

## **Impact of Rice Straw Compost on Ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) Solubility, Soil pH and The Growth of Ciherang Rice Plant in Acid Sulfate Soil**

### **Pengaruh Kompos Jerami Padi terhadap Kelarutan Ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan pH Tanah Serta Pertumbuhan Tanaman Padi Ciherang di Tanah Sulfat Masam**

**Muhammad Suriani<sup>1\*</sup>, Muhammad Mahbub<sup>2</sup>, Rodinah<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat

<sup>2</sup>Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat

<sup>3</sup>Jurusan Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat

\*Email : muhammadsuriani287@yahoo.co.id

#### **ABSTRAK**

Salah satu jenis lahan di ekosistem rawa yang banyak memiliki permasalahan yaitu lahan sulfat masam. Salah satu faktor yang dapat memperbaiki kondisi tanah ini adalah pemanfaatan bahan organik yang berfungsi mempertahankan redoks tanah dan dapat mengkhelat  $\text{Fe}^{2+}$ . Tujuan dari penelitian untuk mengetahui pengaruh kompos jerami padi terhadap kelarutan besi ferro, pH tanah, dan pertumbuhan tanaman padi sehingga didapatkan perlakuan dosis kompos jerami terbaik. Pengambilan sampel tanah sulfat masam dilakukan di Kecamatan Jejangkit, Kalimantan Selatan. Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca Program Studi Agroekoteknologi dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal dengan pemberian kompos  $K_0$ : kontrol,  $K_1$ : Tanah + kompos jerami padi 2,5 t ha<sup>-1</sup>,  $K_2$ : Tanah + kompos jerami padi 5,0 t ha<sup>-1</sup>,  $K_3$ : Tanah + kompos jerami padi 7,5 t ha<sup>-1</sup>, dan  $K_4$ : Tanah + kompos jerami padi 10,0 t ha<sup>-1</sup> diulang sebanyak 3 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis kompos jerami padi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kelarutan besi  $\text{Fe}^{2+}$ , jumlah anakan, berat basah dan kering tanaman padi, namun berpengaruh nyata terhadap pH tanah. Perlakuan kompos jerami padi terbaik terdapat pada perlakuan dosis 5 t ha<sup>-1</sup> karena dapat menaikkan pH paling tinggi yaitu 3,72 dan dapat menurunkan kandungan  $\text{Fe}^{2+}$  paling besar yaitu 54,82 mg kg<sup>-1</sup>. Jumlah anakan, berat basah dan kering tanaman padi tidak berbeda karena diduga tanaman mengalami hambatan pertumbuhan.

**Kata Kunci : Besi ferro, Ciherang, Kompos jerami padi, pH tanah**

#### **PENDAHULUAN**

Salah satu jenis lahan yang terdapat di ekosistem rawa merupakan lahan sulfat masam namun tergolong lahan bermasalah karena memiliki sifat yang negatif dan kurang subur. Bahan sulfidik merupakan ciri khas tanah sulfat masam di mana banyak mengandung pirit. Sifat unik pada pirit sangat tergantung terhadap keadaan air dan berasal dari endapan laut yaitu tanah mineral atau organik yang banyak mengandung S yang mudah dioksidasi dan memiliki kemasaman tanah yang cenderung sangat rendah (Soil Survey Staff, 2010).

Keberhasilan usaha tani di tanah ini bergantung terhadap pengelolaan bahan organik terutama pemanfaatan limbah hasil panen yang diiringi dengan pengelolaan air. Keberadaan bahan organik di lahan rawa memiliki fungsi untuk mempertahankan suasana reduksi sehingga oksidasi pirit dapat ditekan. Reddy dan De Laune (2008), mengatakan indikator redoks tanah merupakan bahan organik yang berperan sebagai donor elektron yang akan mempengaruhi redoks potensial tanah.  $\text{Fe}^{2+}$  yang terbentuk akibat reduksi tanah pun dapat dikhelat oleh bahan

organik sehingga dapat mengurangi tingkat kelarutannya di dalam tanah. Dobermann dan Faihurst (2000), mengatakan keracunan besi sering terjadi daripada keracunan aluminium karena ion  $\text{OH}^-$  selama proses reduksi akan berikatan dengan Al terlarut sehingga terbentuk Al hidroksida yang berada dalam kondisi susah larut. Pengikatan logam ataupun ion yang ada di tanah dipengaruhi oleh keberadaan humat dan fulvat. Asam-asam ini berfungsi sebagai koloid yang dapat mendonorkan elektron negatif yang memiliki gugus-gugus dengan afinitas yang kuat terhadap logam bermuatan tiga sehingga terfiksasi (Bourbonniere dan Creed, 2006); Tan, 2003). Produktivitas tanah sulfat masam meningkat dengan pengelolaan penambahan amelioran melalui peningkatan pH tanah salah satunya adalah pemberian jerami padi yang dikomposkan.

Penggunaan jerami padi yang dikomposkan dapat menjaga redoks tanah yang berdampak pada kelarutan besi yang rendah dengan adanya asam organik yang terdekomposisi dari jerami padi sehingga dapat mengikat Fe larut sehingga kelarutan Fe berlebihan dapat dikurangi. Kelarutan Fe dapat ditekan dengan pengkhelatan oleh asam organik (Khairullah *et al.*, 2011).

Maka dari itu, di lakukan penelitian ini guna mengetahui dampak jerami padi yang dikomposkan pada taraf dosis yang berbeda terhadap kelarutan besi ferro dan pH tanah setelah diberi jerami padi yang dikomposkan dan mengetahui perlakuan terbaik terhadap pertumbuhan tanaman padi Ciherang.

## METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan pada dua tempat, yaitu di Rumah Kaca dan Laboratorium Fisika-Kimia Ilmu Tanah pada bulan November 2018 hingga Januari 2019. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal dengan 5 perlakuan yang diulang sebanyak tiga kali. Perlakuan sebagai berikut :  $K_0$  = Tanah tanpa kompos (kontrol);  $K_1$  = Tanah + Kompos jerami padi  $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ ;  $K_2$  = Tanah + Kompos jerami padi  $5,0 \text{ t ha}^{-1}$ ;  $K_3$  = Tanah + Kompos jerami padi  $7,5 \text{ t ha}^{-1}$ ;  $K_4$  = Tanah + Kompos jerami padi  $10,0 \text{ t ha}^{-1}$

Pelaksanaan penelitian diawali dengan pembuatan jerami padi yang dikomposkan sebanyak 200 g agar dapat memenuhi kebutuhan kompos yang akan diaplikasikan. Pengambilan sampel tanah sulfat masam pada solum 0-20 cm dilakukan di Kecamatan Jejangkit, Kabupaten Barito Kuala pada beberapa lokasi pengambilan sampel tanah kemudian di komposit di ember dan dilakukan penggenangan setinggi 3 cm. Selanjutnya kompos yang telah matang di aplikasikan ke dalam ember sesuai dengan dosis perlakuan yang diterapkan dan di inkubasi selama 14 hari sebelum transplantasi. Varietas padi yang digunakan yaitu Ciherang di mana penyemaian dilakukan selama 20 hari yang kemudian di transplantasi ke ember.

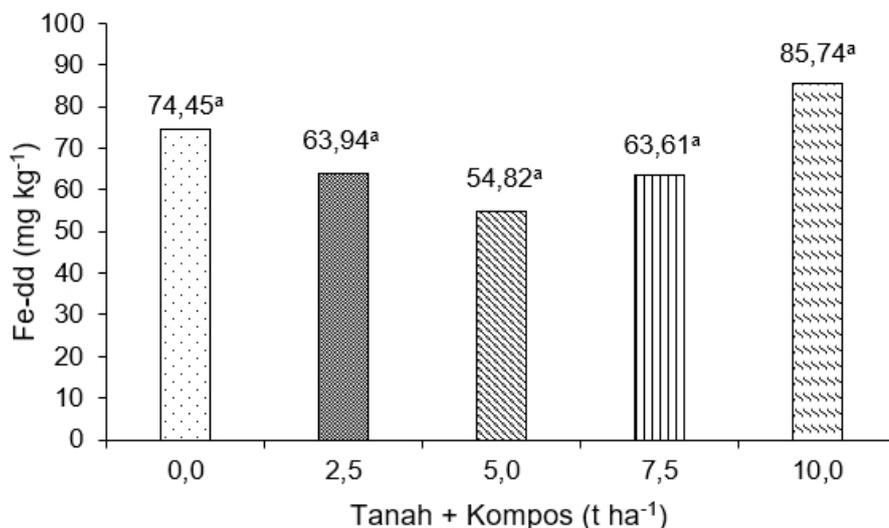
Parameter pengamatan pada penelitian ini yaitu kelarutan ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan pH tanah yang diamati pada saat transplantasi. Parameter pertumbuhan tanaman seperti jumlah anakan diamati pada 7, 21 dan 35 HST, sedangkan berat basah dan kering tanaman diamati pada saat vegetatif maksimum (35 HST). Data penelitian diuji homogenitas. Jika data homogen diteruskan ke uji ANOVA, namun apabila data tidak homogen maka dilakukan transformasi hingga data homogen. Data yang berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji LSD dengan taraf 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kelarutan Besi Ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan Reaksi Tanah

Pada penelitian ini pemberian kompos tidak signifikan terhadap  $\text{Fe}^{2+}$  (Gambar 1). Hal ini diakibatkan pemberian kompos jerami diduga bukan faktor utama dalam proses reduksi  $\text{Fe}^{2+}$  didalam tanah, melainkan penggenangan. Penggenangan dilakukan dengan kedalaman 3 cm setelah tanah dipindahkan kedalam ember hingga selesai penelitian yang berarti bahwa penelitian ini berada dalam kondisi tergenang total. Hal ini dapat dilihat pada perlakuan tanah tanpa diberi kompos dimana reduksi besi sebesar  $74,45 \text{ mg kg}^{-1}$  lebih tinggi dibandingkan perlakuan lain kecuali perlakuan dengan pemberian kompos sebesar  $10 \text{ t ha}^{-1}$ . Hal ini sejalan dengan hasil

penelitian Anwar *et al.*, (2006) bahwa proses reduksi Fe lebih dipengaruhi oleh penggenangan dibandingkan pemberian kompos jerami padi. Perlakuan terbaik yaitu dosis 5 t ha<sup>-1</sup> karena berdasarkan nilai quantitative memiliki nilai terkecil dibandingkan kompos dibandingkan perlakuan lainnya.

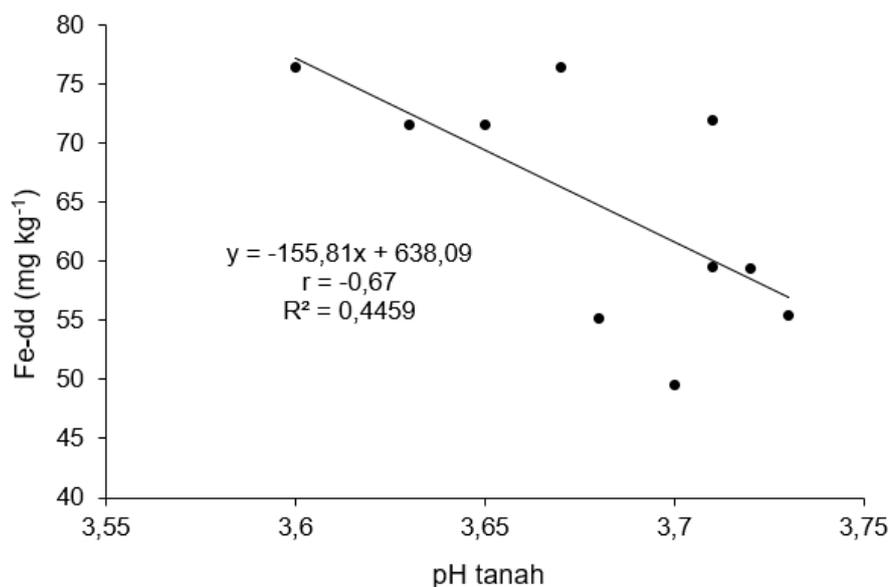


Gambar 1. Pengaruh pemberian jerami padi yang dikomposkan terhadap kelarutan Fe<sup>2+</sup> (huruf yang sama tidak berbeda berdasarkan uji LSD taraf 5%)

Namun beberapa peneliti menunjukkan bahwa pemberian kompos dapat menambah kelarutan Fe<sup>2+</sup> di dalam tanah di mana penambahan kompos merupakan donor elektron dan sebagai energi bagi bakteri pereduksi besi untuk mereduksi besi ferri menjadi ferro (Abduh dan Annisa, 2016; Fahmi *et al.*, 2009). Bahan organik berupa kompos berfungsi sebagai donor elektron menyebabkan tanah menjadi lebih reduktif sehingga proses reduksi ferri ke ferro meningkat sehingga kelarutan besi di tanah meningkat (Abduh, 2019).

Hasil uji korelasi menunjukkan hubungan yang nyata antara pH tanah terhadap besi ferro dengan nilai koefisien korelasi (-0,67) dan koefisien determinasi (R<sup>2</sup> = 0,4459/ 44,5%). Uji regresi menunjukkan trend negatif yang menunjukkan bahwa penambahan nilai pH menyebabkan penurunan kelarutan Fe<sup>2+</sup> dan sebaliknya penurunan pH tanah dapat meningkatkan kelarutan Fe<sup>2+</sup> tanah (Gambar 2).

Kandungan Fe<sup>2+</sup> berkurang seiring dengan bertambahnya pH tanah. Selain pH tanah, Kelarutan Fe<sup>2+</sup> juga sangat dipengaruhi oleh redoks potensial (Eh) tanah. Redoks potensial dipengaruhi oleh penggenangan yang dilakukan dimana tanah sulfat masam cenderung mengalami penggenangan secara terus menerus guna menjaga lapisan pirit agar tidak teroksidasi (Susilawati dan Fahmi, 2013). Perubahan besi sangat dipengaruhi oleh potensial redoks dan reaksi tanah dimana redoks potensial yang tinggi cenderung membentuk Fe<sup>3+</sup> dan pada kondisi redoks potensial rendah cenderung membentuk Fe<sup>2+</sup> sedangkan pada pH rendah besi berada pada bentuk Fe<sup>2+</sup> dan pada pH yang tinggi besi cenderung berada pada bentuk Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeCO<sub>3</sub>, dan FeS<sub>2</sub> (cenderung lebih banyak terdapat pada tanah sulfat masam) (Reddy dan De Laune, 2008).



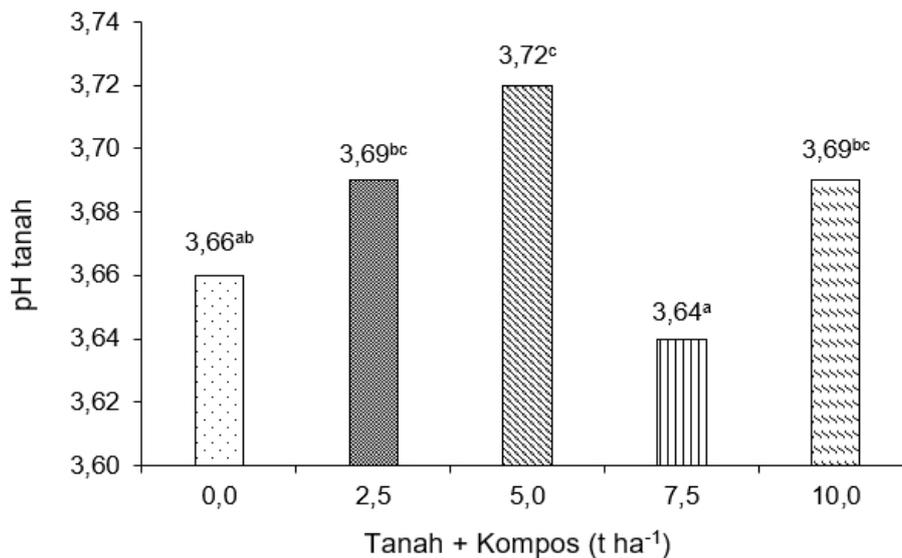
Gambar 2. Hubungan antara Fe-dd dan pH tanah

Reaksi tanah merupakan sebagian dari sifat tanah yang mengindikasikan kemasaman dan alkalinitas tanah. Reaksi tanah pada penelitian ini berada pada kisaran 3,64-3,72 yang tergolong sangat masam hingga masam (Gambar 2). Kondisi ini tidak menguntungkan untuk pertumbuhan tanaman padi, dimana pada pH rendah cenderung hara makro seperti nitrogen, fosfor, kalium, dan lain sebagainya kurang tersedia bagi tanaman dan sebaliknya unsur hara seperti Fe Al, dan S berada pada konsentrasi tinggi yang cenderung malah dapat meracuni bagi tanaman. Reaksi tanah memainkan peran penting dalam keterlibatannya terhadap kelarutan besi yang juga dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman padi (Truog, 1946).

Aplikasi kompos dengan dosis 5,0 t ha<sup>-1</sup> dapat meningkatkan pH tanah hingga 3,72 dari 3,66 sehingga terjadi penambahan nilai pH sebesar 0,08. Peningkatan pH ini terjadi akibat aplikasi bahan organik dan didukung dengan adanya penggenangan sehingga menyebabkan proses reduksi tanah menjadi intensif, di mana proses reduksi menggunakan ion H<sup>+</sup> dalam prosesnya. Urutan akseptor elektron yang digunakan pada proses reduksi berdasarkan afinitasnya yaitu dimulai dari berkurangnya O<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Mn, Fe, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>2</sub>, dan H<sup>+</sup> (Kyuma, 2004). Proses reaksi reduksi yang terjadi sebagai berikut:

- Oksigen :  $1/2 O_2 + 2H^+ + e \rightleftharpoons H_2O$
- Nitrat :  $2/5 NO_3^- + 12/5 H^+ + e \rightleftharpoons 2/10 N_2 + 6/5 H_2O$
- Mangan :  $MnO_2 + 4H^+ + e \rightleftharpoons 2Mn^{2+} + 2H_2O$
- Besi :  $Fe(OH)_3 + 3H^+ + e \rightleftharpoons Fe(OH)_2 + 3H_2O$
- Sulfat :  $2/16 SO_4^{2-} + 18/16 H^+ + e \rightleftharpoons 2/16 HS^- + 8/16 H_2O$
- Karbondioksida :  $2 CO_2 + H^+ + e \rightleftharpoons 2 CH_4 + H_2O$
- Hidrogen :  $2 H^+ + e \rightleftharpoons H_2$

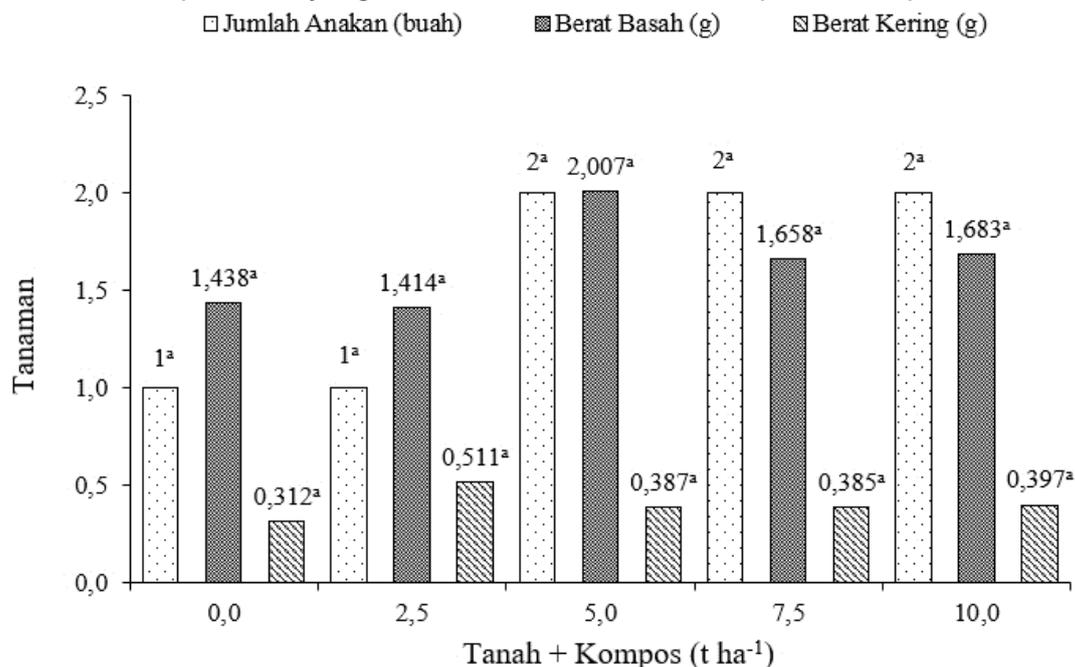
Proses reduksi di atas menyebabkan berkurangnya H<sup>+</sup> di larutan tanah sehingga pH tanah meningkat. Sedangkan menurunnya pH tanah terjadi pada pemupukan melebihi 5,0 t ha<sup>-1</sup> diduga diakibatkan pemberian bahan organik yang memiliki kandungan asam organik seperti humat dan fulvat yang berdampak signifikan terhadap sifat tanah (Liang *et al.*, 2012). Selain itu penurunan nilai pH tanah bisa saja terjadi akibat adanya leaching beberapa kation basa seperti kalsium, pottasium, dan magnesium dari horizon A (Ozlu dan Kumar, 2018).



Gambar 3. Aplikasi jerami padi yang dikomposkan terhadap pH tanah (huruf yang sama tidak berbeda berdasarkan uji LSD taraf 5%)

#### Jumlah Anakan, Berat Basah dan Kering Tanaman Padi

Perlakuan kompos tidak berpengaruh signifikan terhadap jumlah anakan padi pada 7, 21, dan 35 HST (Gambar 4). Dimana pada 7 dan 21 HST jumlah anakan tidak bertambah sama sekali. Hal ini terjadi akibat tidak adanya pengapuran yang diaplikasikan pada penelitian ini, sehingga tanpa pengapuran dan hanya dengan penambahan kompos tidak menyebabkan pH meningkat hingga batas normal pH tanah yang dibutuhkan dalam siklus hidup tanaman padi.



Gambar 4. Pengaruh pemberian jerami padi yang dikomposkan terhadap jumlah anakan, berat basah dan berat kering tanaman padi 8 MST (huruf yang sama tidak berbeda berdasarkan uji LSD taraf 5%)

Hasil uji ragam menunjukkan bahwa perlakuan kompos tidak berpengaruh signifikan terhadap berat basah dan kering tanaman padi. Berat basah tanaman padi paling terbaik terdapat

pada perlakuan tanah + kompos 5,0 t ha<sup>-1</sup> yaitu sebesar 2,007 g. Sedangkan berat kering tanaman padi paling terbaik terdapat pada perlakuan tanah + kompos 2,5 t ha<sup>-1</sup> yaitu 0,511 g (Gambar 4). Sedangkan hasil penelitian lain pemberian kompos sebanyak 5,0 t ha<sup>-1</sup> memiliki berat basah padi paling tinggi yaitu 16,45 g dibandingkan tanpa pemberian kompos (Pranata dan Kurniasih, 2019).

Reaksi tanah menjadi penghambat pertumbuhan padi, rendah nya nilai pH hingga berada pada kisaran 3,5 yang pada kisaran tersebut unsur hara makro yang banyak digunakan berada pada kondisi tidak tersedia dan dalam jumlah yang sedikit. Sedangkan unsur-unsur hara yang dibutuhkan sedikit seperti Fe, Zn, Mn cenderung dalam kondisi berlebihan yang berpotensi menyebabkan keracunan bagi tanaman (Truog, 1946).

Reaksi tanah yang rendah merupakan tanda bahwa kelarutan Fe<sup>2+</sup> yang tinggi. Tingginya kelarutan Fe<sup>2+</sup> ini menyebabkan terjadinya toksisitas Fe<sup>2+</sup> pada tanaman padi. Keracunan Fe<sup>2+</sup> berawal dari gejala ringan dimana Fe<sup>2+</sup> berada pada konsentrasi ±52 mg kg<sup>-1</sup> (Noor, 2012). Pada fase vegetatif tanaman padi, konsentrasi Fe<sup>2+</sup> 75 mg kg<sup>-1</sup> berdampak toksik ke tanaman padi (Tanaka et al., 1966). Toksisitas Fe<sup>2+</sup> terjadi akibat peningkatan pesat penyerapan Fe<sup>2+</sup> oleh akar yang berawal dari meningkatnya reduksi Fe<sup>2+</sup> di rhizosphere akibat meningkatnya permeabilitas sel akar. Hal ini menyebabkan terhambatnya oksidasi Fe<sup>2+</sup> sehingga Fe<sup>2+</sup> masuk dalam perakaran padi dan mengganggu unsur hara lain untuk diserap oleh padi (Noor et al., 2012).

Gejala toksisitas Fe<sup>2+</sup> pada tanaman dicirikan oleh kerdilnya tanaman dan anakan yang sedikit (Fageria et al., 2008). Pada penelitian ini akar tanaman cenderung pendek, sedikit dan berwarna kecoklatan, dimana hal ini sejalan dengan pendapat Sahrawat (2004) bahwa fisik akar yang kasar, pendek, dan warna yang sangat coklata merupakan ciri keracunan Fe. Terganggunya pertumbuhan tanaman padi ini mengakibatkan berat basah maupun berat kering tanaman padi menjadi sangat rendah akibat asupan hara yang rendah dan tingginya hara yang meracun bagi tanaman, sehingga pertumbuhan tanaman menjadi tidak optimal bahkan terhambat hingga mengalami kematian.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Pemberian kompos sampai dosis 10 t ha<sup>-1</sup> tidak berpengaruh signifikan terhadap kelarutan besi Fe<sup>2+</sup>, jumlah anakan, berat basah dan kering tanaman padi namun signifikan terhadap pH tanah. Peningkatan pH tanah berkorelasi menurunkan Fe<sup>2+</sup> tanah dimana perlakuan kompos terbaik terdapat pada perlakuan dosis 5 t ha<sup>-1</sup> karena memiliki pH paling tinggi yaitu 3,72 dan dapat menurunkan kandungan Fe<sup>2+</sup> paling besar yaitu 54,82 mg kg<sup>-1</sup>.

### Saran

Perlunya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui hasil yang tinggi terhadap pertumbuhan tanaman dengan cara memvariasikan kombinasi dosis kompos dengan tambahan pupuk anorganik serta kapur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, A.M. dan W. Annisa. 2016. Interaction of paddy varieties and compost with flux of methane in tidal swampland. *J Trop Soils*, 21(3): 179-186.
- Abduh, A.M. 2019. Emisi CH<sub>4</sub> pada lahan padi sawah organik dengan pola tanam dan dosis pupuk yang berbeda di imogiri, bantul. Tesis. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Anwar, K., S. Sabiham, B. Sumawinata, A. Sapei dan T. Alihamsyah. 2006. Pengaruh kompos jerami terhadap kualitas tanah, kelarutan Fe<sup>2+</sup> dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> serta produksi padi pada tanah sulfat masam. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 24: 29-39.

- Bourbonniere dan I.F. Creed. 2006. Biodegradability of dissolved organic matter extracted from a chronosequence of forest-floor materials. *J. Plant Nutr. Soil Sci*, 169: 101–107.
- Dobermann, A. dan T. Fairhurst. 2000. Rice: nutrient disorders and nutrient management. IRRI. Makati city, The Phillipines. 191 p.
- Fageria, N.K., A.B. Santos, M.P.B. Filho dan C.M. Guimaraes. 2008. Iron toxicity in lowland rice. *J. Plant Nutr*, 31: 1676-1697.
- Fahmi, A., A. Susilawati, dan A. Jumberi. 2006. Dinamika unsur besi, sulfat dan posfor serta hasil padi akibat pengolahan tanah, saluran kemalir dan pupuk organik di lahan sulfat masam. *J. Tanah Trop*, 12(1): 11-19.
- Khairullah, I., L. Indrawati, A. Hairani dan A. Susilowati, 2011. Pengaturan waktu tanam dan tata air untuk mengendalikan keracunan besi pada tanaman padi di lahan rawa pasang surut sulfat masam potensial tipe B. *Jurnal Tanah dan Iklim, Edisi Khusus Rawa*, Juli 2011: 13-24.
- Kyuma, K. 2004. Paddy soil science. Kyoto University Press and Trans Pasific Press Melbourne. Australia. 279p.
- Liang, Q., H. Chen, Y. Gong, M. Fan, H. Yang dan R. Lal. 2012. Effects of 15 years of manure and inorganic fertilizers on soil organic carbon fractions in a wheat-maize system in the North China Plain. *Nutr Cycl Agroecosys*, 92: 21-33.
- Noor, A., I. Lubis, M. Ghulamahdi, M.A. Chozin, K. Anwar, K dan D. Wirnas. 2012. Pengaruh konsentrasi besi dalam larutan hara terhadap gejala keracunan besi dan pertumbuhan tanaman padi. *J. Agron. Indonesia*, 40(2): 91-98.
- Noor, A. 2012. Studi pengendalian keracunan besi pada padi di lahan pasang surut melalui keragaman genotipe padi dan ameliorasi lahan. Disertasi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ozlu, E. dan S. Kumar. 2018. Response of soil organic carbon, pH, electrical conductivity, and water stable aggregates to long-term annual manure and inorganic fertilizer. *Soil Science Society of America Journal*, 82(5): 1243-1251.
- Pranata, M. dan B. Kurniasih. 2019. Pengaruh pemberian pupuk kompos jerami padi terhadap pertumbuhan dan hasil padi (*Oryza sativa* L.) pada kondisi salin. *Vegetalika*, 8(2): 95-107.
- Reddy, K.R. dan R.D. De Laune. 2008. The biogeochemistry of wetlands: Science and applications. CRC Press. New York, USA. 779p.
- Sahrawat, K.L. 2004. Iron toxicity in wetland rice and the role of other nutrients. *J. Plant Nutr*, 27:1471-1504.
- Soil Survey Staff. 2010. Keys to soil taxonomy. Eleventh Edition. Handbook. 336, Natural Resources Conservation Service-USDA.
- Susilawati, A. dan A. Fahmi. 2013. Dinamika besi pada tanah sulfat masam yang ditanami padi. Makalah Review. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 7(2): 67-75.
- Tanaka, A., R. Loe dan S.A. Navasero. 1966. Some mechanism involved in the development of iron toxicity symptom in the rice plant. *Soil Science and Plant Nutrition*, 12: 158-164.
- Tan, K.H. 2003. Humic matter in the soil and the environment: Principles and controversies. Marcel Dekker, Inc. New York. USA. P 359.
- Truog, E. 1946. Soils reaction influence on availability of plant nutrients. *Soil Science Society Proceeding*, 29: 761-771.