

Fluktuasi Genangan Air dan Pemberian Campuran Kapur dan Kompos Jerami Padi: Pengaruhnya terhadap pH dan Fe Larut pada Tanah Sulfat Masam

Fajar Prayoga, Muhammad Mahbub*, Afiah Hayati

Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Jalan Jenderal A. Yani KM 36 Simpang Empat, Banjarbaru 70714, Indonesia

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

Informasi Artikel

Received 15 November 2023

Accepted 19 Februari 2024

Published 25 Februari 2024

Online 25 Februari 2024

Keywords:

Soluble Fe; Swamps; Soil acidity

Abstract

Swamps in Indonesia are widely spread over four major islands, namely in Sumatra, Kalimantan, Papua, and Sulawesi Papua. The problem with acid-sulfate soils is when the pyrite layer is oxidized. This study used a two-factorial with completely randomized design (CRD). The first factor was flooding fluctuation and the second factor was lime with straw compost. The soil parameters tested were pH and soluble Fe. Observations in the second week of the treatment of fluctuations in puddles that were drained, then flooded and added with a mixture of 3 t ha⁻¹ lime, and 2.5 t ha⁻¹ of straw compost resulted in the highest pH of 6.21. The best soil pH was given lime at 3 t ha⁻¹, both flooded and drained. Observations in the fourth week produced the highest pH, namely 4.80. The pH value of the slightly acidic soil was due to an oxidation-reduction process. The 2nd week of observation had the highest soluble Fe value of 221 mg kg⁻¹, which was due to the analysis of soluble Fe using a pH of 4.8 so that Fe²⁺ increased in dissolved Fe. The fourth week of observation had the lowest soluble Fe value of 56.34 mg kg⁻¹. This was due to flooding and the application of a mixture of lime and rice straw compost. The results of the study show that the interaction of fluctuations in water, lime, and rice straw compost that can affect soil pH and the solubility of soil soluble iron (Fe²⁺).

1. Pendahuluan

Sebaran lahan rawa di Indonesia sebagian besar ditemukan di Sumatera, Kalimantan, dan Papua. Negara Indonesia mempunyai lahan rawa dengan luasan sekitar 32,67 juta hektar (BBSDLP, 2020). Berdasarkan data tersebut luas lahan rawa di Kalimantan selatan berkisar 1.010.046 Ha. Lahan sulfat masam adalah komponen rawa pasang surut yang bisa dikelompokkan berdasarkan letak bahan sulfidik pada tanah. Tanah sulfat masam memiliki kandungan asam yang tinggi dan banyak terkandung ion sulfat maka kerap dikatakan tanah sulfat masam. Tanah sulfat masam potensial memiliki kandungan pirit di kedalaman >50 cm dan apabila terkena udara bisa mengalami oksidasi membentuk asam sulfat serta oksida besi sehingga tidak cocok sebagai pengembangan dalam bidang pertanian (Khairullah dan Noor, 2018).

Kendala pemanfaatan tanah sulfat masam untuk pengembangan pertanian adalah oksidasi apabila lapisan pirit yang akan melepaskan ion-ion hidrogen dan sulfat, sehingga tanah mengalami pemasaman hingga pH menjadi sangat rendah, sekitar 3,0. Kondisi itu mengakibatkan kelarutan aluminium (Al) mengalami kenaikan, sehingga tanaman yang dibudidayakan mengalami keracunan (Panhwar et al., 2015). Ameliorasi dan pengapuran sangat dibutuhkan untuk mengatasi masalah pada tanah sulfat masam. Bahan ameliorasi bisa berupa kapur (kalsit atau dolomit), bahan organik, dan jerami padi. Pengapuran adalah cara yang sering digunakan untuk meningkatkan pH tanah. Untuk mendapatkan hasil yang baik diperlukan input sejumlah kapur setara dengan tingkat kemasaman tanah yang harus dinetralkan (Mukhlis et al., 2017).

Bahan organik bisa didapatkan melalui pemanfaatan limbah padi sawah, khususnya jerami padi. Sayangnya, jerami padi sering kali hanya dibakar di lingkungan persawahan, menyebabkan polusi udara dan pencemaran yang

merugikan serta berbahaya bagi lingkungan. Namun, jika jerami padi tersebut dikomposkan dengan baik, dapat menghasilkan bahan organik yang kaya akan nutrisi. Analisis memperlihatkan bahwasannya kompos jerami padi kandungan C 20,02%, total N 0,84% dan C/N rasio 23%, total P 0,12% dan total K 0,69% (Barus, 2011; Abduh dan Annisa, 2016). Dengan potensi ini, penggunaan bahan organik dari jerami padi kompos dapat menjadi alternatif yang menguntungkan bagi pertanian dan lingkungan.

2. Bahan dan Metode

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di lahan pasang surut, Kebun Percobaan Balandean Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra) di Desa Tanjung Harapan, Kecamatan Alalak, Kabupaten Barito Kuala Kalimantan Selatan. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2022 hingga Januari 2023 di Laboratorium Fisika, Kimia dan Biologi Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.

2.2. Metode Penelitian

Penelitian merupakan sebuah percobaan pot yang dilaksanakan di rumah kaca, memakai Rancangan Acak Lengkap faktorial. Faktor pertama yaitu, fluktuasi genangan air G0 (awal digenangi dan akhir dikeringkan) dan tidak digenangi G1 (awal dikeringkan dan akhir digenangi). Faktor kedua yaitu, pemberian kapur dan kompos jerami padi. Parameter tanah yang diuji adalah pH dan Fe larut.

2.3 Pelaksanaan Penelitian

Sampel tanah yang telah diambil dari lahan dikompositkan terlebih dahulu lalu ditimbang masing-masing seberat 1 kg kemudian dimasukkan ke dalam pot inkubasi yang telah disiapkan. Masing-masing pot percobaan diberikan kapur dan kompos jerami padi sesuai dengan perlakuan yang telah ditentukan, kemudian kapur dan kompos jerami diaduk dengan tanah sampai tercampur merata. Tiap pot percobaan pada minggu pertama ada yang digenangi dan ada yang tidak digenangi, penggenangan menggunakan air aquades dengan tinggi genangan 3 cm di atas permukaan tanah. Pada minggu kedua tanah yang digenangi akan dikeringkan dan tanah yang tidak digenangi pada minggu pertama akan digenangi menggunakan air aquades, penggenangan dan pengeringan berlanjut hingga minggu ke tiga dan ke empat. Perlakuan diulang sebanyak 3 kali dan tiap pot diberi label sesuai perlakuan. Contoh tanah kemudian diinkubasi selama empat minggu, Selama inkubasi tanah yang tergenang mengalami penguapan maka dilakukan penambahan air dalam pot sehingga tidak kurang dari tinggi air yang telah ditentukan.

Pengukuran parameter pH dan Fe larut tanah dilakukan pada minggu kedua dan keempat. Data dari analisis tanah dilakukan uji analisis ragam (analysis of variance, Anova) dan uji perbandingan berganda (*multiple comparisons*) duncan multiple range test (DMRT 5%) menggunakan aplikasi komputer Anova Excel V4.

3. Hasil dan Pembahasan

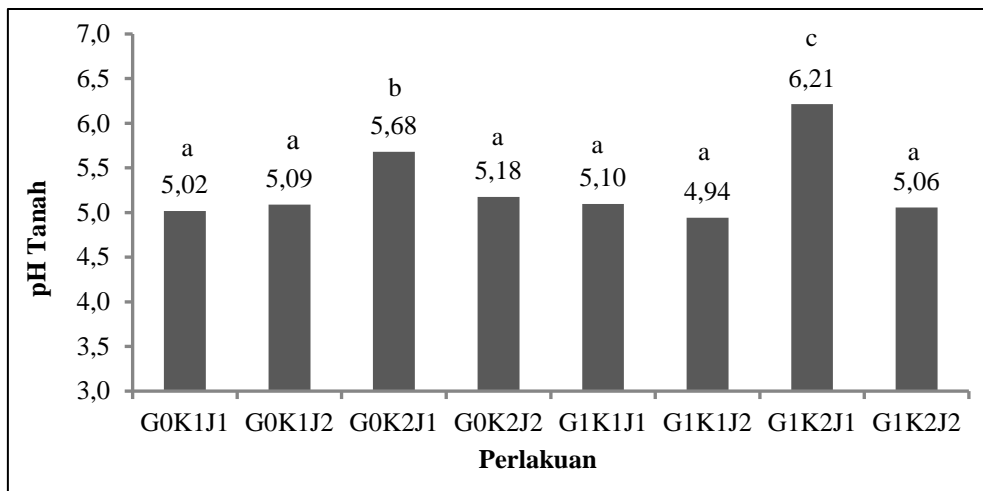
3.1. Nilai pH Tanah

Hasil analisis ragam memperlihatkan bahwa interaksi fluktuasi genangan air dan pemberian campuran kapur dan kompos jerami padi pada minggu kedua berpengaruh sangat nyata pada peningkatan pH tanah sulfat masam. Pengaruh dari setiap faktor tunggal menunjukkan bahwa fluktuasi genangan air tidak berpengaruh nyata, tetapi pengaruh dari pemberian campuran kapur dan kompos jerami padi menunjukkan pengaruh yang sangat nyata terhadap pH tanah sulfat masam.

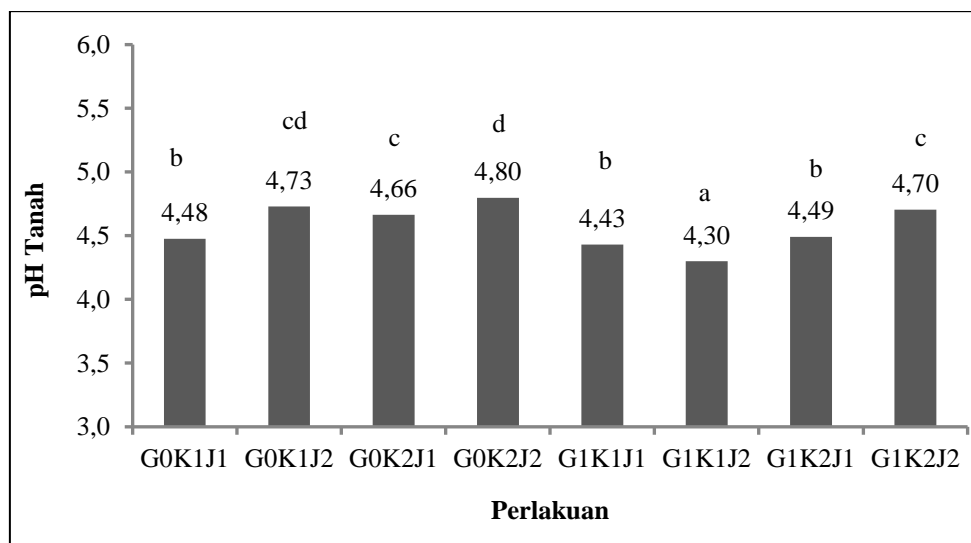
Hasil uji beda nilai tengah perlakuan fluktuasi genangan air, pemberian campuran kapur dan kompos jerami padi pada minggu kedua terdapat pada Gambar 1. Perlakuan fluktuasi air yang digenangi lalu dikeringkan yang ditambah campuran kapur 3 t ha⁻¹ dan kompos jerami 2,5 t ha⁻¹ menunjukkan pH tanah yang tertinggi pada minggu kedua yaitu sebesar 6,21. Hasil analisis ragam memperlihatkan bahwa interaksi fluktuasi genangan air, pemberian campuran kapur dan kompos jerami padi pada minggu keempat menunjukkan pengaruh yang sangat nyata terhadap pH tanah sulfat masam. Hasil uji beda nilai tengah perlakuan fluktuasi genangan air, pemberian campuran kapur dan kompos jerami padi pada minggu keempat dapat dilihat pada Gambar 2. Pada minggu keempat perlakuan fluktuasi air yang dikeringkan kemudian digenangi ditambah campuran kapur 3 t ha⁻¹ dan kompos jerami 5 t ha⁻¹ menghasilkan pH tanah yang tertinggi yaitu sebesar 4,80.

Perlakuan fluktuasi genangan air, pemberian campuran kapur dan kompos jerami padi dapat mempengaruhi pH tanah sulfat masam. Hal ini disebabkan karena adanya proses oksidasi dan reduksi, penambahan kapur dan kompos jerami padi. Perubahan kimia dan elektrokimia yang dapat disebabkan akibat penggenangan antara lain penurunan potensial redoks (Eh), perubahan pH tanah dan pH air genangan, serta reduksi Mn⁴⁺, Fe³⁺, dan SO₄²⁻ (Wang et al., 2022). Penambahan campuran kapur dan kompos jerami padi dapat mempengaruhi pH tanah bahkan dapat meningkatkan pH tanah dari pH tanah asal, hal ini sesuai dengan pendapat Afiat (2021), pengapuran memiliki efek positif terhadap pH tanah dan ketersediaan nutrisi di dalamnya. Proses pengapuran dapat meningkatkan pH tanah dan memperbaiki ketersediaan hara, sambil menurunkan konsentrasi unsur-unsur beracun. Namun, bahan organik memiliki kemampuan untuk menurunkan pH tanah melalui proses penguraian yang

menghasilkan asam-asam organik. Meskipun demikian, bahan organik tidak dapat mengubah pH tanah secara signifikan ke tingkat keasaman yang berbeda. Pendapat ini sejalan dengan Jayalath et al. (2016) yang menyatakan bahwa penambahan bahan organik bisa meningkatkan atau menurunkan pH tanah, tergantung pada jenis bahan organik yang digunakan.



Gambar 1. Nilai pH tanah minggu kedua akibat perlakuan fluktuasi air (G), pemberian campuran kapur dan kompos jerami di tanah sulfat masam (G0: awal digenangi dan akhir dikeringkan, G1: perlakuan awal dikeringkan dan akhir digenangi) dan (K1J1: kapur 2 t ha⁻¹ dan kompos jerami padi 2,5 t ha⁻¹, K1J2: kapur 2 t ha⁻¹ dan kompos jerami padi 5 t ha⁻¹, K2J1 kapur 3 t ha⁻¹ dan kompos jerami padi 2,5 t ha⁻¹, K2J2: kapur 3 t ha⁻¹ dan kompos jerami padi 5 t ha⁻¹). Grafik yang diikuti huruf yang sama pada setiap waktu pengamatan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji nilai tengah DMRT 5%



Gambar 2. Nilai pH tanah minggu keempat akibat perlakuan fluktuasi air (G), pemberian campuran kapur dan kompos jerami di tanah sulfat masam (G0: awal digenangi dan akhir dikeringkan, G1: perlakuan awal dikeringkan dan akhir digenangi) dan (K1J1: kapur 2 t ha⁻¹ dan kompos jerami padi 2,5 t ha⁻¹, K1J2: kapur 2 t ha⁻¹ dan kompos jerami padi 5 t ha⁻¹, K2J1 kapur 3 t ha⁻¹ dan kompos jerami padi 2,5 t ha⁻¹, K2J2: kapur 3 t ha⁻¹ dan kompos jerami padi 5 t ha⁻¹). Grafik yang diikuti huruf yang sama pada setiap waktu pengamatan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji nilai tengah DMRT 5%

Kemasaman tanah terbaik yaitu pada pemberian kapur 3 t ha⁻¹ baik digenangi maupun dikeringkan. Hal ini disebabkan kapur mempunyai kemampuan meningkatkan pH, makin banyak kapur yang ditambahkan maka pH akan semakin meningkat, hal ini sesuai dengan hasil penelitian Krisnawati dan Bowo (2019) yang menyatakan bahwa pH dapat meningkat dengan adanya pengaplikasian kapur pertanian. Unsur Ca yang terkandung dalam kapur bisa menaikkan pH tanah pada situasi masam. Pemberian kompos jerami padi 2,5 t ha⁻¹ dapat meningkatkan

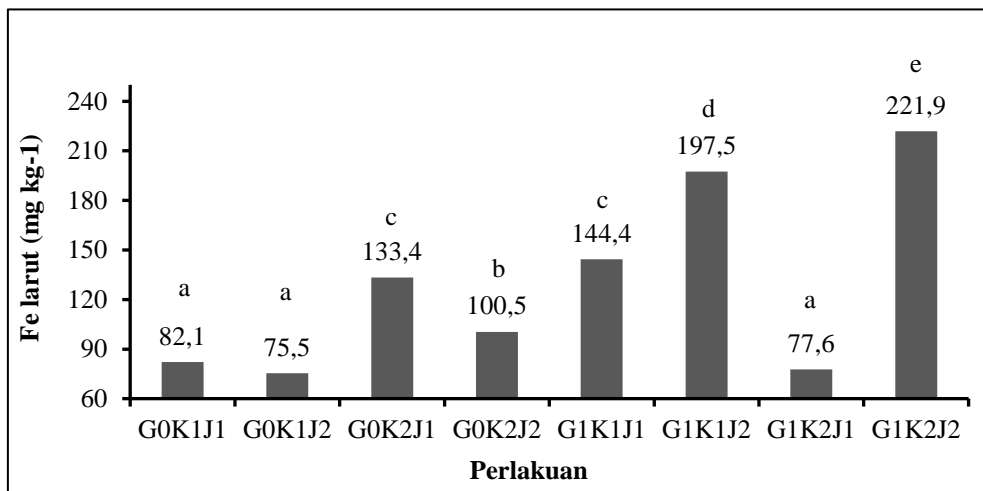
pH dibandingkan dengan pemberian kompos jerami padi 5 t ha⁻¹, dengan ditambahkan dosis bahan organik maka pH semakin menurun hal ini sesuai dengan penelitian Zhou et al. (2019) bahwa pemberian bahan organik menurunkan pH tanah akibat pengaruh asam-asam organik yang didaparkan dari siklus bahan organik yang terdekomposisi.

Nilai pH tanah yang agak masam disebabkan adanya proses oksidasi reduksi. Pada pengamatan minggu ke empat tanah sudah mengalami oksidasi (pengeringan) dua kali sehingga tanah melepaskan H⁺ lebih banyak, sehingga pH tanah menjadi turun. Hasil penelitian ini juga didukung hasil penelitian tentang proses reduksi yang merupakan kebalikan dari proses oksidasi yang dikemukakan oleh Abdul dan Annisa (2016) bahwasannya pH tanah sulfat masam yang digenangi meningkat diakibatkan adanya reduksi Fe yang membutuhkan H⁺.

3.2. Nilai Fe larut

Data hasil penelitian pengaruh terhadap Fe larut untuk fluktuasi genangan air, pemberian campuran kapur dan kompos jerami padi yang dilakukan selama dua dan empat minggu dapat dilihat pada Lampiran 4. Hasil uji kehomogenan ragam terhadap fluktuasi genangan air, pemberian kapur dan kompos jerami padi pada minggu kedua dan minggu ke empat menunjukkan ragam yang homogen. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa interaksi fluktuasi genangan air, pemberian campuran kapur dan kompos jerami padi pada minggu kedua menunjukkan pengaruh yang sangat nyata terhadap Fe larut tanah sulfat masam.

Hasil uji beda nilai tengah menunjukkan bahwa perlakuan fluktuasi genangan air, pemberian campuran kapur dan kompos jerami padi pada minggu kedua dilihat pada Gambar 3. Perlakuan fluktuasi air yang dikeringkan kemudian digenangi dan ditambah campuran kapur 3 ton ha⁻¹ dan kompos jerami 5 ton ha⁻¹ menghasilkan Fe larut tertinggi yaitu sebesar 221,9 mg kg⁻¹.



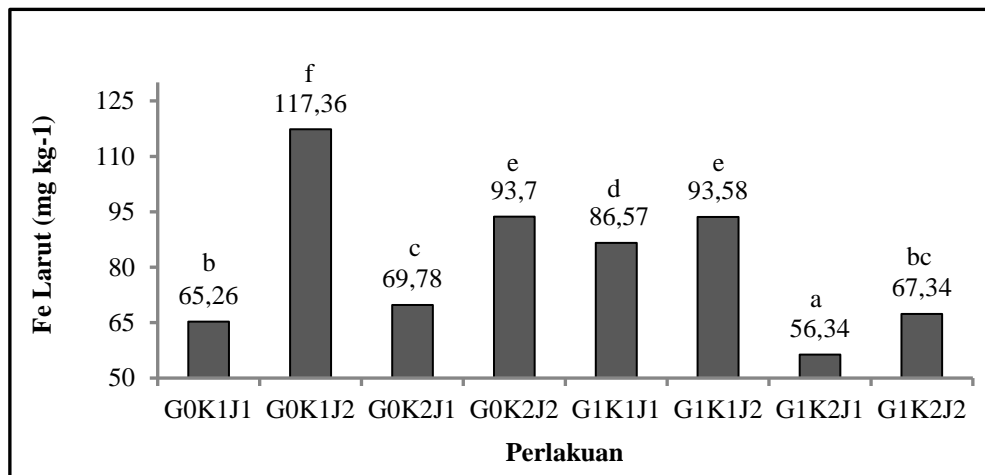
Gambar 3. Nilai Fe tanah minggu kedua akibat perlakuan fluktuasi air (G), pemberian campuran kapur dan kompos jerami di tanah sulfat masam (G0: awal digenangi dan akhir dikeringkan, G1: perlakuan awal dikeringkan dan akhir digenangi) dan (K1J1: kapur 2 t ha⁻¹ dan kompos jerami padi 2,5 t ha⁻¹, K1J2: kapur 2 t ha⁻¹ dan kompos jerami padi 5 t ha⁻¹, K2J1 kapur 3 t ha⁻¹ dan kompos jerami padi 2,5 t ha⁻¹, K2J2: kapur 3 t ha⁻¹ dan kompos jerami padi 5 t ha⁻¹). Grafik yang diikuti huruf yang sama pada setiap waktu pengamatan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji nilai tengah DMRT 5%

Hasil analisis ragam memperlihatkan bahwa interaksi fluktuasi genangan air, pemberian campuran kapur dan kompos jerami padi pada minggu keempat menunjukkan pengaruh yang sangat nyata terhadap Fe larut tanah sulfat masam. Hasil uji beda nilai tengah menunjukkan bahwa perlakuan fluktuasi genangan air, pemberian campuran kapur dan kompos jerami pada minggu keempat dilihat pada Gambar 4. Perlakuan fluktuasi air yang dikeringkan kemudian digenangi, ditambah campuran kapur 3 t ha⁻¹ dan kompos jerami padi 2,5 t ha⁻¹ menunjukkan nilai Fe larut terendah yaitu 56,34 mg kg⁻¹ dan perlakuan fluktuasi air yang digenangi kemudian dikeringkan, ditambah campuran kapur 2 t ha⁻¹ dan kompos jerami padi 5 t ha⁻¹ menunjukkan nilai Fe larut tertinggi yaitu 117,36 mg kg⁻¹.

Fluktuasi genangan air, pemberian campuran kapur dan jerami padi berpengaruh terhadap nilai kadar Fe-larut pada minggu kedua dan keempat. Pada Gambar 3. pengamatan minggu kedua terlihat bahwa perlakuan dikeringkan kemudian digenangi serta pemberian campuran kapur 3 t ha⁻¹ dan kompos jerami padi 5 t ha⁻¹ mempunyai nilai Fe larut yang tertinggi yaitu 221 mg kg⁻¹, dimana hal itu disebabkan oleh pada analisa Fe larut menggunakan pH 4,8 sehingga Fe²⁺ mengalami kenaikan pada Fe larut. Kenaikan pada Fe larut disebabkan oleh

proses penggenangan dengan waktu yang sangat sebentar. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Suriani, *et al.* (2020) yang menduga pengaplikasian kompos jerami bukanlah faktor utama pada siklus reduksi Fe^{2+} di dalam tanah, melainkan adanya proses penggenangan. Selain itu tanah sulfat masam dalam kondisi teroksidasi yang diberi bahan organik serta penggenangan bisa meningkatkan pH tanah dan menurunkan Fe^{2+} , tapi keadaan itu hanya bersifat sementara.

Pada Gambar 4 pengamatan minggu keempat terlihat bahwa perlakuan dikeringkan kemudian digenangi serta pemberian campuran kapur 3 t ha^{-1} dan kompos jerami padi 2,5 t ha^{-1} mempunyai nilai Fe larut yang terendah yaitu 56,34. Hal ini disebabkan oleh penggenangan dan pemberian campuran kapur 3 t ha^{-1} dan kompos jerami 2,5 t ha^{-1} sesuai dengan pernyataan (Obiri-Nyarko, 2012) kapur ialah bahan pembenah tanah yang kerap kali dimanfaatkan sebagai amelioran yang berguna untuk pembenah kemasaman tanah dan didukung oleh pernyataan anwa (Antonangelo et al., 2022) pemberian kapur digunakan untuk meningkatkan pH tanah serta menurunkan besi di dalam tanah karena akan terdisosiasi menjadi Ca^{+2} , Mg^{+2} dan CO_3^{2-} di dalam tanah.



Gambar 4. Nilai Fe tanah minggu keempat akibat perlakuan fluktuasi air (G), pemberian campuran kapur dan kompos jerami di tanah sulfat masam (G0: awal digenangi dan akhir dikeringkan, G1: perlakuan awal dikeringkan dan akhir digenangi) dan (K1J1: kapur 2 t ha^{-1} dan kompos jerami padi 2,5 t ha^{-1} , K1J2: kapur 2 t ha^{-1} dan kompos jerami padi 5 t ha^{-1} , K2J1 kapur 3 t ha^{-1} dan kompos jerami padi 2,5 t ha^{-1} , K2J2: kapur 3 t ha^{-1} dan kompos jerami padi 5 t ha^{-1}). Grafik yang diikuti huruf yang sama pada setiap waktu pengamatan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji nilai tengah DMRT 5%.

Pada Gambar 4 terlihat pada perlakuan yang sama-sama dikeringkan kemudian digenangi ditambah kapur 3 t ha^{-1} akan tetapi yang ditambah lagi dengan kompos jerami padi 5 t ha^{-1} lebih tinggi Fe larutnya daripada yang hanya diberi kompos 2,5 t ha^{-1} . Hal tersebut menunjukkan dengan pemberian kompos jerami yang ditingkatkan menyebabkan Fe larut meningkat, pernyataan ini didukung oleh Sao et al., (2023) bahwasannya siklus reduksi Fe lebih dipengaruhi oleh genangan dari pada pengaplikasian kompos jerami padi, akan tetapi menurut Abduh (2019), bahan organik berupa kompos merupakan donor elektron dan energi bakteri pereduksi guna mereduksi besi ferri menjadi ferro.

4. Kesimpulan

Interaksi perlakuan fluktuasi air, kapur dan kompos jerami padi dapat mempengaruhi pH tanah dan kelarutan besi larut tanah (Fe^{2+}). Pada minggu ke dua interaksi perlakuan fluktuasi air (awal dikeringkan dan akhir digenangi), kapur (3 t ha^{-1}) dan kompos jerami padi (2,5 t ha^{-1}) dapat meningkatkan pH tanah tertinggi yaitu 6,21. Pada minggu ke empat interaksi perlakuan fluktuasi air (awal dikeringkan dan akhir digenangi), kapur (3 t ha^{-1}) dan kompos jerami padi (5 t ha^{-1}) dapat meningkatkan pH tanah tertinggi yaitu 4,80. Pada minggu ke dua interaksi perlakuan fluktuasi air (awal dikeringkan dan akhir digenangi), kapur (3 t ha^{-1}) dan kompos jerami padi (5 t ha^{-1}) dapat meningkatkan nilai Fe larut yang lebih tinggi yaitu 221 mg kg^{-1} . Pada minggu ke empat interaksi perlakuan fluktuasi air (awal dikeringkan dan akhir digenangi), kapur (3 t ha^{-1}) dan kompos jerami padi (2,5 t ha^{-1}) dapat menurunkan nilai Fe larut yang lebih rendah yaitu 56,34 mg kg^{-1} . Perlakuan fluktuasi air (awal dikeringkan dan akhir digenangi) dan pemberian kapur sangat berpengaruh terhadap penurunan Fe larut.

Daftar Pustaka

- Abduh, A.M., Annisa, W. 2016. Interaction of paddy varieties and compost with flux of methane in tidal swampland. *Journal Tropical Soils* 21(3), 179-186. <http://dx.doi.org/10.5400/jts.2016.v21i3.179-186>
- Abduh, A.M. 2019. Emisi CH₄ pada Lahan Padi Sawah Organic dengan Pola Tanam dan Dosis Pupuk yang Berbeda Di Imogiri, Bantul. Tesis. Universitas Gadjadara, Yogyakarta.
- Afiat, R.N. 2021. Pengaruh Ukuran Butiran Kapur Pertanian Terhadap Peningkatan pH Tanah Sulfat Masam. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat.
- Antonangelo, J.A., Neto, J.F., Crusciol, C.A.C., Zhang, H., Alleoni, L.R.F. 2022. Lime and calcium-magnesium silicate cause chemical attributes stratification in no-till fields. *Soil and Tillage Research* 224, 105522. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105522>
- Barus, Y. 2011. Application of rice straw compost with different bioactivators on the growth and yield of rice plant. *Journal Tropical Soils* 17(1), 25-29. <http://dx.doi.org/10.5400/jts.2012.v17i1.25-29>
- Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. 2020. Inovasi Peningkatan Potensi Sumber. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Jayalath, N., Mosley, L.M., Fitzpatrick, R.W., Marschner, P. 2016. Addition of organic matter influences pH changes in reduced and oxidised acid sulfate soils. *Geoderma* 262, 125-132. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.012>
- Khairullah, I., Noor, M. 2018. Upaya peningkatan produktivitas padi melalui pemupukan di lahan pasang surut sulfat masam. *Jurnal Pertanian Agros* 20(2), 123-133.
- Krisnawati, D., Bowo, C. 2019. Aplikasi kapur pertanian untuk peningkatan produksi tanaman padi di tanah sawah aluvial. *Berkala Ilmiah Pertanian* 2(1), 13-18.
- Mukhlis, Sarifuddin, Hanum, H. 2017. *Kimia Tanah Teori dan Aplikasi*. USU Press, Medan.
- Obiri-Nyarko, F. 2012. Ameliorating Soil Acidity in Ghana: A Concise Review of Approaches. *International Conference on Agriculture, Science and Engineering (ICASE)* 1(32). 3-7 September 2012. Beverly Scientific Organisation (BSO): 289-299.
- Panhwar, Q.A., Naher, U.A., Radziah, O., Shamshuddin, J., Razi, I.M. 2015. Eliminating aluminum toxicity in an acid sulfate soil for rice cultivation using plant growth promoting bacteria. *Molecules* 20(3), 3628-3646. <https://doi.org/10.3390/molecules20033628>
- Sao, S., Praise, S., Watanabe, T. 2023. Effect of flood duration on water extractable dissolved organic matter in flood plain soils: A laboratory investigation. *Geoderma*, 432, 116392.
- Suriani, M., Mahbub, M., Rodinah, R. 2020. Pengaruh kompos jerami padi terhadap kelarutan ferro (Fe²⁺) dan pH tanah serta pertumbuhan tanaman padi ciherang di tanah sulfat masam. *Agroekotek View* 3(1), 55-61.
- Wang, Z., Liu, X., Liang, X., Dai, L., Li, Z., Liu, R., Zhao, Y. 2022. Flooding-drainage regulate the availability and mobility process of Fe, Mn, Cd, and As at paddy soil. *Science of The Total Environment* 817, 152898. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152898>
- Zhou, W., Han, G., Liu, M., Li, X. 2019. Effects of soil pH and texture on soil carbon and nitrogen in soil profiles under different land uses in Mun River Basin, Northeast Thailand. *PeerJ* 7, e7880. <https://doi.org/10.7717/peerj.7880>