemical properties of an Ultisol of East Kalimantan through the application of combined coal fly ash dan oil palm empty fruit bunch. *Bioscience Research* 15(3): 1805-1815
- Gunawan, Wijayanto N., Budi S.W. 2018. Karakteristik sifat kimia tanah dan status kesuburan tanah pada agroforestri tanaman sayuran berbasis *Eucalyptus* Sp. *Jurnal Silvikultur Tropika* 10(02): 63-69.
- Kaur, R., Goyal, D. 2015. Mineralogical studies of coal fly ash for soil application in agriculture. *Journal Particulate Energy dan Science* 33(1):76-80. <https://doi.org/10.1080/02726351.2014.938378>
- Maulidya, A. 2021. Perubahan pH dan Besi Larut Amelioran di Tanah Sulfat Masam. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- Masganti. 2003. Kajian Upaya Meningkatkan Daya Penyediaan P dalam Gambut Oligotrofik. Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Mateus, R., Kantur, D., Moy, L.M. 2017. Pemanfaatan Biochar Limbah Pertanian sebagai Pembena Tanah untuk Perbaikan Kualitas Tanah dan Hasil Jagung di Lahan Kering. Politeknik Pertanian Negeri Kupang. Nusa Tenggara Timur.
- Murugan, S. Vijayarangan, M. 2013. Effect of fly ash in agricultural field on soil properties dan crop productivity – A Review. *International Journal of Engineering Research dan Technology* 2(12): 54-60.
- Nurida, N, Sutono, L., Muchtar. 2017. Pemanfaatan Biochar Kulit Buah Kakao dan Sekam Padi Untuk Meningkatkan Produktivitas Padi Sawah di Ultisol Lampung. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian

Sulawesi Tengah. Palu

- Priatmadi, B.J., Saidy, A.R., Septiana, M. 2014. Pemanfaatan abu batubara untuk peningkatan produksi padi dan penurunan emisi gas rumah kaca pada lahan basah sub-optimal. Laporan Akhir Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- Sari M.N., Sudarsono, Darmawan. 2017. Pengaruh bahan organik terhadap ketersediaan fosfor pada tanah-tanah kaya Al dan Fe. *Buletin Tanah dan Lahan* (1): 65-71.
- Sitohang, E.A., Utomo, W.H. 2018. Pengaruh Residu Biochar Tongkol Jagung Diperkaya Amonium Sulfat Terhadap beberapa Sifat Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Jagung Manis di pH Tanah yang Berbeda. Universitas Brawijaya. Malang
- Soil Survey Staff. 2003. Soil Taxonomy a Basic System of Classification for Marking and Interpreting Soil Surveys. Second Edition. Resource Conservation Service, USDA. Washington D. C. 869 p.
- Tuniah. 2013. Ketersediaan P Pada Tanah Timbunan Abu Batubara (Fly Ash dan Bottom Ash) Limbah pembakaran Batubara Serta Potensinya Untuk Tanaman Jagung (*Zea mays* L). Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru
- Utomo, B. 2009. Pengaruh Bioaktivator terhadap Pertumbuhan Sukun (*Artocarpus communis* Forst) dan Perubahan Sifat Kimia Tanah Gambut. Universitas Sumatera Utara.
- Waksman, S.A., Starkey, R.L. 1981. The Soil dan The Microbe. John Wiley dan Sons, Inc. New York.