

## PENGARUH TOKSISITAS BESI TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL BIOMASSA PADA TIGA KLON TANAMAN NANAS

Muhammad Ikhsan Effendi<sup>1</sup>, Priyo Cahyono<sup>2</sup>, Budi Prasetya<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya

<sup>2</sup> Research and Development Department, PT Great Giant Pineapple, Lampung Tengah

\*penulis korespondensi: budiprasetya@ub.ac.id

---

### Abstract

Iron toxicity is a widespread nutrient disorder in lowland crop production, notably in lowland acid soils, swampy lands, coastal swamps and irrigated lowlands of Ultisols and Oxisols. It occurs only in flooded soils when the soil contains excessive amounts of iron. This excessive iron in soil has antagonistic effects on the uptake of many essential nutrients, poor growth and consequently yields reduction. The objective of this work was to evaluate the effects of different iron concentrations on growth characteristics and nutrient uptake of three pineapple clones (*Ananas comosus* L. Merr.). The experiment was held in a greenhouse of Research and Development Department of Great Giant Pineapple Company on December 2014 until March 2015. A randomize complete factorial design with two factors and four replications were used in this study. The first factor was pineapple clones (GP1, GP3, and F180) and second factor was iron concentration. Different amounts of iron as second factor 5 (control), 50, 100, 150, 200, 250 mg L<sup>-1</sup> FeEDTA were added in the nutrient solution. The results showed that increase iron concentration was added in nutrient solution was reduced root length, number of roots, plant height, leaf area, root dry weight, and shoot dry weight significantly at  $p < 0,05$ . Nutrient solution pH also decreased significantly with increasing concentration of iron in nutrient solution. Increased iron concentration in nutrient solution induced iron plaque formation on root surface and at the same time, Fe concentration on root tissues increased. However, higher iron concentration on nutrient solution results lower accumulation Mn in the roots. Excess iron had the same effect in reducing the absorption of P, K, and Ca on pineapple shoot. Whereas Fe and Mn uptake increased with increasing iron were added in nutrient solution. However, Mg absorption was not affected by the increase in the concentration of iron in the solution.

*Keywords* : *Ananas comosus*, *iron toxicity*, *solution culture experiment*

---

### Pendahuluan

Sebagai unsur esensial yang dibutuhkan oleh tanaman, besi memiliki banyak peran penting dalam proses metabolisme tanaman (Mehraban *et al.*, 2008). Proses metabolisme tersebut meliputi fotosintesis, respirasi, penyusun utama protein sel (Connolly dan Guerinot, 2002) dan juga bertanggung jawab terhadap kualitas dan kuantitas hasil tanaman (Celik *et al.*, 2010). Namun, besi akan bersifat toksik ketika

terakumulasi dalam jumlah besar dalam jaringan tanaman (Connolly dan Guerinot, 2002). Menurut Mandal *et al.* (2004) toksisitas besi biasanya terjadi pada tanah masam dataran rendah, lahan rawa, rawa pesisir, dan Ultisol dan Oksisol yang diirigasi.

Toksikitas besi hanya terjadi pada tanah yang telah tergenang dalam periode waktu yang panjang, dengan menurunkan potensial redoks tanah menyebabkan Fe<sup>3+</sup> pada mineral tanah direduksi menjadi Fe<sup>2+</sup> yang lebih larut dalam

air, sehingga memicu kelebihan besi bahkan konsentrasinya mencapai  $1000 \text{ mg l}^{-1}$  (Kirk, 2004). Jumlah besi ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) yang tinggi di dalam larutan tanah juga dapat mengakibatkan terjadinya ketidak seimbangan hara mineral yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Audebert, 2006).

Tanaman dengan kandungan besi yang tinggi dicirikan dengan pertumbuhan kerdil, bercak daun berkarat, tepi daun bernoda, dan sistem *perakaran* yang buruk. Pada beberapa kasus, dapat menyebabkan matinya tanaman dan menurunkan hasil hingga 100% (Sahrawat, 2004), tergantung pada toleransi kultivar, ketahanan terhadap cekaman, dan pengelolaan yang dilakukan (Audebert dan Fofana, 2009).

Nanas (*Ananas comosus*) merupakan salah satu jenis tanaman buah yang paling banyak dibudidayakan di daerah tropis dan subtropis (Sripaoraya *et al.*, 2001). Tanaman ini juga merupakan buah terpenting ketiga setelah pisang dan jeruk (Bartholomew *et al.*, 2003). Di Indonesia, nanas ditanam hampir disetiap penjuru daerah, namun daerah yang menjadi basis produksi nanas Indonesia yaitu Lampung (dengan kontribusi 32,80% terhadap produksi nanas nasional), Jawa Barat (20,45%), Sumatera Utara (11,89%), Riau (7,10%) dan Jawa Tengah (6,03%). Kelima provinsi ini berkontribusi secara kumulatif sebesar 78,27% terhadap total produksi nanas Indonesia (Kementan, 2013).

Sebagai daerah penghasil nanas terbesar di Indonesia, produksi nanas di Provinsi Lampung tersebar dalam 5 kabupaten, yaitu Kabupaten Lampung Tengah, Lampung Barat, Lampung Selatan, Pesawaran dan Way Kanan. Kabupaten Lampung tengah merupakan daerah dengan produksi terbesar yaitu 50.420 ton atau 99,78% dari total produksi nanas Provinsi Lampung. Tingginya produksi nanas di Kabupaten Lampung Tengah ini tidak lepas dari kontribusi PT Great Giant Pineapple yang memiliki perkebunan nanas seluas 32000 hektar yang tersebar pada beberapa kecamatan.

Keberadaan perkebunan PT Great Giant Pineapple yang sebagian besar berada di Ultisol dataran rendah, memberikan beberapa kendala bagi pertumbuhan nanas, salah satunya yaitu tingginya kandungan besi dalam tanah. Menurut Kabata-Pendias (2011) pada tanah yang kaya dengan fraksi Fe mobile, penyerapan Fe berlebih dapat menyebabkan pengaruh

toksik bagi tanaman. Kematian tanaman yang disebabkan oleh toksisitas besi sebagian besar terjadi pada tanah masam seperti Ultisol, Oksisol, sulfat masam, dan tanah-tanah yang tergenang. Oleh sebab itu, dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh toksisitas besi terhadap pertumbuhan dan akumulasi hara pada tanaman nanas di PT Great Giant Pineapple menggunakan metode kultur air .

## Bahan dan Metode

### *Waktu dan Tempat Penelitian*

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca *Research and Development* PT Great Giant Pineapple, Terbanggi Besar, Lampung Tengah, mulai bulan Desember 2014 sampai dengan Maret 2015. Sedangkan untuk analisis kimia dilakukan di Laboratorium Sentral PT Great Giant Pineapple.

### *Alat dan Bahan*

Alat yang digunakan dalam penelitian terdiri atas alat pengambilan data di lokasi percobaan dan di laboratorium yaitu pH meter portabel, klorofil meter SPAD minolta 502, kamera, penggaris, *cutter*, oven, *diluter*, AAS (*Atomic Absorption Spectometry*), neraca kasar dan analitik. Media percobaan menggunakan larutan hara Hoagland/Arnon yang dimodifikasi konsentrasi Fe dan pH larutan. Dalam larutan hara Hoagland/Arnon terdapat unsur makro dan mikro yang memiliki komposisi sebagai berikut:  $220 \text{ mg L}^{-1} \text{ NO}_3\text{-N}$ ,  $12.6 \text{ mg L}^{-1} \text{ NH}_4\text{-N}$ ,  $24 \text{ mg L}^{-1} \text{ P}$ ,  $230 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$ ,  $179 \text{ mg L}^{-1} \text{ Ca}$ ,  $49 \text{ mg L}^{-1} \text{ Mg}$ ,  $113 \text{ mg L}^{-1} \text{ S}$ ,  $0.45 \text{ mg L}^{-1} \text{ B}$ ,  $0.02 \text{ mg L}^{-1} \text{ Cu}$ ,  $5 \text{ mg L}^{-1} \text{ Fe}$ ,  $0.5 \text{ mg L}^{-1} \text{ Mn}$ ,  $0.01 \text{ mg L}^{-1} \text{ Mo}$ ,  $0.48 \text{ mg L}^{-1} \text{ Zn}$ . Bahan yang digunakan dalam membuat larutan tersebut yaitu  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , Fe-EDTA. Jenis klon tanaman nanas yang digunakan dalam penelitian yaitu klon GP1, GP3, dan F180 dengan jenis bibit *crowm* sedang.

### *Rancangan Percobaan*

Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan dua faktor dan terdiri dari empat ulangan. Faktor pertama

adalah klon nanas Smooth cayenne, yang terdiri atas 3 taraf yaitu klon GP1 (A1), GP3 (A2) dan F180 (A3). Faktor kedua adalah konsentrasi Fe dalam media larutan yang terdiri atas 6 taraf, yaitu ( $\text{mg l}^{-1}$  Fe): 5 (B1), 50 (B2), 100 (B3), 150 (B4), 200 (B5), dan 250 (B6). Dalam rancangan ini Jenis klon digunakan sebagai petak utama, sedangkan konsentrasi Fe sebagai anak petak.

#### Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan yang dilakukan meliputi panjang akar, jumlah akar, tinggi tanaman, panjang dan lebar *D-leaf*, klorofil, pH media, bobot segar dan kering akar, bobot segar dan kering tajuk, konsentrasi Fe dan Mn akar, serapan P, K, Ca, Mg, Fe, dan Mn tajuk.

### Hasil dan Pembahasan

#### Pertumbuhan Tanaman Nanas

##### Panjang Akar

Jenis klon memberikan pengaruh nyata terhadap panjang akar pada 1, 4 dan 5 MSP (Tabel 1). Klon GP3 memiliki panjang akar terpanjang jika dibandingkan dengan klon lain

yaitu sebesar 11,5 cm, diikuti klon F180 sebesar 9,9 cm, dan terendah klon GP1 dengan panjang akar 9,5 cm pada umur 5 MSP. Konsentrasi besi juga memberikan pengaruh nyata terhadap panjang akar pada 1-5 MSP. Pada konsentrasi besi yang lebih tinggi dari kontrol, yaitu pada konsentrasi 50, 100, 150, 200, dan 250  $\text{mg l}^{-1}$  panjang akar menurun masing-masing 18,1%, 39,2%, 47,0%, 57,8%, dan 65,7% saat tanaman berumur 5 MSP. Sedangkan interaksi antara jenis klon dengan konsentrasi besi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap rata-rata panjang akar tanaman nanas.

Terhambatnya pertumbuhan akar tanaman nanas dengan meningkatnya konsentrasi besi dalam larutan hara diiringi dengan munculnya endapan besi ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) pada ujung akar yang berwarna kecoklatan. Menurut Green dan Etherington (1977), toksisitas besi ditandai dengan munculnya gejala endapan besi ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) yang mengendap pada lapisan luar akar. Akar menjadi sedikit, kasar, pendek dan berwarna coklat gelap (Sahrawat, 2004)

Tabel 1. Rata-rata panjang akar tanaman-1 pada berbagai umur tanaman untuk setiap perlakuan jenis klon dan konsentrasi besi

Perlakuan	Panjang akar tanaman <sup>-1</sup> (cm)				
	1 MSP	2 MSP	3 MSP	4 MSP	5 MSP
<b>Jenis klon (A)</b>	<b>*)</b>	<b>*)</b>	<b>*)</b>	<b>*)</b>	<b>*)</b>
(A1) GP1	4,6 b	6,4 b	7,7 b	8,4 a	9,5 b
(A2) GP3	5,4 a	6,9 a	8,2 a	9,3 b	11,5 a
(A3) F180	5,2 ab	6,6 ab	7,6 b	8,3 b	9,9 b
<b>Besi (<math>\text{mg L}^{-1}</math>) (B)</b>					
(B1) 5	5,9 c	7,8 a	10,9 a	13,4 a	16,6 a
(B2) 50	5,8 b	8,3 a	10,3 a	11,3 b	13,6 b
(B3) 100	5,8 a	7,7 a	8,6 b	8,8 c	10,1 c
(B4) 150	5,4 a	6,6 b	7,1 c	7,6 d	8,8 c
(B5) 200	4,5 a	5,4 c	5,7 d	6,1 e	7,0 d
(B6) 250	3,6 a	4,1 d	4,5 e	4,8 f	5,7 d

Keterangan : \*) Angka-angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak nyata. MSP : minggu setelah perlakuan

##### Jumlah Akar

Perlakuan konsentrasi besi memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah akar tanaman nanas pada 5 MSP (Tabel 2). Pada konsentrasi besi yang lebih dari 5  $\text{mg L}^{-1}$ , yaitu pada

konsentrasi 50, 100, 150, 200, dan 250  $\text{mg L}^{-1}$  FeEDTA, panjang akar menurun masing-masing 16,7%, 12,8%, 37,2%, 46,2%, dan 48,7%. Jenis klon juga memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah akar yang terbentuk.

Jumlah akar tertinggi terdapat pada klon GP3 sebesar 66 akar, diikuti klon F180 sebesar 57 akar, dan yang terkecil terdapat pada klon GP1 sebesar 48 akar. Sedangkan interaksi antara kedua perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah akar yang diamati. Konsentrasi besi yang lebih tinggi dalam larutan hara menyebabkan terhambatnya pertumbuhan akar baru, sehingga mempengaruhi jumlah akar yang terbentuk pada 5 MSP. Berdasarkan hasil penelitian Shiwachi *et al.* (2006) yang menguji 2 varietas *Dioscorea* spp. pada beberapa dosis Fe dalam larutan hara, menunjukkan bahwa pada perlakuan 60 mg L<sup>-1</sup> Fe dapat menurunkan jumlah akar hingga 59% jika dibandingkan dengan kontrol.

Tabel 2. Rata-rata jumlah akar pada berbagai umur tanaman

Perlakuan	Jumlah akar tanaman <sup>-1</sup>	
	1 MSP	5 MSP
<b>Jenis klon (A)</b>	<b>*)</b>	<b>*)</b>
(A1) GP1	22 a	48 b
(A2) GP3	21 a	66 a
(A3) F180	26 a	57 ab
<b>Besi (mg L<sup>-1</sup>)</b>		
<b>(B)</b>		
(B1) 5	24 ab	78 a
(B2) 50	25 ab	65 ab
(B3) 100	28 a	68 a
(B4) 150	19 b	49 bc
(B5) 200	20 ab	42 c
(B6) 250	22 ab	40 c

Keterangan : \*) Angka-angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak nyata. MSP : minggu setelah perlakuan

#### Tinggi Tanaman

Konsentrasi besi memberikan pengaruh nyata terhadap penurunan tinggi tanaman pada 3 dan 5 MSP, setelah 1 dan 2 MSP tidak berbeda nyata (Tabel 3). Peningkatan konsentrasi besi dalam larutan menyebabkan menurunnya tinggi tanaman. Konsentrasi besi yang lebih dari 5 mg L<sup>-1</sup>, yaitu 50, 100, 150, 200, dan 250 mg L<sup>-1</sup> FeEDTA, tinggi tanaman pada 5 MSP menurun masing-masing 7,8%, 12,4%, 19,1%, 20,9%, dan 26,7%. Tinggi tanaman tertinggi terdapat pada klon GP3 dan F180 dengan

panjang masing-masing 33,2 cm, sedangkan terendah terdapat pada klon GP1 dengan panjang 31,1 cm. Interaksi antara jenis klon dengan konsentrasi besi tidak berbeda nyata terhadap tinggi tanaman. Berlebihnya besi yang terakumulasi pada daun menyebabkan perubahan warna dan menurunkan tinggi tanaman (Shimizu *et al.*, 2004). Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Shiwachi *et al.* (2006) bahwa tanaman uwi (*Dioscorea* spp.) yang diberikan perlakuan Fe 60 mg L<sup>-1</sup> dapat menurunkan tinggi tanaman hingga 65%.

#### Luas Daun

Konsentrasi besi tidak berpengaruh nyata terhadap luas daun pada 1, 2, 3, dan 4 MSP (Tabel 3). pada 5 MSP konsentrasi besi memberikan pengaruh nyata terhadap parameter tersebut. Luas daun menurun ketika konsentrasi besi meningkat lebih dari 5 mg L<sup>-1</sup>. Pada konsentrasi besi yang lebih tinggi dari kontrol, yaitu 50, 100, 150, 200 dan 250 mg L<sup>-1</sup> FeEDTA, luas daun menurun masing-masing 7,8%, 12,4%, 19,1%, 20,9%, dan 26,7%.

Tiga klon yang digunakan pada percobaan menunjukkan reaksi berbeda terhadap luas daun yang diamati sehingga memberikan pengaruh nyata saat 2 hingga 5 MSP. Luas daun tertinggi terdapat pada klon GP3 dan F180 dengan luas masing-masing 74,4 cm<sup>2</sup> dan 71,9 cm<sup>2</sup>, sedangkan terendah terdapat pada klon GP1 dengan luas 56,6 cm<sup>2</sup>. Sedangkan interaksi antara jenis klon dengan konsentrasi besi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap luas daun. Menurut Audebert (2006) daun merupakan organ penyimpanan dan besi merupakan unsur immobile yang secara terus menerus akan terakumulasi pada vakuola dalam jaringan daun dan tidak dapat didistribusikan selama masa penuaan. Penurunan luas daun secara tajam akibat toksisitas besi menunjukkan bahwa aliran logam yang secara konstan melalui jaringan konduktor tanaman cukup kuat untuk menyebabkan menurunnya luas daun yang diamati.

#### Klorofil Daun

Konsentrasi besi berpengaruh nyata terhadap jumlah klorofil berdasarkan nilai SPAD klorofil meter pada P>0,05 (Tabel 4). Nilai SPAD menurun seiring meningkatnya konsentrasi besi dalam larutan. Pada konsentrasi besi yang lebih

tinggi dari kontrol, yaitu 50, 100, 150, 200 dan 250 mg l<sup>-1</sup> FeEDTA, nilai SPAD klorofil meter menurun masing-masing 3,3%, 8,1%, 6,9%, 8,2%, dan 11,1%. Nilai SPAD klorofil meter tertinggi terdapat pada klon F180 dan GP3 dengan nilai SPAD masing-masing 67.0 dan

65.7, sedangkan terendah terdapat pada klon GP1 dengan nilai SPAD sebesar 61.7. Sedangkan interaksi antara jenis klon dengan konsentrasi besi tidak berbeda nyata terhadap pembacaan nilai SPAD klorofil meter.

Tabel 3. Rata-rata luas daun pada berbagai umur tanaman untuk setiap perlakuan jenis klon dan konsentrasi besi

Perlakuan	Luas Daun (cm <sup>2</sup> )				
	1 MSP	2 MSP	3 MSP	4 MSP	5 MSP
<b>Jenis klon (A)</b>	<b>*)</b>	<b>*)</b>	<b>*)</b>	<b>*)</b>	<b>*)</b>
(A1) GP1	33,9 c	38,7 b	42,6 a	48,3 b	56,6 b
(A2) GP3	37,6 a	44,0 a	53,7 a	60,4 a	74,4 a
(A3) F180	35,7 ab	43,0 a	55,2 b	61,0 a	71,9 a
<b>Besi (mg l<sup>-1</sup>) (B)</b>					
(B1) 5	34,3 a	40,5 a	52,8 a	63,0 a	79,1 a
(B2) 50	37,1 a	44,8 a	52,2 a	57,0 ab	72,9 ab
(B3) 100	34,4 a	41,0 a	51,0 a	57,9 ab	69,3 bc
(B4) 150	38,0 a	43,0 a	50,5 a	56,0 ab	64,0 cd
(B5) 200	34,9 a	40,8 a	49,1 a	54,9 ab	62,6 cd
(B6) 250	35,4 a	41,3 a	47,7 a	50,5 b	58,0 d

Keterangan : \*) Angka-angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak nyata. MSP : minggu setelah perlakuan

Menurunnya kandungan klorofil daun berdasarkan nilai SPAD seiring meningkatnya konsentrasi besi pada larutan bisa disebabkan oleh beberapa hal. Howeler (1973) mengungkapkan bahwa endapan besi yang ada pada permukaan akar dapat menghambat penyerapan hara oleh akar, sehingga dapat memacu defisiensi beberapa hara penting. Menurut Fageria *et al.* (2008) gejala toksisitas besi yang terjadi pada padi umumnya selain ditunjukkan dengan menurunnya tinggi tanaman, berkurangnya anakan, tetapi juga ditandai dengan berkurangnya klorofil tanaman.

#### Bobot Biomassa

Konsentrasi besi dalam larutan juga mempengaruhi bobot kering akar dan bobot kering tajuk tanaman, semakin tinggi konsentrasi besi dalam larutan semakin rendah bobot kering akar dan tajuk tanaman (Tabel 5). Perbedaan klon juga mempengaruhi bobot kering akar dan tajuk tanaman. Pada konsentrasi besi yang lebih tinggi dari kontrol, yaitu 50, 100, 150, 200 dan 250 mg l<sup>-1</sup> FeEDTA, bobot kering akar menurun masing-

masing 29,4%, 29,4%, 52,9%, 58,8%, dan 58,8%. Sedangkan bobot kering tajuk akan mengalami penurunan sebesar 4,8%, 3,0%, 9,1%, 11,1%, dan 12,3%, jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan penurunan bobot biomassa akar.

Tabel 4. Rata-rata Nilai SPAD klorofil meter untuk setiap perlakuan jenis klon dan konsentrasi besi

Perlakuan	Nilai SPAD
<b>Jenis klon (A)</b>	<b>*)</b>
(A1) GP1	61,7 b
(A2) GP3	65,7 a
(A3) F180	67,0 a
<b>Besi (mg l<sup>-1</sup>) (B)</b>	
(B1) 5	69,1 a
(B2) 50	66,8 ab
(B3) 100	63,5 bc
(B4) 150	64,3 bc
(B5) 200	63,4 bc
(B6) 250	61,4 c

Keterangan : \*) Angka-angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak nyata.

Namun interaksi antara jenis klon dan konsentrasi besi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap parameter tersebut. Tingginya presentase penurunan bobot kering akar akibat toksisitas besi pada beberapa penelitian berhubungan erat dengan tingginya akumulasi  $Fe^{2+}$  pada tanaman yang dapat menurunkan pertumbuhan tanaman (Mehraban *et al.*, 2008).

Selain itu kandungan klorofil tanaman juga menurun sebagai akibat tekanan oksidatif yang terjadi (Gajewska dan Sklodowska, 2007), menyebabkan peningkatan konsentrasi  $Fe^{2+}$  pada jaringan tanaman (Mehraban *et al.*, 2008), yang dapat membatasi aktivitas fotosintesis tanaman. Kampfenkel *et al.* (1995) menyatakan bahwa laju fotosintesis pada tanaman *Nicotiana plumbaginifolia* menurun hingga 40% setelah diberikan cekaman  $Fe^{2+}$  berlebih yang mengakibatkan peningkatan kandungan  $Fe^{2+}$  daun, sehingga menyebabkan penurunan kandungan pati daun hingga 25%. Dengan menurunnya kandungan pati pada jaringan daun secara tidak langsung akan mempengaruhi bobot kering tanaman. Penurunan total bobot kering tanaman buncis juga telah dilaporkan oleh Nenova (2006), pada konsentrasi  $Fe^{2+}$  40 mg L<sup>-1</sup> saat tanaman berumur 41 HSS (hari setelah semai).

Tabel 5. Rata-rata bobot kering akar dan tajuk untuk setiap perlakuan jenis klon dan konsentrasi besi

Perlakuan	Bobot Biomassa (g)	
	Bobot Kering Akar	Bobot Kering Tajuk
<b>Jenis klon (A)</b>	*)	*)
(A1) GP1	0,7 b	47,0 a
(A2) GP3	1,4 a	48,2 a
(A3) F180	1,1 a	43,9 b
<b>Besi (mg l<sup>-1</sup>) (B)</b>		
(B1) 5	1,7 a	49,7 a
(B2) 50	1,2 b	47,3 b
(B3) 100	1,2 b	48,2 b
(B4) 150	0,8 c	45,2 c
(B5) 200	0,7 c	44,2 c
(B6) 250	0,7 c	43,6 c

Keterangan : \*) Angka-angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak nyata.

### pH Larutan Hara

Konsentrasi besi dalam larutan hara berpengaruh nyata terhadap perubahan pH yang terjadi pada larutan hara (Tabel 6). Kemasaman larutan hara meningkat seiring meningkatnya konsentrasi besi yang ditambahkan dalam larutan hara. Jenis klon juga berpengaruh nyata terhadap perubahan pH larutan. Kemasaman tertinggi terdapat pada klon F180 sebesar 5,7, sedangkan terendah terdapat pada klon GP3, sebesar 4,8. Stoltz dan Greger (2002) mengungkapkan bahwa kemasaman larutan meningkat setelah penyerapan ion toksik mungkin disebabkan karena ketidak seimbangan kation dan anion, pelepasan OH<sup>-</sup>, atau HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, atau CO<sub>3</sub><sup>-</sup>, atau anion organik. Cekaman logam berat dapat menghambat aktivitas H<sup>+</sup>-ATPase (Astolfi *et al.*, 2003) dan dengan demikian dapat meningkatkan pH.

Tabel 6. Rata-rata pH larutan hara pada berbagai umur tanaman untuk setiap perlakuan jenis klon dan konsentrasi besi

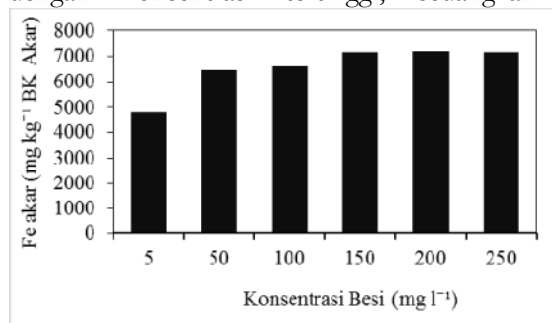
Perlakuan	pH
<b>Jenis klon (A)</b>	*)
(A1) GP1	5,4 a
(A2) GP3	4,8 b
(A3) F180	5,7 a
<b>Besi (mg l<sup>-1</sup>) (B)</b>	
(B1) 5	4,2 d
(B2) 50	4,7 cd
(B3) 100	5,1 bc
(B4) 150	5,9 a
(B5) 200	5,7 ab
(B6) 250	6,4 a

Keterangan : \*) Angka-angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak nyata.

### Akumulasi Fe dan Mn Akar

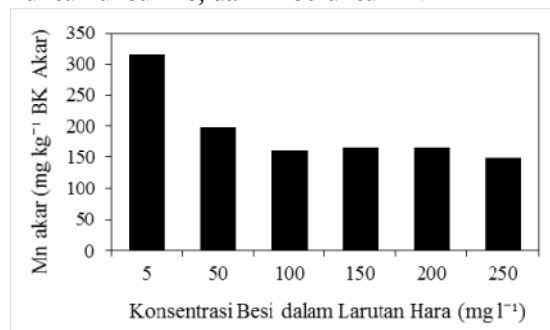
Akumulasi Fe akar meningkat seiring meningkatnya konsentrasi besi dalam larutan hara (Gambar 1), sedangkan akumulasi Mn pada akar menurun (Gambar 2). Jenis klon

GP1 menunjukkan akumulasi Fe dan Mn dengan konsentrasi tertinggi, sedangkan



Fe

akumulasi terendah terdapat pada klon GP3 untuk unsur Fe, dan F180 untuk Mn.



Mn

Gambar 1. Pengaruh aplikasi besi terhadap rata-rata akumulasi Fe dan Mn pada akar tanaman nanas

Setiap jenis klon memiliki karakteristik berbeda dalam meningkatkan akumulasi besi pada akar. Semakin tinggi jumlah besi yang terakumulasi pada akar, maka daya oksidasi akar tersebut semakin tinggi, hal ini merupakan salah satu mekanisme tanaman untuk mencegah besi pada rizhosfer dalam meracuni tanaman. Namun, saat endapan besi terakumulasi dalam jumlah besar pada jaringan akar, serapan air dan hara akan terganggu, bahkan dalam kasus yang berat dapat menghilangkan fungsi akar.

Menurut beberapa literatur, mekanisme yang terlibat dalam resistensi tanaman terhadap toksisitas besi yaitu adanya pembentukan lapisan besi pada permukaan akar atau umum disebut dengan istilah iron plaque. Oksigen yang tidak digunakan dalam proses respirasi (Ando *et al.*, 1983) dibebaskan oleh tanaman menuju rizhosfer (Kirk, 2004) sehingga menyebabkan oksidasi  $Fe^{2+}$  menjadi  $Fe^{3+}$  membentuk lapisan besi pada permukaan akar (Green dan Etherington, 1977), yang diasumsikan dapat menurunkan masuknya besi ke dalam jaringan tanaman (Liu *et al.*, 2010).

Perbedaan genotipe toleransi tanaman terhadap toksisitas besi diduga disebabkan oleh perbedaan daya oksidasi  $Fe^{2+}$  pada rizhosfer (Green dan Etherington, 1977; Ottow *et al.*, 1982). Tanaman dengan diameter rongga empulur dan diameter akar primer yang lebih besar, dapat meningkatkan volume mutlak aerenkim, sehingga efektif dalam meningkatkan daya oksidasi akar (Wu *et al.*, 2014). Akar yang

memiliki daya oksidasi lebih besar akan menghasilkan endapan besi yang lebih banyak pada kondisi cekaman besi yang tinggi.

#### Serapan P, K, Ca, Mg, Fe dan Mn oleh Tajuk

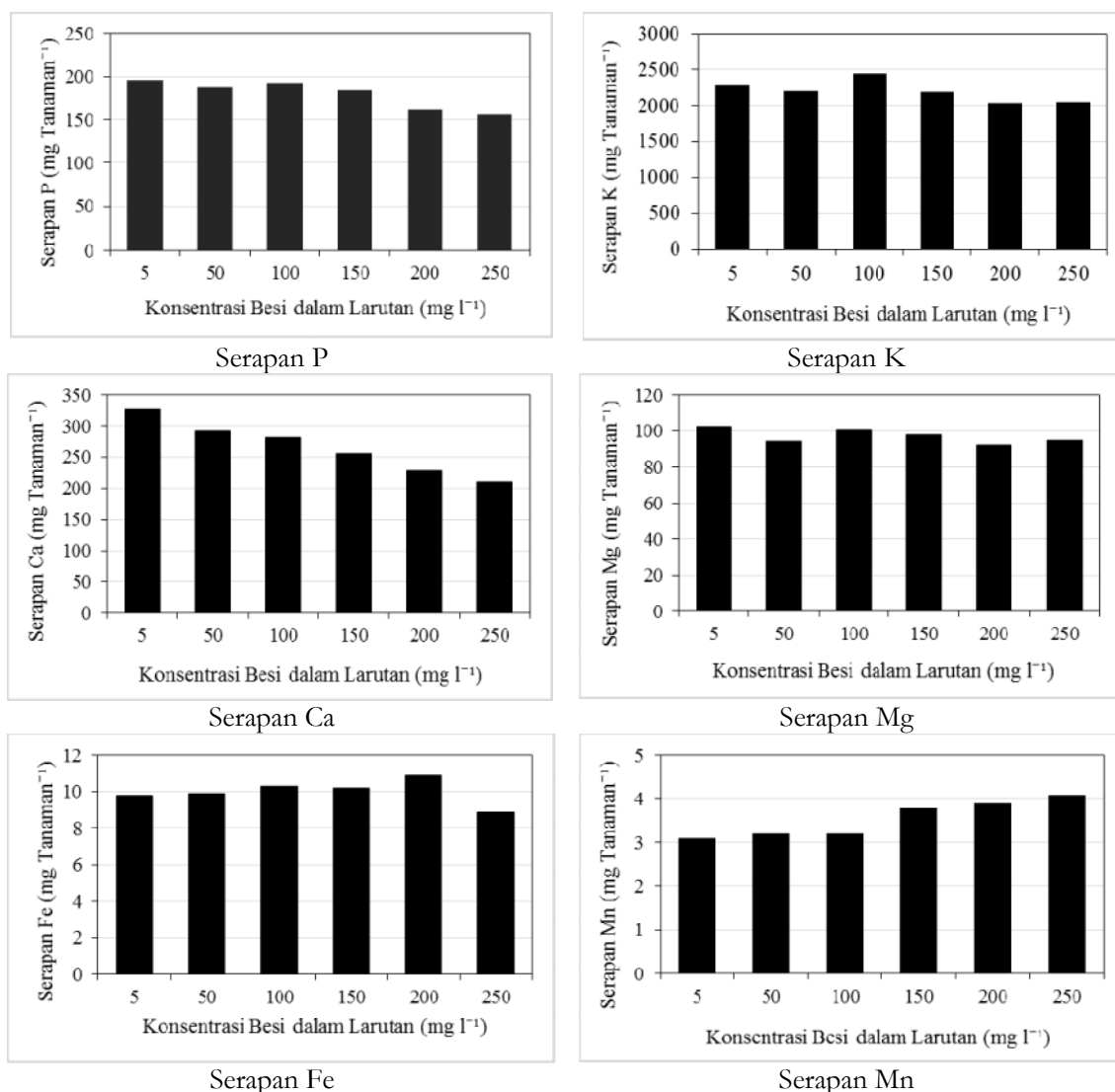
##### Serapan P

Serapan P pada tajuk tanaman nanas menurun secara nyata ( $p < 0,05$ ) seiring meningkatnya konsentrasi besi yang ditambahkan dalam larutan hara (Gambar 3). Jenis klon juga memberikan pengaruh nyata terhadap serapan P pada tajuk tanaman nanas. Serapan P terendah terjadi pada klon GP1 sebesar 16,52 g tanaman<sup>-1</sup> dan serapan P tertinggi terjadi pada klon GP3 sebesar 19,44 g tanaman<sup>-1</sup>. Sedangkan interaksi antara jenis klon dan konsentrasi besi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap serapan P.

Rendahnya serapan P pada konsentrasi besi yang tinggi diduga disebabkan oleh pengendapan fosfat sebagai besi fosfat pada permukaan akar (Audebert dan Sahrawat, 2000), sehingga P tidak bisa diserap oleh tanaman secara efektif. Penelitian pada spesies tanaman lahan basah menunjukkan bahwa serapan P tajuk menurun dengan peningkatan pemberian konsentrasi Fe (Snowden dan Wheeler, 1995). Kondisi ini biasanya ditandai dengan adanya endapan besi ferri hidroksida yang mengendap pada lapisan permukaan akar yang memiliki luas permukaan sangat spesifik dan dapat menyerap kation dan anion seperti

fosfat (Kuo, 1986). Adanya endapan besi ini dapat menghambat penyerapan hara, seperti P yang menyebabkan defisiensi pada bagian tajuk tanaman (Batty dan Younger, 2003). Zhang *et*

*al.* (1999) menemukan bahwa jumlah endapan besi yang tinggi pada permukaan akar dapat menurunkan jumlah serapan P pada tanaman padi.



Gambar 2. Pengaruh aplikasi besi terhadap rata-rata serapan P, K, Ca, Mg, Fe dan Mn pada tajuk tiga klon tanaman nanas

#### Serapan K

Serapan K pada tajuk tanaman nanas menurun secara nyata ( $p < 0,05$ ) seiring meningkatnya konsentrasi besi yang ditambahkan dalam larutan hara (Gambar 4). Jenis klon juga memberikan pengaruh nyata terhadap serapan K pada tajuk tanaman nanas. Serapan K terendah terjadi pada klon

GP1 sebesar 200,25 g tanaman<sup>-1</sup> dan serapan P tertinggi terjadi pada klon GP3 sebesar 235,39 g tanaman<sup>-1</sup>. Sedangkan interaksi antara jenis klon dan konsentrasi besi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap serapan K.

Terhambatnya serapan K seiring meningkatnya konsentrasi besi dalam larutan hara disebabkan karena Fe memiliki pengaruh



antagonis terhadap penyerapan K pada tajuk tanaman nanas. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh da Silveira *et al.* (2007) yang mengamati toksisitas besi pada dua kultivar padi, mereka mengungkapkan bahwa serapan K pada tajuk tanaman padi menurun pada konsentrasi Fe berlebih. Sahu dan Mitra (1992), telah mengamati bahwa meskipun serapan K meningkat dengan meningkatnya dosis K dalam larutan hara, rasio Fe/K terus menurun yang menandakan bahwa K memiliki pengaruh antagonis terhadap penyerapan Fe, dan sebaliknya.

#### *Serapan Ca*

Serapan Ca pada tajuk tanaman nanas menurun secara nyata ( $p < 0,05$ ) seiring meningkatnya konsentrasi besi yang ditambahkan dalam larutan hara (Gambar 5). Jenis klon juga memberikan pengaruh nyata terhadap serapan Ca pada tajuk tanaman nanas. Serapan Ca terendah terjadi pada klon GP1, diikuti klon F180 dan serapan Ca tertinggi terjadi pada klon GP3.

Menurunnya konsentrasi Ca pada tajuk tanaman akibat meningkatnya konsentrasi besi dalam larutan hara akan memacu defisiensi unsur Ca jika toksisitas besi berlangsung dalam waktu yang lama. Ottow *et al.* (1982), mengungkapkan bahwa selain dapat menurunkan serapan P, K, Mg, dan Zn, tingginya konsentrasi besi juga dapat menurunkan serapan Ca ke tajuk tanaman. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh da Silveira *et al.* (2007) yang menemukan bahwa serapan Ca pada tajuk menurun akibat adanya toksisitas besi, bahkan menimbulkan defisiensi unsur Ca pada salah satu kultivar padi yang diamati. Hal ini diduga disebabkan oleh pembentukan endapan besi pada permukaan akar yang menghambat translokasi Ca ke tajuk tanaman (Howeler, 1973).

#### *Serapan Mg*

Meningkatnya konsentrasi besi dalam larutan hara tidak berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap serapan Mg pada tajuk tanaman nanas (Gambar 6). Namun jenis klon berpengaruh nyata terhadap penyerapan Mg pada tajuk. Serapan Mg tertinggi terdapat pada klon GP3 dengan serapan sebesar 10,7 g tanaman<sup>-1</sup>, dan terendah terdapat pada klon

GP1 dengan jumlah serapan 9,02 g tanaman<sup>-1</sup>. Sedangkan interaksi antara jenis klon dan konsentrasi besi tidak berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap serapan Mg pada tajuk tanaman.

Toksisitas besi merupakan gangguan hara yang kompleks dan menyebabkan defisiensi beberapa hara lain, khususnya P, K, Ca, Mg, dan Zn (Ottow *et al.*, 1982). Namun berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa konsentrasi besi tidak berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap serapan Mg pada tajuk tanaman nanas. Hal ini mungkin disebabkan karena lemahnya laju penyerapan Mg oleh akar. Fageria (2009) mengungkapkan bahwa penyerapan kation K dan Mg dipengaruhi oleh konsentrasi Ca dalam media.

Laju penyerapan Mg<sup>2+</sup> lebih kecil jika dibandingkan dengan laju penyerapan K<sup>+</sup> pada konsentrasi Ca yang sama. Oleh sebab itu penyerapan kation Mg lebih dipengaruhi oleh kation lain seperti K<sup>+</sup> dan Ca<sup>2+</sup> daripada ion Fe<sup>2+</sup>. Ohno dan Grunes (1985) melaporkan bahwa K<sup>+</sup> menekan konsentrasi Mg<sup>2+</sup> pada tajuk dengan menurunkan translokasi Mg dari akar menuju tajuk tanaman gandum. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Ologunde dan Sorensen (1982) yang menggunakan sistem kultur pasir untuk menumbuhkan sorghum dengan berbagai level K<sup>+</sup> dan Mg<sup>2+</sup>. Mereka menemukan bahwa ion K<sup>+</sup> menekan konsentrasi Mg<sup>2+</sup> pada tajuk tanaman, tetapi Mg tidak berpengaruh terhadap konsentrasi K<sup>+</sup> pada tajuk tanaman sorghum.

#### *Serapan Fe*

Konsentrasi besi dalam larutan hara berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap serapan besi pada tajuk tanaman nanas. Serapan besi pada tajuk meningkat seiring meningkatnya konsentrasi besi dalam larutan hara, namun pada konsentrasi besi 250 mg l<sup>-1</sup> serapan besi pada tajuk tanaman nanas menurun cukup signifikan (Gambar 7). Jenis klon juga berpengaruh nyata terhadap serapan Fe pada tajuk tanaman nanas. Serapan Fe tertinggi terdapat pada klon GP3 dan terendah terdapat pada klon GP1.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan serapan Fe pada tajuk tanaman nanas pada

konsentrasi 250 mg L<sup>-1</sup> setelah terjadi peningkatan serapan tajuk dari kontrol hingga konsentrasi 200 mg L<sup>-1</sup>. Hal ini sangat menarik dikarenakan dengan menurunnya serapan besi oleh tajuk pada cekaman Fe berat (250 mg L<sup>-1</sup>) menandakan bahwa pada level tersebut telah terjadi gangguan penyerapan yang terjadi pada akar, sehingga besi yang ditranslokasikan menuju tajuk tanaman menurun. Gangguan penyerapan hara ini juga bisa disebabkan oleh tingginya pembentukan endapan besi (*iron plaque*) pada permukaan akar yang sangat tinggi.

#### *Serapan Mn*

Konsentrasi besi dalam larutan hara berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap serapan Mn pada tajuk tanaman nanas. Serapan Mn meningkat seiring meningkatnya konsentrasi besi dalam larutan hara (Gambar 8). Serapan Mn tertinggi terdapat pada klon GP3 sebesar 0,49 g tanaman<sup>-1</sup>, sedangkan serapan Mn terendah terdapat pada klon F180 sebesar 0,24 g tanaman<sup>-1</sup>. Jenis klon juga memberikan pengaruh yang nyata terhadap serapan Mn pada tajuk tanaman nanas. Pengaruh yang sama juga terjadi pada interaksi antara jenis klon dengan konsentrasi besi dalam larutan hara

Meningkatnya konsentrasi Mn pada tajuk tanaman seiring meningkatnya konsentrasi besi dalam larutan diduga disebabkan karena rendahnya jumlah Mn yang terakumulasi pada akar, sehingga laju penyerapan Mn ke tajuk tanaman meningkat. Akibatnya, jumlah Mn yang terakumulasi pada tajuk tanaman akan lebih besar. Pengendapan Mn pada lapisan akar telah mengakibatkan penurunan penyerapan Mn pada kultivar sensitif, di mana konsentrasi Fe tertinggi ditemukan (da Silveira *et al.*, 2007).

#### **Kesimpulan**

Meningkatnya konsentrasi besi didalam media larutan hara dapat menghambat perpanjangan akar, menurunkan jumlah akar, menghambat pertumbuhan luas daun, menghambat pertumbuhan tinggi tanaman, menghambat pembentukan klorofil daun, menurunkan bobot kering akar dan menurunkan bobot kering tajuk tanaman nanas. Meningkatnya konsentrasi besi didalam media larutan hara

dapat menghambat penyerapan P, K, dan Ca, tetapi dapat meningkatkan penyerapan Fe dan Mn pada tajuk tanaman nanas. Klon unggul GP3 memiliki kemampuan beradaptasi yang lebih baik jika dibandingkan dengan klon GP1 dan F180 pada semua parameter pertumbuhan yang diamati.

#### **Daftar Pustaka**

- Ando, T., Yoshida, S. and Nishiyama, I. 1983. Nature of oxidizing power of rice roots. *Plant and Soil* 72(1), 57-71
- Astolfi, S., Zuchi, S., Chiani, A. and Passera, C. 2003. In vivo and in vitro effects of cadmium on H<sup>+</sup>-ATPase activity of plasma membrane vesicles from oat (*Avena sativa* L.) roots. *Journal of Plant Physiology* 160 (4), 387-393.
- Audebert, A. 2006. Iron partitioning as a mechanism for iron toxicity tolerance in lowland rice. In : Audebert, A. (ed.), Narteh, L.T. (ed.), millar D. (ed.), Beks, B. (ed.). *Iron toxicity in rice-based system in West Africa*. Cotonou: WARDA (Africa Rice Center), 34-46
- Audebert, A. and Fofana, M. 2009. rice yield gap due to iron toxicity in West Africa. *Journal of Agronomy and Crop Science* 195(1), 66-76.
- Audebert, A. and Sahrawat, K.L. 2000. Mechanisms for iron toxicity tolerance in lowland rice. *Journal of Plant Nutrition* 23, 1877-1885
- Bartholomew, D.P., Paull, R.E., and Rohrbach, K.G. 2003. *The Pineapple Botany, Production and Uses*. CABI Publishing. New York. p 301.
- Batty, L. C. and Younger, P. L. 2003. Effects of external iron concentration upon seedling growth and uptake of Fe and phosphate by the common reed, *Phragmites australis* (Cav.) Trin ex. Steudel. *Annals of Botany* 92, 801-806.
- Celik, H., Asik, B. B., Gurel, S. and Katkat, A. V. 2010. Effect of potassium and iron on macro element uptake of maize. *Zemdirbyste Agriculture* 97, 11-22.
- Connolly, E.L. and Guerinot, M.L. 2002. Iron stress in plants. *Genome Biology* 3 (8), 1021-1024.
- da Silveira, V.C., de Oliveira, A.P., Sperotto, R.A., Espindola, L.S., Amaral, L., Dias, J.F., da Cunha, J.B. and Fett, J.P. 2007. Influence of iron on mineral status of two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 19, 127-139
- Fagaria, N.K., Santos, N.A.B., Barbosa, M.P. and Quimanqes, C.M. 2008. Iron toxicity in lowland rice. *Journal of Plant Nutrition* 31(9), 1676-1699.

- Fageria, N. K. 2009. The Use of Nutrients in Crop Plants. CRC Press. Boca Raton, Florida. pp 301-325
- Gajewska, E. and Sklodowska, M. 2007. Relations between tocopherol, chlorophyll and lipid peroxides contents in shoots of Ni-treated wheat. *Journal of Plant Physiology* 164(3), 364-366.
- Green, M.S. and Etherington, J.R. 1977. Oxidation of ferrous by rice (*Oryza sativa*) roots: mechanism for waterlogged tolerance. *Journal of Experimental Botany* 28, 211-245
- Howeler, R.H. 1973. Iron-induced orange disease of rice in relation to physiochemical changes in a flooded Oxisol. *Soil Science Society of America Proceeding* 37, 898-903.
- Kabata-Pendias, A. 2011. Trace Elements in Soils and Plants, 4th ed. London, New York: Taylor & Francis. 505pp
- Kampfenkel, K., Van Montagu, M. and Inzé, D. 1995. Effects of iron excess on *Nicotiana plumbaginifolia* plants, implications to oxidative stress. *Plant Physiology* 107, 725-735.
- Kementan. 2013. Informasi Komoditas Hortikultura: Nenas. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian
- Kirk, G.J.D. 2004. The Biogeo Chemistry of Submerged Soils. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester. p 215
- Kuo, S. 1986. Concurrent sorption of phosphate and zinc, cadmium, or calcium by a hydrous ferric oxide. *Soil Science Society of America Journal* 50, 1412-1419.
- Liu, J., Cao, C., Wong, M., Zhang, Z. and Chai, Y. 2010. Variations between rice cultivars in iron and manganese plaque on roots and the relation with plant cadmium uptake. *Journal of Environmental Science-China* 22(7),1067-1072.
- Mandal, A.B., Basu, A. K., Roy, B., Sheeja, T. E. and Roy, T. 2004. Genetic management for increased tolerance to aluminium and iron toxicities in rice - a review. *Indian Journal of Biotechnology* 3, 359-368.
- Mehraban P., Zadeh, A.A. and Sideghipour, H.R. 2008. Iron toxicity in rice (*Oryza sativa* L.), under different potassium nutrition. *Asian Journal of Plant Science* 7, 251-259.
- Nenova, V. 2006. Effect of iron supply on growth and photosystem II efficiency of pea plants. *General and Applied Plant Physiology* 32, 81-90.
- Ohno, T. and Grunes, D. L. 1985. Potassium magnesium interactions affecting nutrient uptake by wheat forage. *Soil Science Society of America Journal* 49, 685-690.
- Ologunde, O.O. and Sorensen, R.C. 1982. Influence of K and Mg in nutrient solutions on sorghum. *Agronomy Journal* 74, 41-46.
- Ottow, J.C.G., Benckiser, G. and Watanabe, I. 1982. Iron toxicity of rice as a multiple nutritional stress. *Tropical Agricultural Research Series (Japan)* 15, 167-179
- Sahrawat, K.L. 2004. Iron toxicity in wetland rice and the role of other nutrients. *Journal of Plant Nutrition* 27, 1471-1504
- Sahu, S.K. and Mitra, G.N. 1992. Micronutrient status of soils of Orissa, ProcWork shop on micronutrients, Bhubaneswar, Hindustan Fertilizer Corporation
- Shimizu, A., Yanagihara, S., Kawasaki, S. and Ikehashi, H. 2004. Phosphorus deficiency-induced root elongation and its QTL in rice (*Oryza sativa* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 109, 1361-1368.
- Shiwachi, H., Kikuno, H., Okonkwo, C.C. and Asiedu, R. 2006. Iron toxicity symptoms in yams (*Dioscorea* spp.) grown in water culture. *Tropical Science* 46(3), 160-165.
- Snowden, R.E.D. and Wheeler, B.D. 1995. Chemical changes in selected wetland plant species with increasing Fe supply, with specific reference to root precipitates and Fe tolerance. *New Phytologist* 131, 503-520.
- Sripaoraya, S., Blackhall, N.W., Marchant, J., Power, J.B., Lowe, K.C. and Davey, M.R. 2001. Relationship in pineapple by random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis. *Plant Breeding* 120, 265-267.
- Stoltz, E. and Greger, M. 2002. Cotton grass effects of trace elements in submersed mine tailings. *Journal of Environmental Quality* 31, 1477-1483.
- Wu, L.R., Shhadi, M.Y., Gregorio, G., Matthus, Becker, M. and Frei, M. 2014. Genetic and physiological analysis of tolerance to acute iron toxicity in rice. *Rice (NY)* 7 (1), 8.
- Zhang, X., Zang, F. and Mao, D. 1999. effect of iron plaque outside roots on nutrient uptake by rice (*O. sativa* L.) phosphorus uptake by Fe-deficient rice. *Plant and Soil* 209, 187-192.

**halaman ini sengaja dikosongkan**