

Kadar dan Serapan Fe Padi Inpari-1 Akibat Pemberian Kompos dan Pengelolaan Air Pada Inceptisol Berkadar Fe Tinggi di Desa Korobono Kabupaten Poso

Oleh :

Ita Mowidu¹⁾

Corresponding : itamowidu@unsimar.ac.id

ABSTRAK

Besi (Fe) adalah unsur hara mikro esensial bagi tanaman. Kadar kecukupan pada padi fase penganakan sampai inisiasi malai adalah 75-150 mg kg⁻¹ pada daun muda, 60-100 mg kg⁻¹ pada batang. Kandungan Fe dalam tanaman yang keracunan biasanya 300-2000 mg kg⁻¹. Untuk mengetahui pengaruh pemberian kompos dan pengelolaan air terhadap kadar dan serapan Fe padi Inpari-1, maka telah dilakukan percobaan rumah kaca menggunakan Inceptisol yang mengandung Fe tinggi di desa Korobono kabupaten Poso. Percobaan 2 faktor yang terdiri dari faktor kompos 5 t ha⁻¹ (K0=tanpa kompos, K1 = kompos jerami 100%, K2 = kompos jerami 75% + kompos kulit buah kakao (KBK) 25%, K3 = kompos jerami 50% + kompos KBK 50%, K4 = kompos jerami 25% + kompos KBK 75%, dan K5 = kompos KBK 100%), dan faktor pengelolaan air (I1 = pengairan macak-macak dan I2 = pengairan berselang), diulang 3 kali (kecuali kontrol), disusun menurut pola acak lengkap. Pengamatan dilakukan terhadap kadar dan serapan Fe pada umur 14 hari setelah tanam (hst), 40, 70, 75 hst dan saat panen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Pemberian kompos berpengaruh nyata sampai sangat nyata terhadap kadar Fe padi selama pengamatan, dan serapan Fe pada saat panen. Pengelolaan air berpengaruh nyata terhadap kadar Fe padi pada umur 40 dan 70 hst, serta serapan Fe padi pada umur 70 hst dan saat panen. Interaksi pemberian kompos dan pengelolaan air berpengaruh nyata terhadap kadar Fe pada saat panen, tetapi terhadap serapan Fe padi pangaruhnya tidak nyata. Pemberian kompos menyebabkan kadar dan serapan Fe padi lebih rendah dan berbeda nyata dengan tanpa pemberian kompos. Kadar dan serapan Fe padi pada pengairan macak-macak lebih rendah dan berbeda nyata dengan cara pengairan berselang.

Kata kunci : kadar Fe, kompos jerami, kompos kulit buah kakao, pengelolaan air, serapan Fe

PENDAHULUAN

Besi (Fe) merupakan unsur mikro yang esensial bagi tanaman. Besi diserap tanaman dalam bentuk ion feri (Fe³⁺), ion fero (Fe²⁺) dan dalam bentuk khelat (ikatan dengan bahan organik) (Rosmarkam dan Yuwono, 2002). Jumlah Fe yang terangkut bersama panen berkisar antara 0,2-0,8 kg Fe t⁻¹ gabah,

dengan rata-rata 0,5 kg Fe t⁻¹ gabah. Jika hasil padi 6 t ha⁻¹, maka banyaknya Fe yang terangkut panen adalah sekitar 3 kg ha⁻¹, belum termasuk yang terdapat pada jerami (Dobermann & Fairhurst, 2000).

Di dalam tanaman Fe membantu pembentukan sistem enzim pernafasan (Winarso, 2005), sebagai pelaksana pemindahan

¹⁾ Staf Pengajar Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sintuwu Maroso

elektron dalam proses metabolisme dan mengaktifkan enzim hidrogenase fumarat, oksidase dan sitokrom (Rosmarkam & Yuwono, 2002), dalam transport elektron pada proses fotosintesis dan sebagai bagian penyusun dari porfirin dan feredoksin yang merupakan komponen esensial pada fotosintesis fase terang (Dobermann & Fairhurst, 2000). Porfirin merupakan komponen utama kloroplas dan mitokondria dimana proses metabolisme terjadi (Marschner, 1997; Mengel & Kirkby, 1987). Fe juga sebagai bagian dari enzim-enzim tertentu seperti cytochrom oksidase (transport elektron) dan cytochrom (tahap respirasi terminal) pada fotosintesis dan respirasi serta dalam proses fiksasi N, terlibat dalam sintesis protein dan pertumbuhan ujung akar meristem (Hanafiah, 2010).

Kadar kecukupan (optimum) hara Fe untuk tanaman padi dari fase penganakan sampai inisiasi malai pada daun muda adalah 75-150 mg kg⁻¹ dengan taraf kritis defisiensi adalah <70 mg kg⁻¹, dan pada batang 60-100 mg kg⁻¹ dengan taraf kritis defisiensi <50 mg kg⁻¹ (Dobermann & Fairhurst, 2000). Havlin *et al.* (2005) menyatakan defisiensi Fe umumnya terjadi apabila kadarnya di dalam tanaman <50 mg kg⁻¹. Tanaman padi mengalami defisiensi Fe apabila konsentrasi Fe dalam tanah <2 mg kg⁻¹ (ekstraksi dengan NH₄-asetat, pH 4,8) atau <4-5 mg kg⁻¹ (ekstraksi dengan DTPA-CaCl₂, pH 7,3) (Dobermann & Fairhurst, 2000; Fairhurst *et al.*, 2007).

Penyerapan Fe secara berlebihan yang disebabkan oleh konsentrasinya yang besar di dalam larutan tanah dapat menimbulkan keracunan pada tanaman. Bibit padi yang baru ditanam dapat terpengaruh oleh banyaknya akumulasi Fe²⁺ segera setelah penggenangan. Dalam tahap pertumbuhan selanjutnya, penyerapan Fe²⁺ yang berlebihan akan meningkatkan permeabilitas akar dan memperkuat reduksi Fe mikrobial dalam rhizosfer. Banyaknya Fe dalam tanaman dapat menyebabkan tanaman mengalami keracunan (fitotoksisitas). Amnal (2009) menemukan kadar Fe dalam tanaman padi yang masih dapat ditenggang oleh tanaman padi adalah 250-500 mg kg⁻¹, atau menurut Dobermann & Fairhurst (2000) >300-500 mg kg⁻¹. Konsentrasi keracunan Fe kritis yang menyebabkan kehilangan hasil adalah sekitar 500 mg kg⁻¹ (Marschner, 1997; Mengel & Kirkby, 1987). Di atas konsentrasi 500 mg kg⁻¹ tanaman akan mengalami keracunan Fe. Keracunan Fe juga dapat disebabkan oleh stress hara yang menurunkan daya oksidasi akar karena kahat hara P, Ca, Mg atau K; daya pengeluaran Fe²⁺ yang buruk karena di rhizosfer terjadi akumulasi asam organik, H₂S dan FeS yang menghambat respirasi; pemberian bahan organik yang belum terurai dalam jumlah banyak; pasokan Fe secara terus-menerus ke dalam tanah dan air tanah atau rembesan dari bukit-bukit (Fairhurst *et al.*, 2007; Dobermann & Fairhurst, 2000).

Audebert (2006) menyatakan keracunan Fe merupakan kendala yang berpengaruh secara nyata pada produksi padi sawah di daerah tropika. Kandungan Fe dalam tanaman yang keracunan biasanya (tidak selalu) tinggi (300-2.000 mg kg⁻¹) (Dobermann & Fairhurst, 2000; Fairhurst, 2007). Amnal (2009) menemukan bahwa sayatan melintang ujung akar padi memperlihatkan adanya akumulasi Fe pada hampir semua bagian akar, mulai dari epidermis sampai endodermis akar, bahkan pada varietas IR64 (sensitif Fe), Indragiri dan Punggur (toleran cekaman Fe) dapat terlihat dengan jelas pada bagian korteks.

Bahan dan Metode

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⁻¹ (K0 = tanpa pemberian kompos, K1 = kompos jerami padi 100% + kulit buah kakao 0%, 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 jerami padi 0% + kulit buah kakao 100%), dan cara pengairan (I1 = pengairan macak-macak dan I2 = pengairan berselang). Tiap perlakuan diulang 3 kali, kecuali Kontrol, sehingga terdapat 5 x 2 x 3 + 2 kontrol = 32 unit percobaan yang diatur menurut pola rancangan acak lengkap (RAL). Wadah media tanam menggunakan bak plastik (pot

besar) dengan diameter sekitar 56 cm dan pot kecil 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 campuran jerami padi dengan kulit buah kakao dengan komposisi sesuai Sebagai pupuk basal diberikan pupuk N sebanyak 90 kg ha⁻¹, P₂O₅ sebanyak 60 kg ha⁻¹, dan K₂O sebanyak 60 kg ha⁻¹. Urea diberikan 1/3 bagian diberikan bersamaan dengan semua takaran pupuk P dan K pada umur 7 hari setelah tanam (hst), 1/3 bagian lagi diberikan pada umur 28 hst dan sisanya 1/3 bagian diberikan pada umur 56 hst. Bibit padi berumur 15 hari setelah sebar di tanam 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 10 hari sebelum panen tanah dipertahankan dalam keadaan macak-macak (jenuh air). Pada perlakuan pengairan berselang (I2) pemberian air diatur sebagai berikut: pada saat tanam sampai umur 7 HST air dipertahankan dalam keadaan macak-macak, pada umur 8-65 HST digenangi setinggi 3 cm, pada umur 66-70 HST genangan diturunkan sampai macak-macak, pada umur 71-80 HST digenangi lagi setinggi 5 cm, pada umur 81-84 HST genangan diturunkan lagi sampai macak-macak untuk menyeragamkan pembungaan, pada umur 85-98 HST digenangi setinggi 5

cm untuk pengisian biji, dan pada umur 99-105 HST, pada saat malai mulai menguning pot dikeringkan untuk menyeragamkan pemasakan.

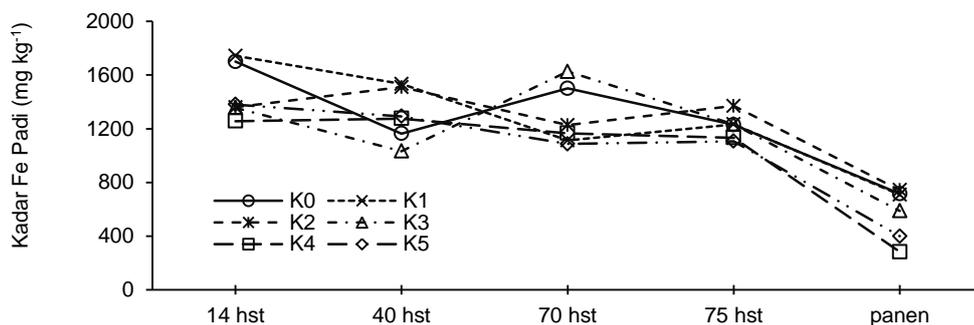
Pengamatan dilakukan terhadap kadar dan serapan Fe padi pada umur 14, 40, 70, 75 hst dan saat panen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Fe padi

Analisis keragaman menunjukkan bahwa pemberian kompos berpengaruh nyata sampai sangat nyata terhadap kadar Fe padi pada Inceptisol berkadar Fe tinggi di desa Korobono selama pengamatan. Dinamika pengaruh pemberian kompos terhadap kadar Fe padi disajikan pada Gambar 1. Pada Gambar tersebut tampak bahwa kadar Fe padi tinggi selama pengamatan dan berkecenderungan semakin menurun dengan bertambahnya umur tanaman sebesar 283,3 mg kg⁻¹ pada saat panen pada perlakuan kompos. Kadar Fe padi tertinggi sebesar 1742,8 mg kg⁻¹ pada umur 14 hst dengan pemberian kompos jerami

100%. Kadar kecukupan (optimum) hara Fe untuk tanaman padi dari fase penganakan sampai inisiasi malai pada daun muda adalah 75-150 mg kg⁻¹ dengan taraf kritis defisiensi adalah <70 mg kg⁻¹, pada batang 60-100 mg kg⁻¹ dengan taraf kritis defisiensi <50 mg kg⁻¹ (Dobermann & Fairhurst, 2000; Jones, 2003), pada fase anakan maksimum 75-200 mg kg⁻¹ (Jones, 2003). Pada kadar Fe >300 mg kg⁻¹ dalam jaringan tanaman padi pada fase penganakan merupakan kadar kritis kelebihan dan meracun bagi tanaman (Jones, 2003). Amnal (2009) menemukan kadar Fe dalam tanaman padi yang masih dapat ditenggang oleh tanaman padi adalah 250-500 mg kg⁻¹, atau menurut Dobermann & Fairhurst (2000) >300-500 mg kg⁻¹. Konsentrasi keracunan Fe kritis yang menyebabkan kehilangan hasil adalah sekitar 500 mg kg⁻¹ (Marschner, 1997; Mengel & Kirkby, 1987). Di atas konsentrasi 500 mg kg⁻¹ tanaman akan mengalami keracunan Fe.



Gambar 1. Dinamika pengaruh pemberian kompos terhadap kadar Fe padi pada Inceptisol Korobono (K0: 0 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%)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Fe padi melampaui aras meracun yang masih dapat ditenggang oleh tanaman padi (500 mg kg^{-1}) selama pengamatan, kecuali pada saat panen yang kadarnya $<500 \text{ mg kg}^{-1}$ yaitu pada K4 ($283,3 \text{ mg kg}^{-1}$) dan K5 ($400,0 \text{ mg kg}^{-1}$). Kemampuan tanaman untuk tetap tumbuh dan berkembang disebabkan adanya imbalan kadar hara lain dalam tanaman seperti N, P dan K (data tidak ditampilkan). Kondisi tercekam Fe menyebabkan kadar Fe dalam jaringan tanaman tinggi. Samaranayake *et al.* (2012) menemukan kadar Fe tajuk padi dalam kondisi tercekam Fe lebih tinggi secara nyata dibandingkan kontrol. Menurut Rout & Sahoo (2015) Keracunan Fe merupakan gangguan hara kompleks dan defisiensi hara lainnya khususnya P, K, Ca, Mg dan Zn. Ketersediaan dan serapan K yang meningkat, mengurangi pengaruh keracunan Fe (Jahan *et al.*, 2016).

Pengelolaan air macak-macam dan berselang berpengaruh nyata terhadap kadar Fe padi pada umur

40 dan 70 hst. Kadar Fe padi pada pengairan berselang lebih tinggi dari pada pengairan macak-macam. Kondisi reduksi dan ketersediaan air pada pengairan berselang menyebabkan Fe dalam larutan tanah dan yang diabsorpsi padi tinggi sehingga kadarnya tinggi dalam jaringan tanaman. Peningkatan kadar Fe^{2+} dalam daun selama peningkatan konsentrasi Fe^{2+} dalam larutan hara disebabkan oleh (1) proses reduksi yang terjadi terus menerus menyebabkan jaringan akar menjadi rusak dan aliran Fe^{2+} tidak dapat dihindari, dan (2) ion Fe^{2+} dalam jaringan xylem dapat dengan mudah dipindahkan ke jaringan tajuk selama terjadi proses respirasi (Harahap *et al.*, 2014). Menurut Yoshida (1981) apabila konsentrasi Fe tinggi, kadar Fe dalam tajuk meningkat secara proporsional dengan peningkatan absorpsi air. Hal ini menunjukkan absorpsi Fe melalui aliran massa adalah mekanisme penting ketika konsentrasinya tinggi dalam media perakaran.

Tabel 1. Kadar Fe padi sebagai akibat pemberian kompos dan pengelolaan air pada Inceptisol Korobono pada saat panen

Kadar Fe padi (mg kg^{-1}) pada Inceptisol Korobono pada saat panen							
	K0	K1	K2	K3	K4	K5	Rerata I
I1	696,0ab	696,0ab	682,7ab	677,3ab	193,3d	313,3cd	542,0
I2	736,0a	722,7a	802,7a	500,0bc	373,3cd	486,7c	587,0
Rerata K	716,0	709,3	742,7	588,7	283,3	400,0	

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%.

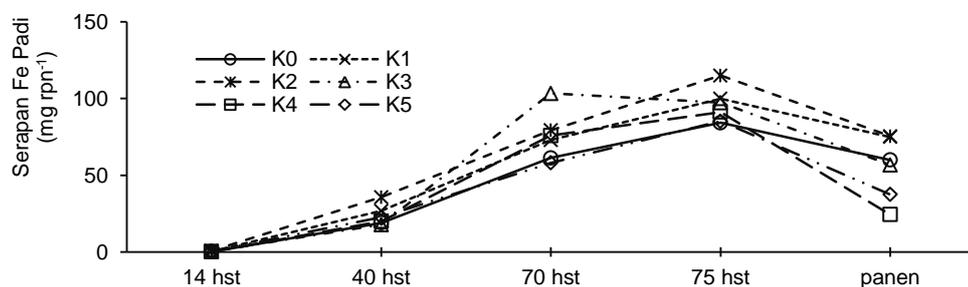
Interaksi antara pemberian kompos dan pengelolaan air berpengaruh nyata terhadap kadar Fe padi pada saat (Tabel 1). Pada Tabel tersebut terlihat bahwa kadar Fe padi terendah pada tanah dari regim curah hujan tinggi sebesar $913,3 \text{ mg kg}^{-1}$ diperoleh pada pemberian kompos KBK 100% dengan pengairan berselang, tanah dari regim curah hujan sedang sebesar $193,3 \text{ mg kg}^{-1}$ diperoleh pada pemberian kompos KBK 75% dengan pengairan macak-macak, dan tanah dari regim curah hujan rendah sebesar $623,3 \text{ mg kg}^{-1}$ pada pemberian kompos KBK 50% dengan pengairan macak-macak.

Kadar Fe padi terendah dalam jaringan tanaman melampaui aras yang masih dapat ditenggang oleh tanaman padi, kecuali pada K4I1, K4I2, K5I1 dan K5I2. Menurut Yoshida (1981) tanaman padi mempunyai 3 fungsi dalam menghalangi keracunan Fe, yaitu (1) mengoksidasi Fe pada rhizosfer, sehingga konsentrasinya rendah dalam media tumbuh, (2) menghindarkan Fe pada permukaan akar, menghalangi Fe masuk ke akar, dan (3) meretensi Fe pada

jaringan akar, menurunkan translokasi Fe dari akar ke tajuk. Tingginya kadar Fe dalam jaringan tanaman menunjukkan satu atau lebih dari fungsi tersebut tidak berperan dengan baik. Selanjutnya, kemampuan padi untuk tumbuh dan berkembang dalam kondisi tersebut disebabkan oleh adanya imbalan hara lainnya, yaitu N, P dan K yang diberikan sebagai pupuk basal. Yoshida (1981) juga menyatakan bahwa jika hara lengkap tetapi kekurangan N, maka daya penghindaran padi terhadap Fe sebesar 60%, kekurangan P daya penghindarannya sebesar 30% dan kekurangan K daya penghindarannya sebesar 20%. Kekurangan K dalam jaringan tanaman lebih melemahkan daya penghindaran padi terhadap keracunan Fe.

Serapan Fe Padi

Pemberian kompos berpengaruh sangat nyata terhadap serapan Fe padi pada saat panen. Dinamika pengaruh kompos terhadap serapan Fe padi disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Dinamika pengaruh pemberian kompos terhadap serapan Fe padi pada Inceptisol Korobono (K0: 0 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%)

Gambar 2 menunjukkan bahwa serapan Fe padi terus meningkat dengan semakin bertambahnya umur tanaman, kecuali pada saat panen. Serapan Fe padi terendah pada sebesar 0,25 mg rumpun⁻¹ diperoleh pada pemberian kompos jerami 25% pada 14 hst. Selanjutnya serapan Fe padi tertinggi sebesar 114,97 mg rumpun⁻¹ diperoleh pada pemberian kompos jerami 75% pada 75 hst. Jahan *et al.* (2013) menyatakan tanaman mengakumulasi jumlah Fe yang lebih tinggi pada tahap reproduktif daripada tahap vegetatif.

Pengelolaan air macak-macak dan berselang berpengaruh nyata terhadap serapan Fe padi pada umur 70 hst dan saat panen. Serapan Fe pada pengairan berselang lebih tinggi dari pada pengairan macak-macak. Kondisi reduksi menyediakan Fe larutan tanah tinggi sehingga serapannya tinggi. Menurut Yoshida (1981) apabila konsentrasi Fe tinggi maka jumlah total Fe terserap juga meningkat.

Inteaksi antara pemberian kompos dan pengelolaan air berpengaruh tidak nyata terhadap serapan Fe padi selama pengamatan. Serapan hara tanaman, selain dipengaruhi oleh kadar hara juga dipengaruhi oleh bobot kering tanaman. Bobot kering tanaman yang tinggi meningkatkan serapan hara apabila kadar hara dalam jaringan tinggi. Tetapi apabila bobot kering tanaman rendah maka serapan hara juga akan rendah meskipun kadar hara dalam jaringan tinggi. Serapan hara diperoleh dari

perkalian antara kadar hara dalam jaringan tanaman dan bobot kering tanaman.

KESIMPULAN

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa pada Inceptisol berkadar Fe tinggi di desa Korobono:

1. Pemberian kompos berpengaruh nyata sampai sangat nyata terhadap kadar Fe padi selama pengamatan, dan serapan Fe pada saat panen.
2. Pengelolaan air berpengaruh nyata terhadap kadar Fe padi pada umur 40 dan 70 hst, serta serapan Fe padi pada umur 70 hst dan saat panen.
3. Interaksi pemberian kompos dan pengelolaan air berpengaruh nyata terhadap kadar Fe pada saat panen, tetapi terhadap serapan Fe padi pangaruhnya tidak nyata.
4. Pemberian kompos menyebabkan kadar dan serapan Fe padi lebih rendah dan berbeda nyata dengan tanpa pemberian kompos.
5. Kadar dan serapan Fe padi pada pengairan macak-macak lebih rendah dan berbeda nyata dengan cara pengairan berselang.

DAFTAR PUSTAKA

- Amnal, 2009. *Respon Fisiologi Beberapa Varietas Padi Terhadap Cekaman Besi*. Tesis. Sekolah Pascasarjana institut Pertanian Bogor, Bogor.

- Audebert, A. 2006, *Diagnosis of Risk and Approaches to Iron Toxicity Management in Lowland Rice Farming*. Africa Rice Center (WARDA).
- Dobermann, A. & T.H. Fairhurst, 2000. *Rice: Nutrient Disorders & Nutrient Management*. Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate, Institute of Canada (PPIC) & International Rice Research Institute (IRRI).
- Fairhurst, Th., Christian, Witt, R. Buresh, & A. Dobermann, 2007. *Padi: Panduan Praktis Pengelolaan Hara*. (terjemahan Adi Widjono). IRRI, IPNI dan IPI.
- Hanafiah, K.A., 2010. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. PT Rajagrafindo Persada. Jakarta.
- Harahap, S.M., M. Ghulamahdi, S.A. Azis, A. Sutandi & Miftahudin, 2014. *Relationship of ethylene production and aerenchyme formation on oxidation ability and root surfaced-iron (Fe^{2+}) accumulation under different iron concentrations and rice genotypes*. Int. J. App. Sci. Techn. 4(1):186-194.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Nelson & W.L. Nelson, 2005. *Soil Fertility and Fertilizers: an Introduction to Nutrient Management*. Pearson Prentice Hall. New Jersey.
- Jahan, M.S., Y.M. Khanif, S.R. Syed Omar & O.R. Sinniah, 2013. Effect of low water input in rice yield: Fe and Mn bioavailability in soil. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 36(1):27-34.
- Jahan, N., N. Fauzi, M.A. Javed, S. Khan & S.Z. Hanapi, 2016. *Effect of ferrous toxicity on seedling traits and ion distribution pattern in upland and lowland rice under hydroponic conditions*. J. Tech. (Sciences and engineering), 78(1-2):39-43.
- Jones Jr., J.B., 2003. *Agronomic handbook: management of crops, soils, and their fertility*. CRC Press. Boca Raton.
- Marschner, P., 1997. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd ed. Academic Press, Elsevier Ltd. Singapore.
- Mengel, K. & E.A. Kirckby, 1987. *Principles of Plant Nutrition*. 4th Ed. International Potash Institute. Switzerland.
- Rosmarkam, A. & N.W. Yuwono, 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius. Yogyakarta.
- Rout, G.R. & S. Sahoo, 2015. *Role of iron in plant growth and metabolism*. Review in *Agriculture Sci.* 3:1-24.
- Samaranayake, P., B.D. Peiris & S. Dissanayake, 2012. *Effect of excessive ferrous (Fe^{2+}) on growth and iron content in rice (*Oryza sativa*)*. Intl. J. Agric. Biol. 14(2):296-298.
- Winarso, S., 2005. *Kesuburan Tanah: Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah*. Gva Media. Yogyakarta.
- Yoshida, S., 1981. *Fundamentals of Rice Crop Science*. The International Rice Research Institute. Los Banos, Languna, Philippines.