

**PENGARUH PEMBERIAN KOMPOS DAN CARA PENGAIRAN TERHADAP PERILAKU  
BESI PADA TANAH SAWAH DI DAERAH REGIM CURAH HUJAN TINGGI DI  
KABUPATEN POSO**  
*(Effect Of Compost And Irrigation Practices On The Behavior Of Iron In The Soil Of Paddy  
Fields In Areas Of High Rainfall Regime In Poso Distric)*

Mowidu, I.<sup>1</sup>, Sunarminto, B. H.<sup>2</sup>, Purwanto, B. H.<sup>2</sup>, dan Utami, S. N. H.<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Fakultas Pertanian, Universitas Sintuwu Maroso, Poso, Indonesia

<sup>2</sup>Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

e-mail: [itamowidu@gmail.com](mailto:itamowidu@gmail.com)

Diterima : 1/3/2016

Disetujui : 15 Maret 2016

**ABSTRAK**

The iron in the soil may be the form of crystalline, amorphous or organic. To assess the effect of compost and irrigation practices to form Fe in the soil, greenhouse experiments have been conducted using paddy soil of high rainfall regime in Poso. Experiment 2 factors consisted of factors compost 5 t ha<sup>-1</sup> (K0: without compost, K1: straw compost 100%, K2: straw compost 75% + pod husks (ph) 25%, K3: straw compost 50% + ph 50%, K4: straw compost 25% + ph 75%, K5: pod husks 100%), and irrigation practices factor (I1: saturated and I2: intermittent). Observation was made of the Fe-d, Fe-o and Fe-p using the selective solvent (0.1 M Na-pyrophosphate, 0.2 M ammonium oxalate pH 3, and Na-dithionite citrate pH 7.3). The results showed that significantly affect the application of compost to Fe-d and Fe-o at 14 days after planting (DAT), and the Fe-p at 40 and 70 DAT. Irrigation practices significantly effect on Fe-o at 70 DAT and harverst time, the Fe-p at 40, 70, 75 DAT and harverst time, wherewas the Fe-d effect not significant. Watering saturated lead levels of fe-o and Fe-p higher. The interaction between the application of compost and irrigation practices significantly affect to Fe-d and Fe-p at harvest, while the Fe-o effect is no signicant. Fe-d levels highest in K4I1 at harvest were significantly different with straw compost applications with higher composition and water saturation, as well as the applications of compost pod husks composition higher and intermittent irrigation. Fe-p levels were lower in K0I1 and significantly different from the composting with different compositions.

Keywords: Fe amorphous, crystalline Fe, Fe organic, compost, irrigation

**ABSTRACT**

Besi dalam tanah mungkin terdapat dalam bentuk kristalin, amorf dan organik. Untuk mengkaji pengaruh pemberian kompos dan cara pengairan terhadap bentuk Fe dalam tanah, telah dilakukan percobaan rumah kaca menggunakan tanah sawah dari regim curah hujan tinggi di kabupaten Poso. Percobaan 2 faktor terdiri dari faktor kompos 5 t ha<sup>-1</sup> (K0: tanpa kompos, K1: kompos jerami 100%, K2: kompos jerami 75% + kulit buah kakao (KBK) 25%, K3: kompos jerami 50% + KBK 50%, K4: kompos jerami 25% + KBK 75%, dan K5: kompos KBK 100%), dan faktor cara pengairan (I1: macak-macak dan I2: berselang). Komponen amatan Fe-d, Fe-o dan Fe-p menggunakan pelarut selektif (0.1 M Na-pirofosfat; 0.2 M ammonium oksalat pH 3, dan Na-dithionit sitrat pH 7.3). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Pemberian kompos berpengaruh nyata terhadap Fe-d dan Fe-o pada 14 hst, serta terhadap Fe-p pada 40 dan 70 hst. Cara pengairan berpengaruh nyata terhadap Fe-o pada 70 hst dan saat panen, terhadap Fe-p pada 40, 70, 75 hst dan saat panen, sedangkan terhadap Fe-d pengaruhnya tidak nyata. Pengairan macak-macak menyebabkan kadar Fe-o dan Fe-p lebih tinggi. Interaksi antara pemberian kompos dan cara pengairan berpengaruh nyata terhadap Fe-d dan Fe-p saat panen, sedangkan terhadap Fe-o pengaruhnya tidak nyata. Kadar Fe-dK4I1 paling tinggi saat panen yang berbeda nyata dengan pemberian kompos jerami dengan komposisi yang makin tinggi dan pengairan macak-macak, serta dengan pemberian kompos KBK dengan komposisi yang makin tinggi dan

pengairan berselang. Kadar Fe-pK0I1 lebih rendah dan berbeda nyata dengan pemberian kompos dengan berbagai komposisi.

Kata kunci: Fe amorf, Fe kristalin, Fe organic, kompos, pengairan.

## PENDAHULUAN

Besi merupakan penyusun utama (keempat terbesar) dari litosfir. Kandungannya dalam litosfir sekitar 5.1% (Lindsay, 1979) atau sangat bervariasi mulai dari 200 ppm sampai 10% (Tisdale & Nelson, 1975) atau 0.7% sampai 55% (Havlin *et al.*, 2005), dan menurut Goldschmidt (1958) kebanyakan tanah mempunyai kandungan Fe sekitar 50,000 ppm. Besi tersebut terdapat dalam bentuk kristalin, amorf dan membentuk kompleks dengan bahan organik tanah.

Tanah sawah di kabupaten Poso pada umumnya memiliki kendala kesuburan rendah dan kadar besi tinggi. Hasil analisis tanah awal pada 7 satuan peta lahan sawah yang mewakili daerah dengan regim curah hujan tinggi, sedang dan rendah, serta formasi geologi *pompangeo complex, alluvium coastal deposits* dan *lake deposits* di kabupaten Poso menunjukkan bahwa kandungan Fe total tanah berkisar antara 1.16%- 2.26% dengan harkat sangat tinggi. Menurut Patrick and Reddy (1978) sifat kimia tanah sawah lebih didominasi oleh sifat besi daripada unsur-unsur lain, karena jumlah besi dalam tanah yang dapat tereduksi sangat banyak, yaitu 10 kali lebih banyak dari total unsur-unsur lain yang dapat direduksi.

Tanah dengan kadar Fe tinggi dalam kondisi tergenang akan melarutkan besi sebagai  $Fe^{2+}$ . Kelarutannya dapat menjadi 6,000-8,000 ppm (Patrick & Reddy, 1978), padahal pada konsentrasi  $Fe^{2+}$  1,000-2,000 ppm dapat mempengaruhi produksi padi sawah (Asch *et al.*, 2005). Menurut Amnal (2009) batas kritis cekaman Fe yang masih dapat ditanggung oleh tanaman padi adalah 250-500 ppm.

Tanah dengan kadar Fe tinggi perlu pengelolaan khusus untuk mengendalikan kelarutan Fe agar tidak sampai pada aras meracun. Cekaman Fe dapat dikurangi dengan mengatur suasana rhizosfer agar tidak terlalu reduktif (Ma'as, 2011) melalui tata air *intermittent* (digenangi dan dikeringkan

berselang 1 minggu) dengan waktu tanam 14 hari setelah digenangi (Khairullah, 2012), dan memberikan pupuk organik dengan nisbah C/N < 25 agar potensial redoksidak turun hingga <100 mV (Ma'as, 2011).

Pengairan berselang dan macak-macak selama pertanaman dapat mempengaruhi kelarutan Fe dalam tanah. Suasana anaerob karena penggenangan melarutkan Fe sebagai akibat turunnya potensial redoks (Eh), tetapi suasana aerob karena pengeringan menyebabkan Fe mengalami presipitasi sebagai akibat naiknya potensial redoks sampai ke tingkat oksidatif yang mengoksidasi  $Fe^{2+}$  menjadi  $Fe^{3+}$ . Pada suasana digenangi dan dikeringkan terjadi perubahan konsentrasi Fe amorf menjadi bentuk yang lebih kristalin dengan potensi erapan P yang tinggi (Sah *et al.*, 1989 *cit.* Reddy & Delaune, 2008).

Bahan organik berupa jerami padi dan kulit buah kakao (KBK) sebagai limbah pertanian lokal, belum dimanfaatkan oleh petani di kabupaten Poso. Jerami sisa panen biasanya dibakar di tempat perontokan dan kulit buah kakao ditumpuk di tempat pemecahan buah. Limbah tersebut merupakan bahan potensial untuk diolah menjadi kompos yang dapat digunakan sebagai amelioran untuk meningkatkan kualitas lahan. Penelitian Yusuf (2010) menggunakan jerami padi dan purun tikus pada berbagai tingkat dekomposisi pada tanah sulfat masam menunjukkan bahwa pemberian bahan organik menurunkan konsentrasi  $Fe^{2+}$  setelah inkubasi. Hasil penelitian Khairullah (2012) pada lahan rawa pasang surut sulfat masam menunjukkan bahwa pemberian amelioran ( $5 \text{ t ha}^{-1}$  jerami +  $2,5 \text{ t ha}^{-1}$  purun tikus) secara nyata menurunkan konsentrasi Fe tanah. Syafruddin (2012) menemukan bahwa dengan pemberian  $5,0 \text{ t ha}^{-1}$  kompos jerami padi *in situ* pada tanah dengan kadar Fe tinggi di Morowali dapat menurunkan secara nyata Fe tersedia. Oleh karena itu, penelitian ini mengamati pengaruh kompos jerami dengan KBK dari limbah lokal dan cara

pengairan terhadap perilaku Fe pada tanah sawah yang berasal dari daerah dengan regim curah hujan tinggi di kabupaten Poso Sulawesi Tengah.

## METODE PENELITIAN

Percobaan rumah kaca menggunakan media tanah dari daerah dengan regim curah hujan tinggi. Perlakuan yang diterapkan terdiri dari 2 faktor, yaitu faktor kompos 5 t ha<sup>-1</sup>(K0: tanpa pemberian kompos, K1: kompos jerami padi 100% , K2: kompos jerami padi 75% + kulit buah kakao 25%, K3: kompos jerami padi 50% + kulit buah kakao 50%, K4: kompos jerami padi 25% + kulit buah kakao 75%, dan K5: kompos kulit buah kakao 100%), dan cara pengairan (I1: pengairan macak-macak (jenuh air), dan I2 = pengairan berselang. Tiap perlakuan diulang 3 kali, kecuali Kontrol, sehingga terdapat 5 x 2 x 3 + 2 kontrol = 32 unit percobaan.

Unit-unit percobaan diatur menurut pola rancangan acak lengkap (RAL). Wadah media tanam menggunakan bak plastik berdiameter sekitar 56 cm dan ember berdiameter sekitar 20 cm, yang diisi tanah kering udara lolos ayakan 2 mm sebanyak 15 kg dan 2 kg, yang dicampur secara homogen dengan kompos 5 t ha<sup>-1</sup> sesuai perlakuan pada 2 minggu sebelum tanam. Sebagai pupuk basal diberikan pupuk N sebanyak 90 kg ha<sup>-1</sup> , P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sebanyak 60 kg ha<sup>-1</sup>, dan K<sub>2</sub>O sebanyak 60 kg ha<sup>-1</sup>. Urea diberikan secara bertahap, yaitu 1/3 bagian diberikan bersamaan dengan semua takaran pupuk P dan K pada 7 hst, 1/3 bagian lagi diberikan pada 28 hst dan sisanya 1/3 bagian diberikan pada 56 hst. Bibit padi berumur 15 hari setelah sebar ditanam 3 batang per rumpun, 4 rumpun tiap pot besar dengan jarak tanam 20 cm x 20 cm, dan 1 rumpun tiap pot kecil.

Untuk pengairan digunakan air sumur bor dan pemberiannya sesuai perlakuan. Pada perlakuan pengairan macak-macak (I1), selama pertumbuhan sampai 7 hari sebelum panen tanah dipertahankan dalam keadaan macak-macak. Pada perlakuan pengairan berselang (I2) pemberian air diatur sebagai berikut: pada saat tanam sampai umur 7 hst air dipertahankan

dalam keadaan macak-macak, pada 8-65 hst digenangi setinggi 3 cm, pada 66-70 hst genangan diturunkan sampai macak-macak, pada 71-80 hst digenangi lagi setinggi 5 cm, pada 81-84 hst genangan diturunkan lagi sampai macak-macak untuk menyeragamkan pembungaan, pada 85-98 hst digenangi setinggi 5 cm untuk pengisian biji, dan pada 99 hst, saat malai mulai menguning pot dikeringkan untuk menyeragamkan pemasakan.

Pengamatan dilakukan terhadap Fe kristalin (Fe-d), Fe amorf (Fe-o) dan Fe organik (Fe-p) sampel tanah kering udara (diambil pada 14, 40, 70, 75 hst dan saat panen), menggunakan metode pelarutan selektif. Ada 3 metode pelarutan selektif yang digunakan yaitu (1) 0.1 M Na-pirofosfat, (2) 0.2 M ammonium oksalat pH 3, dan (3) Na-dithionit sitrat pH 7.3, diukur dengan AAS, dianalisis di Laboratorium Balai Penelitian Tanah Bogor sesuai prosedur USDA (2004). Ekstraksi pirofosfat untuk mengekstrak Fe yang berikatan dengan C organik. Ekstraksi oksalat untuk mengekstrak oksida Fe non-kristalin dan yang berikatan dengan C organik. Ekstraksi dithionite untuk mengekstrak oksida Fe kristalin dan yang terekstrak oksalat. Dengan demikian maka Fe terekstrak pirofosfat adalah Fe organik (Fe-p), Fe terekstrak oksalat dikurangi Fe terekstrak pirofosfat adalah Fe amorf (Fe-o), dan Fe terekstrak dithionite dikurangi Fe terekstrak oksalat adalah Fe kristalin (Fe-d).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada 14 hst, pemberian kompos berpengaruh nyata terhadap Fe-d dan Fe-o, sedangkan terhadap Fe-p pengaruhnya tidak nyata. Cara pengairan dan interaksi antara pemberian kompos dan cara pengairan pengaruhnya tidak nyata terhadap Fe-d, Fe-o dan Fe-p. Pengaruh kompos dan cara pengairan terhadap Fe-d, Fe-o dan Fe-p disajikan pada tabel 1. Pada tabel 1 tampak bahwa pada 14 hst, pada K0 kadar Fe-d lebih tinggi dan berbeda nyata dengan K3 dan K4. Asam organik yang dibebaskan oleh kompos menghambat kristalisasi Fe dalam tanah, dan penghambatan tersebut lebih besar pada K3 dan K4. Kaizer & Zech (2000) menyatakan oksida Fe mempunyai reaktivitas

tinggi terhadap bahan organik. Bahan organik membebaskan asam organik melalui proses dekomposisi. Menurut Yoshida (1981) konsentrasi asam organik dalam tanah meningkat dengan penggenangan, mencapai puncak, dan selanjutnya menurun sampai tidak berarti secara praktis. Asam organik yang terdiri dari asam format, asam asetat, asam propionate, dan asam butirat terbentuk pada tanah tergenang. Asam asetat umumnya adalah asam organik utama yang dihasilkan. Anion organik dapat mengganggu nukleasi Kristal dan pertumbuhan Kristal goethite dari larutan (Schwertmann *et al.*, 1986) sehingga Fe-d rendah pada pemberian kompos. Pada Fe-o terjadi keadaan sebaliknya. Pada K0, kadar Fe-o lebih rendah dan berbeda nyata dengan pemberian kompos pada berbagai komposisi. Pemberian kompos meningkatkan Fe-o pada 14 hst. Gangguan nukleasi kristal oleh asam organik menyebabkan pembentukan Fe-o lebih tinggi dengan pemberian kompos.

Pengaruh kompos terhadap kadar Fe dalam tanah pada 14 hst berturut-turut makin rendah Fe-p > Fe-o > Fe-d. Kadar Fe-p yang tinggi dibandingkan bentuk Fe lainnya mungkin disebabkan oleh afinitas asam organik terhadap Fe yang tinggi pada 14 hst. Menurut Ponnampetura *et al.* (1967) jumlah Fe terekstrak meningkat dengan meningkatnya jumlah bahan organik terdekomposisi, suhu, dan jumlah penyangga redoks tersedia, diperbesar oleh pH tanah awal yang rendah, penambahan bahan organik terus-menerus (Becker & Asch, 2005), dan ketiadaan senyawa dengan tingkat oksidasi yang lebih tinggi dari Fe(III) oksida (Ponnampetura, 1972). Peningkatan tersebut mencapai puncak pada 2-8 minggu setelah penggenangan (Patra & Mohany, 1994) dan setelah itu menjadi konstan (Sadana *et al.*, 1995). Eusterhues *et al.* (2014) menyatakan ferrihydrite adalah Fe oksida amorf (kurang kristalin) yang mudah terselubungi oleh bahan organik secara alami di alam dan asam organik yang paling efektif dalam membentuk khelat mantap dengan ion logam adalah jenis di- dan trikarboksilat, serta hidroksil seperti asam sitrat (Stevenson & Fitch, 1986). Asam organik menghambat kristalisasi Fe sehingga kadar Fe-d lebih rendah. Olumo *et al.* (1973) menemukan bahwa semua Fe terlarut dalam

beberapa tanah tergenang terkompleks dengan bahan organik.

Pada 40 hst, pemberian kompos pengaruhnya tidak nyata terhadap Fe-d dan Fe-o, tetapi terhadap Fe-p pengaruhnya nyata. Keadaan yang sama juga terjadi pada pengaruh faktor cara pengairan. Sedangkan interaksi antara pemberian kompos dan cara pengairan pengaruhnya tidak nyata terhadap Fe-d, Fe-o dan Fe-p pada 40 hst. Pada K0, Fe-p lebih rendah dan berbeda nyata dengan pemberian kompos pada berbagai komposisi. Menurut Olumo *et al.* (1973) asam organik yang berasal dari bahan organik dapat membentuk kompleks dengan Fe<sup>2+</sup> dan 40% dari Fe<sup>2+</sup> total dalam tanah terdapat dalam bentuk khelat. Kompos yang diberikan ke dalam tanah melepaskan asam organik yang mengompleks dengan Fe membentuk khelat. Selain itu, produk ekskresi akar mencakup berbagai jenis asam organik alifatik; banyak diantaranya (seperti asam sitrat, oksalat, dan tartrat) mampu membentuk kompleks dengan ion logam (Stevenson & Fitch, 1986). Akar yang makin berkembang seiring dengan perkembangan tanaman menghasilkan ekskresi (eksudat) yang makin tinggi. Ekskresi tersebut bersama-sama dengan asam organik dari kompos membentuk kompleks dengan Fe.

Kadar Fe-p pada pengairan macak-macak lebih tinggi dan berbeda nyata dengan pengairan berselang. Molekul air yang menyelaputi permukaan Fe menghalangi serangan asam organik pada Fe. Tingginya Fe-p juga mungkin disebabkan oleh penurunan pH dan pH pada pengairan macak-macak lebih rendah dari pengairan berselang pada 40 hst. Schwertmann (1986) menyatakan penurunan pH meningkatkan jumlah anion organik yang terjerap sebagai akibat peningkatan muatan positif bersih pada permukaan oksida Fe. Oleh sebab itu Fe-p lebih tinggi.

Kadar Fe pada 40 hst berturut-turut makin rendah Fe-d > Fe-p > Fe-o (tabel 1). Tampaknya, meskipun terdapat pengaruh nyata pemberian kompos terhadap Fe-p, pembentukan Kristal Fe juga meningkat pada 40 hst, baik dengan maupun tanpa pemberian kompos. Akibatnya kadar Fe-d pada 40 hst lebih tinggi.

Tabel 1. Pengaruh pemberian kompos dan cara pengairan terhadap Fe-d, Fe-o dan Fe-p tanah dari regim curah hujan tinggi

Perlakuan	Waktu Pengamatan				
	14 hst	40 hst	70 hst	75 hst	Panen
<b>Kadar Fe kristalin (Fe-d, %)</b>					
K0	0.055 <sup>a</sup>	0.33 <sup>a</sup>	0.200 <sup>a</sup>	0.210 <sup>a</sup>	0.345 <sup>a</sup>
K1	0.047 <sup>a</sup>	0.278 <sup>a</sup>	0.183 <sup>a</sup>	0.197 <sup>a</sup>	0.378 <sup>a</sup>
K2	0.040 <sup>ab</sup>	0.277 <sup>a</sup>	0.198 <sup>a</sup>	0.305 <sup>a</sup>	0.367 <sup>a</sup>
K3	0.032 <sup>b</sup>	0.220 <sup>a</sup>	0.197 <sup>a</sup>	0.192 <sup>a</sup>	0.360 <sup>a</sup>
K4	0.028 <sup>b</sup>	0.275 <sup>a</sup>	0.220 <sup>a</sup>	0.193 <sup>a</sup>	0.378 <sup>a</sup>
K5	0.050 <sup>a</sup>	0.268 <sup>a</sup>	0.208 <sup>a</sup>	0.207 <sup>a</sup>	0.365 <sup>a</sup>
I1	0.043 <sup>a</sup>	0.265 <sup>a</sup>	0.201 <sup>a</sup>	0.214 <sup>a</sup>	0.371 <sup>a</sup>
I2	0.038 <sup>a</sup>	0.267 <sup>a</sup>	0.201 <sup>a</sup>	0.223 <sup>a</sup>	0.365 <sup>a</sup>
<b>Kadar Fe amorf (Fe-o, %)</b>					
K0	0.075 <sup>c</sup>	0.125 <sup>a</sup>	0.235 <sup>a</sup>	0.055 <sup>a</sup>	0.075 <sup>a</sup>
K1	0.097 <sup>ab</sup>	0.098 <sup>a</sup>	0.242 <sup>a</sup>	0.045 <sup>a</sup>	0.058 <sup>a</sup>
K2	0.113 <sup>a</sup>	0.093 <sup>a</sup>	0.218 <sup>a</sup>	0.047 <sup>a</sup>	0.062 <sup>a</sup>
K3	0.107 <sup>ab</sup>	0.097 <sup>a</sup>	0.213 <sup>a</sup>	0.057 <sup>a</sup>	0.058 <sup>a</sup>
K4	0.103 <sup>ab</sup>	0.100 <sup>a</sup>	0.195 <sup>a</sup>	0.047 <sup>a</sup>	0.067 <sup>a</sup>
K5	0.092 <sup>b</sup>	0.112 <sup>a</sup>	0.212 <sup>a</sup>	0.062 <sup>a</sup>	0.077 <sup>a</sup>
I1	0.099 <sup>a</sup>	0.101 <sup>a</sup>	0.231 <sup>a</sup>	0.056 <sup>a</sup>	0.079 <sup>a</sup>
I2	0.102 <sup>a</sup>	0.103 <sup>a</sup>	0.203 <sup>b</sup>	0.047 <sup>a</sup>	0.051 <sup>b</sup>
<b>Kadar Fe organik (Fe-p, %)</b>					
K0	0.135 <sup>a</sup>	0.190 <sup>b</sup>	0.070 <sup>c</sup>	0.140 <sup>a</sup>	0.155 <sup>a</sup>
K1	0.140 <sup>a</sup>	0.223 <sup>a</sup>	0.078 <sup>bc</sup>	0.155 <sup>a</sup>	0.180 <sup>a</sup>
K2	0.135 <sup>a</sup>	0.230 <sup>a</sup>	0.083 <sup>ab</sup>	0.155 <sup>a</sup>	0.173 <sup>a</sup>
K3	0.133 <sup>a</sup>	0.227 <sup>a</sup>	0.085 <sup>ab</sup>	0.135 <sup>a</sup>	0.180 <sup>a</sup>
K4	0.133 <sup>a</sup>	0.225 <sup>a</sup>	0.090 <sup>a</sup>	0.145 <sup>a</sup>	0.173 <sup>a</sup>
K5	0.128 <sup>b</sup>	0.213 <sup>a</sup>	0.088 <sup>a</sup>	0.138 <sup>a</sup>	0.173 <sup>a</sup>
I1	0.135 <sup>a</sup>	0.241 <sup>a</sup>	0.089 <sup>a</sup>	0.153 <sup>a</sup>	0.168 <sup>b</sup>
I2	0.133 <sup>a</sup>	0.203 <sup>b</sup>	0.079 <sup>b</sup>	0.138 <sup>b</sup>	0.182 <sup>a</sup>

Keterangan : K0 : tanpa kompos, K1: kompos jerami 100%, K2 : kompos jerami 75% + KBK 25%, K3: kompos jerami 50% + KBK 50%, K4: kompos jerami 25% + KBK 75%, K5 : kompos KBK 100%, I1: pengairan macak-macak, I2: pengairan berselang. Rerata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf nyata 5%.

Menurut Eusterhues *et al.* (2014) ferrihidrit yang mengalami co-presipitasi cenderung berkembang menjadi ukuran Kristal yang lebih kecil. Kemungkinan lainnya adalah reduksi bahan organik-ferrihidrit bebas dan ferrihidrit telah terjadi karena Goethite hanya ditemukan setelah reduksi bahan organik-ferrihidrit bebas dan siderite hanya ditemukan ketika ferrihidrit dengan jumlah kompleks mineral-bahan organik relatif rendah telah tereduksi (Eusterhues *et al.*, 2014). Menurut Langmuir (1997) pada lingkungan aquatik yang kaya karbonat pada pH yang lebih tinggi, oksihidroksida terpresipitasi sebagian besar

sebagai campuran bahan amorf dan goethite. Oksida Fe ferrihidrit kurang kristalin (amorf), biasanya membentuk agregat Kristal individual berukuran nanometer (Eusterhues *et al.*, 2014).

Pada 70 hst, pemberian kompos berpengaruh tidak nyata terhadap Fe-d dan Fe-o, tetapi terhadap Fe-p pengaruhnya nyata. faktor cara pengairan pengaruhnya tidak nyata terhadap Fe-d, tetapi terhadap Fe-o dan Fe-p pengaruhnya nyata. Sedangkan interaksi antara pemberian kompos dan cara pengairan berpengaruh tidak nyata terhadap Fe-d, Fe-o maupun Fe-p pada 70 hst. Kadar Fe-p paling

rendah pada K0 dan berbeda nyata dengan pemberian kompos pada berbagai komposisi, kecuali K1. Rendahnya kadar Fe-p pada 70 hst pada K1 mungkin disebabkan oleh asam organik yang dibebaskan sudah berkurang. Menurut Maas (2011) bahan organik yang berasal dari jerami termasuk dalam kelompok bahan organik mudah terlapukkan (*easily decomposable organic matter*). Selama tahap awal penggenangan, 60 – 80% bahan organik yang mudah terdekomposisi pada tanah sawah dimineralisasi oleh mikroorganisme menggunakan  $Fe^{3+}$  sebagai akseptor electron (Becker & Asch, 2005). Tanaka (1978) menyatakan asam organik dapat terjadi pada hari ke 2-10 setelah jerami ditanam dalam lumpur sewaktu pengolahan tanah. Jerami yang diaplikasikan pada penelitian ini adalah kompos matang dengan nisbah C/N 11. Oleh karena itu asam organik yang berpotensi untuk mengompleks Fe berkurang pada 70 hst. Tampaknya, peran asam organik dari eksudat akar lebih menguasai pembentukan kompleks dengan Fe dibandingkan asam organik dari kompos pada 70 hst.

Baik Fe-o maupun Fe-p, kadar masing-masing lebih tinggi dan berbeda nyata pada pengairan macak-macak dibandingkan pengairan berselang. Adanya air yang menyelimuti permukaan Fe telah menghalangi pembentukan Fe-o dan Fe-p pada 70 hst. Kadar Fe pada 70 hst makin rendah berturut-turut Fe-o > Fe-d > Fe-p (Tabel 1). Data tersebut menunjukkan bahwa baik pemberian kompos maupun cara pengairan meningkatkan pembentukan Fe-o pada 70 hst. Bobot tanaman kering meningkat lebih dari dua kali dari bobot pada 40 hst (data tidak ditampilkan). Hal ini menunjukkan tanaman padi mengalami pertumbuhan dan perkembangan yang pesat pada saat itu yang menciptakan lingkungan rhizosfer oksidatif yang lebih luas. Selain itu, pengeringan pada 66-70 hst memacu pembentukan Fe-o lebih tinggi dan mungkin karena waktu pengeringan yang singkat belum memungkinkan terbentuknya Kristal Fe dengan baik.

Pada 75 hst, pemberian kompos dan interaksi antara pemberian kompos dengan cara pengairan pengaruhnya tidak nyata terhadap Fe-d, Fe-o maupun Fe-p. Tetapi cara pengairan

berpengaruh nyata terhadap Fe-p, sedangkan terhadap Fe-d dan Fe-o berpengaruh tidak nyata. Pengaruh tidak nyata dari pemberian kompos serta interaksi pemberian kompos dan cara pengairan mungkin berkaitan dengan fase pertumbuhan tanaman padi. Pada 75 hst, tanaman padi telah melampaui fase vegetatif aktif dan sudah memasuki fase reproduktif. Rumpun tanaman yang berkembang sempurna, yang ditunjukkan oleh peningkatan bobot tanaman kering sekitar 1,2 kali dari bobot pada 70 hst (data tidak ditampilkan), dan volume akar yang bertambah memungkinkan pelepasan eksudat akar dan oksigen di daerah rhizosfer menyebabkan rendahnya pengaruh kompos terhadap pembentukan Fe-d, Fe-o maupun Fe-p pada 75 hst. Go Ban Hong (1989) menyatakan bilamana penyaluran oksigen hasil fotosintesis daun ke aerenchym perakaran berlangsung lambat, maka besar kemungkinan perakaran terhalang mempertahankan rhizosfer yang oksidatif. Pada percobaan ini penyaluran oksigen ke akar berlangsung lancar. Rerata curahan hujan 200,14 mm dan jumlah hari hujan 7 hari selama bulan Februari 2014 (data pribadi), sehingga lingkungan rhizosfer dalam keadaan oksidatif. Akibatnya Fe-d yang terbentuk tinggi.

Selanjutnya, pengairan macak-macak menyebabkan kadar Fe-p lebih tinggi dan berbeda nyata dengan pengairan berselang. Sampai umur 75 hst, selaput air di sekitar Fe telah menghalangi pengompleksan asam organik dengan Fe sehingga Fe-p yang terbentuk pada pengairan berselang lebih rendah.

Kadar Fe pada 75 hst makin rendah berturut-turut Fe-d > Fe-p > Fe-o. Perkembangan tanaman yang makin pesat dan pelepasan eksudat akar yang makin tinggi menyebabkan peningkatan pembentukan Fe-d dan Fe-p. Menurut Becker & Asch (2005) rhizosfer padi adalah loka potensial terjadinya oksidasi  $Fe^{2+}$ , dapat juga sebagai loka reduksi  $Fe^{3+}$ . Produk ekskresi akar mencakup berbagai jenis asam organik alifatik; banyak diantaranya (seperti asam sitrat, oksalat, dan tartrat) mampu membentuk kompleks dengan ion logam (Stevenson & Fitch, 1986) termasuk Fe.

Pada saat panen, pemberian kompos berpengaruh tidak nyata terhadap Fe-d, Fe-o

maupun Fe-p. Cara pengairan berpengaruh nyata terhadap Fe-o dan Fe-p, tetapi terhadap Fe-d pengaruhnya tidak nyata. Selanjutnya, interaksi antara pemberian kompos dan cara pengairan berpengaruh nyata terhadap Fe-d dan Fe-p, sedangkan terhadap Fe-o berpengaruh tidak nyata. Asam organik yang berasal dari kompos mungkin bersaing dengan asam organik dari eksudat akar dan akar yang mati pada pembentukan Fe-d, Fe-o dan Fe-p saat panen sehingga pengaruhnya tidak nyata. Tanaman padi yang telah mencapai fase matang panen, klorofilnya telah berkurang sehingga fotosintesis rendah. Akibatnya oksigen yang dapat dibebaskan melalui akar aerenchym berkurang.

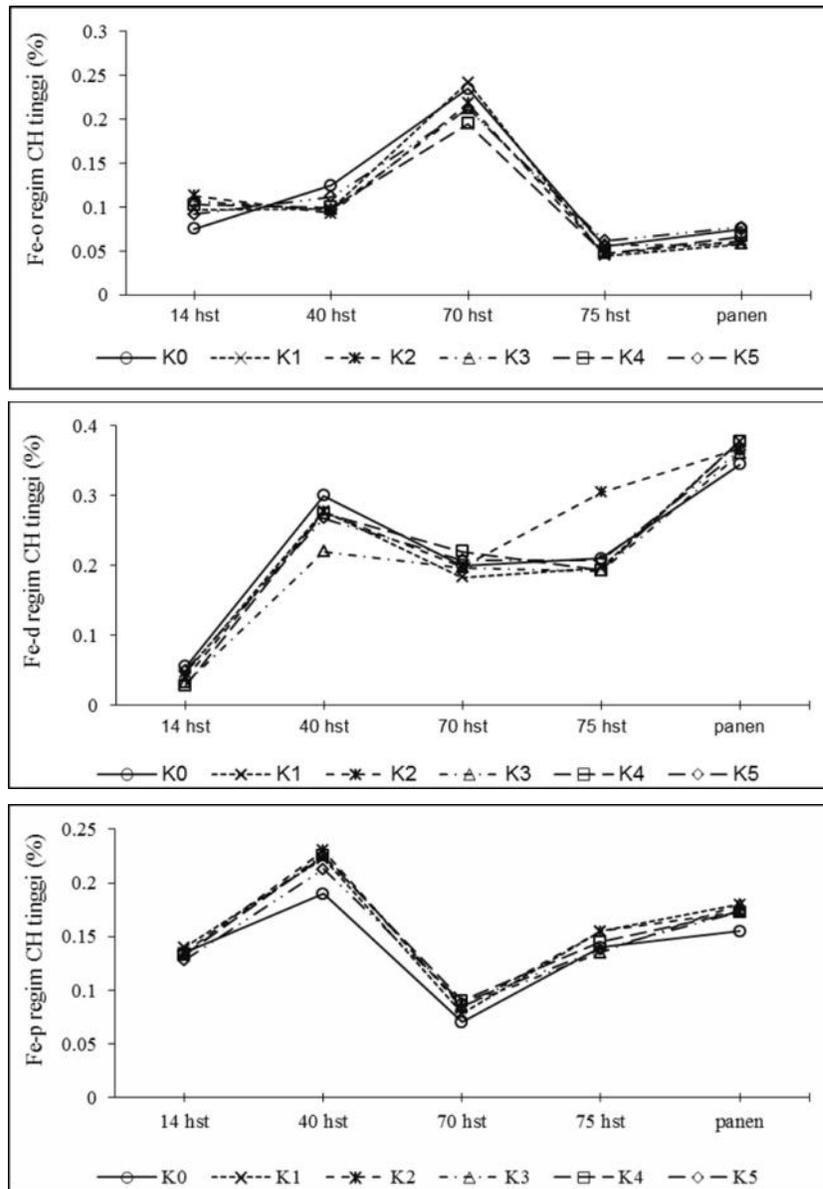
Pengairan macak-macam menyebabkan Fe-o lebih tinggi dan berbeda nyata dengan pengairan berselang, tetapi Fe-p lebih rendah dan berbeda nyata pada pengairan macak-macam dibandingkan pengairan berselang. Pada saat panen, media sudah dikeringkan selama sekitar 7 hari. Fe-o yang telah terbentuk pada periode sebelumnya terus bertambah dan tidak dipengaruhi oleh pengeringan. Lain halnya dengan Fe-d. Pengeringan pada saat panen menyebabkan kenaikan kadar Fe-d, baik pada pengairan macak-macam maupun pengairan berselang. Pengeringan telah menyebabkan terjadinya co-presipitasi Fe pada pengairan macak-macam dan berselang.

Pada interaksi antara pemberian kompos dan cara pengairan, kombinasi perlakuan K4I1 memberikan kadar Fe-d tertinggi pada saat panen dan berbeda nyata dengan kombinasi perlakuan K0I1, K0I2, K1I1, K2I1, K3I1, K3I2, K4I2 dan K5I2 (tabel 2). Data tersebut menunjukkan bahwa, selain pada K0I1 dan K0I2, pengairan macak-macam menyebabkan Fe-d lebih rendah pada pemberian kompos jerami dengan komposisi lebih tinggi, dan pengairan berselang menyebabkan Fe-d lebih rendah pada pemberian kompos KBK dengan komposisi yang lebih tinggi. Penghalangan co-presipitasi tinggi pada pemberian kompos jerami dengan komposisi tinggi dan pengairan macak-macam, serta pemberian kompos KBK dengan komposisi tinggi dan pengairan berselang. Selanjutnya, kombinasi perlakuan K0I1 menyebabkan Fe-p paling rendah dan berbeda nyata dengan kombinasi perlakuan lainnya pada saat panen (tabel 2). Selain pada K0I2, pemberian kompos jerami dan KBK dengan berbagai komposisi menyebabkan Fe-p lebih tinggi, baik pada pengairan macak-macam maupun pengairan berselang. Kadar Fe pada saat panen berturut-turut makin rendah Fe-d > Fe-p > Fe-o, pola yang sama dengan umur 75 hst. Pengeringan (drainase) sebelum padi dipanen menyebabkan re-oksidasi Fe<sup>2+</sup> menjadi Fe<sup>3+</sup> (Sahrawat, 1979) sehingga Fe-d lebih tinggi.

Tabel 2. Pengaruh interaksi pemberian kompos dan cara pengairan terhadap Fe-d dan Fe-p pada saat panen

Kadar Fe-d (%) pada saat panen							
	K0	K1	K2	K3	K4	K5	Rerata I
I1	0.350 <sup>c</sup>	0.367 <sup>bc</sup>	0.363 <sup>bc</sup>	0.360 <sup>bc</sup>	0.400 <sup>a</sup>	0.373 <sup>a-c</sup>	0.371 <sup>x</sup>
I2	0.340 <sup>c</sup>	0.390 <sup>ab</sup>	0.370 <sup>a-c</sup>	0.360 <sup>bc</sup>	0.357 <sup>c</sup>	0.357 <sup>c</sup>	0.365 <sup>x</sup>
Rerata K	0.345 <sup>p</sup>	0.378 <sup>p</sup>	0.367 <sup>p</sup>	0.360 <sup>p</sup>	0.378 <sup>p</sup>	0.365 <sup>p</sup>	
Kadar Fe-p (%) pada saat panen							
	K0	K1	K2	K3	K4	K5	Rerata I
I1	0.130 <sup>c</sup>	0.173 <sup>ab</sup>	0.173 <sup>ab</sup>	0.177 <sup>ab</sup>	0.157 <sup>b</sup>	0.170 <sup>ab</sup>	0.168 <sup>x</sup>
I2	0.180 <sup>a</sup>	0.187 <sup>a</sup>	0.173 <sup>ab</sup>	0.183 <sup>a</sup>	0.190 <sup>a</sup>	0.177 <sup>ab</sup>	0.182 <sup>y</sup>
Rerata K	0.155 <sup>p</sup>	0.180 <sup>p</sup>	0.173 <sup>p</sup>	0.180 <sup>p</sup>	0.173 <sup>p</sup>	0.173 <sup>p</sup>	

Keterangan : K0: tanpa kompos, K1: kompos jerami 100%, K2: kompos jerami 75% + KBK 25%, K3: kompos jerami 50% + KBK 50%, K4: kompos jerami 25% + KBK 75%, K5: kompos KBK 100%, I1: pengairan macak-macam, I2: pengairan berselang. Rerata yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris dan atau kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf nyata 5%.



Gambar 1. Dinamika perubahan Fe-o, Fe-d dan Fe-p akibat pemberian kompos pada tanah dari regim curah hujan tinggi (K0: tanpa kompos, K1: kompos jerami 100%, K2 kompos jerami 75% + kompos KBK 25%, K3: kompos jerami 50% + kompos KBK 50%, K4: kompos jerami 25% + kompos KBK 75%, K5: kompos KBK 100%)

Dinamika perubahan Fe-d, Fe-o dan Fe-p sebagai akibat pemberian kompos pada tanah dari regim curah hujan tinggi disajikan pada gambar 1. Pada gambar tersebut terlihat bahwa kadar Fe-o mencapai puncak pada 70 hst lalu menurun secara tajam pada 75 hst dan tetap rendah sampai panen. Kadar Fe-d

mencapai puncak pertama pada 40 hst lalu menurun pada 70 dan 75 hst, kecuali K2 naik pada 75 hst, dan puncak kedua pada saat panen. Kadar Fe-p mencapai puncak pada 40 hst lalu turun secara tajam pada 70 hst, tetapi kemudian naik lagi pada 75 hst sampai saat panen.

## KESIMPULAN

Pemberian kompos berpengaruh nyata terhadap Fe-d dan Fe-o umur 14 hst, serta terhadap Fe-p umur 40 dan 70 hst. Makin lama umur tanaman atau makin berkembang tanaman padi, pengaruh kompos terhadap Fe-d, Fe-o dan Fe-p menjadi tidak nyata.

Cara pengairan berpengaruh nyata terhadap Fe-o umur 70 hst dan saat panen, terhadap Fe-p umur 40, 70, 75 hst dan saat panen, sedangkan terhadap Fe-d pengaruhnya tidak nyata. Kadar Fe-o dan Fe-p pengairan macak-macam lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan pengairan berselang, kecuali Fe-p pada saat panen.

Interaksi antara pemberian kompos dan cara pengairan berpengaruh nyata terhadap Fe-d dan Fe-p pada saat panen, sedangkan terhadap Fe-o pengaruhnya tidak nyata. Kadar Fe-dK4I1 paling tinggi pada saat panen yang berbeda nyata dengan pemberian kompos jerami dengan komposisi yang makin tinggi dan pengairan macak-macam, serta dengan pemberian kompos KBK dengan komposisi yang makin tinggi dan pengairan berselang, selain pada tanpa pemberian kompos. Kadar Fe-pK0I1 lebih rendah dan berbeda nyata dengan pemberian kompos dengan berbagai komposisi, baik pada pengairan macak-macam maupun pengairan berselang, selain pada K0I2

## DAFTAR PUSTAKA

- Amnal, 2009. *Respon Fisiologi Beberapa Varietas Padi Terhadap Cekaman Besi*. Tesis. Sekolah Pascasarjana institut Pertanian Bogor, Bogor. 69 hlm.
- Asch, F., Becker, M., and Kpongor, D. S., 2005. *A quick and efficient screen for tolerance to iron toxicity in lowland rice*. J. Plant Nutrition Soil sci. 168:764-773.
- Becker, M. and Asch, F., 2005. *Iron Toxicity in Rice: Conditions and Management Concepts*. J. plant Nutr. Soil Sci. 168 : 558 – 573.
- Eusterhues, K., Hädrich, A., Neldhardt, J., Küsel, K., Keller, T.F., Jandt, K.D. and Totsche, K.U., 2014. *Reduction of ferrihydrite with adsorbed and coprecipitated organic matter: microbial reduction by Geobacter bremensis vs abiotic reduction by N-dithionite*, Biogeosciences, 11:4953 – 4966.
- Go Ban Hong, 1989. *Dampak pemupukan berlebihan pada tanah sawah*. Makalah seminar pada Balai Penelitian Tanaman Pangan Malang.
- Goldschmidt, V.M., 1958. *Geochemistry*. Oxford University Press. London.
- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Nelson, S.L. and Nelson, W.L., 2005. *Soil Fertility and Fertilizers: an Introduction to Nutrient Management*. Pearson Prentice Hall. New Jersey.
- Kaiser, K and Zech, W., 2000. *Dissolved Organic Matter Sorption by Mineral Constituents of Subsoil Clay Fraction*. J. Plant Nutr. Soil Sci., 163:531-535.
- Khairullah, I., 2012. *Gatra Fisiologis dan Agronomis Pengaruh Pengendalian Keracunan Besi Padi Sawah di Lahan Rawa Pasang Surut Sulfat Masam*. Disertasi. Program Pascasarjana Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 308 hlm.
- Langmuir, D., 1997. *Aqueous Environmental Geochemistry*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- Lindsay, W.L., 1979. *Chemical Equilibria in Soil*. John Wiley & Sons, Inc. Toronto. 449 hal.
- Maas, A., 2011. *Teknologi Antisipasi Cekaman Abiotik Budidaya Padi*. Makalah Seminar Nasional BB Padi, Balitabang Prtanian, Sukamandi.
- Olumo, M.O., Raczand, G.J. and Cho, C.M., 1973. *Effect of flooding on the Eh, pH and concentrations of Fe and Mn in several Manitoba soils*. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 37:220-224.
- Patra, B.N. and Mohany, S.K., 1994. *Effect of nutrients and liming on changes in pH, redox potential and uptake of iron and manganese by wetland rice in iron-toxic soil*. Biol. Fertil. Soils 17:285-288.

- Patrick, W.H. and Reddy, C.N., 1978. *Chemical Change in Rice Soils* in International Rice Research Institute. *Soils and Rice*. Los Banos. Philippines.p 361- 380.
- Ponnamperuma, F.N., 1972. *The Chemistry of Submerged Soils*. Advance in Agronomy. Academic Press, Inc.Vol. 24 : 29-96.
- Ponnamperuma, F.N., Tianco, E.M. and Loy, T., 1967. *Redox equilibria in flooded soils: The iron hydroxides systems*. Soil Sci 103:374-382.
- Reddy, K.R. and Delaune, R.D., 2008. *Biogeochemistry of Wetlands: Science and Applications*. CRC Press.
- Sadana, U.S., Chahal, D.S. and Abadia, J., 1995. *Iron availability, electrochemical changes and nutrient content of rice as influenced by green manuring in a submerged soil: Iron nutrition in soil and plant*. Develop. Plant Soil Sci 59:105-109.
- Sahrawat, K.L., 1979. *Iron toxicity to rice in an acid sulfate soil as influenced by water regimes*. Plant soil 51:143-144.
- Schwertmann, U., Kodama, H. and Fisher, W.R., 1986. *Mutual Interactions Between Organiks and Iron Oxides*. inHuang & Schnitser (Editors), Interactions of soil minerals with natural organiks and microbes. Soil Sci. Soc. Of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA. pp 223-250.
- Stevenson, F.J. and Fitch, A., 1986. *Chemistry of complexation of metal ions with soil souldution organiks*.inHuang & Schnitser (Editors), Interactions of soil minerals with natural organiks and microbes. Soil Sci. Soc. Of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA. pp 41-90.
- Syafruddin, 2012. *Kesinergian Kompos Jerami dan Pupuk NPK dengan Sistem Pemberian Air untuk Penanggulangan Keracunan Besi, Ketersediaan dan Serapan Hara N, P, K, dan Fe serta Hasil Padi pada Lahan Sawah Inceptisol Morowali*. Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Padjadjaran. Bandung. 160 hlm.
- Tanaka, A., 1978. *Role of Organik matter*. Rice and Soil. IRRI. P 605-620.
- Tisdale, S.L. and Nelson, W.L., 1975. *Soil Fertility and Fertilizers*. 3<sup>rd</sup> Ed. Macmillan Publishing Co. New York.
- USDA, 2004. *Soil Survey Laboratory Methods Manual*. P.167-365, 616-643. In Burt, R. (ed.) Soil Survey Investigations Report No. 42, Vers.4.0 Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.
- Yoshida, S., 1981. *Fundamentals of Rice Crop Science*.The International Rice Research Institute.Los Banos, Languna, Philippines.
- Yusuf, W.A., 2010. *Pemberian Jerami Padi dan Purun Tikus pada Berbagai Tingkat Dekomposisi Terhadap Konsentrasi Besi Dalam Tanah dan Serapan Besi oleh Padi di Tanah Sulfat Masam*.Tesis.Program Pascasarjana Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. 121 hlm.