

## **Penapisan Varietas Padi Toleran Cekaman $Fe^{2+}$ pada Sawah Buka-an Baru dari Aspek Agronomi dan Fisiologi**

*The Screening of  $Fe^{2+}$  Tolerant Rice Variety in New Wetland Field by Using  
Agronomy and Physiology Indices*

**Sunadi<sup>1</sup>, Ismed Wahidi<sup>1</sup> dan M Zulman Harja Utama<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Jurusan Budidaya Pertanian APPERTA Sumbar, Jl. M. Yunus No. 176 Anduring Padang*

<sup>2</sup> *Jurusan Budidaya Pertanian Universitas Tamansiswa, Padang, Sumatera Barat*

*Jl. Tamansiswa No.9 Padang 25138*

*harja65@yahoo.com*

### **ABSTRACT**

Increased productivity of rice has been attempted in Indonesia since the 1970s, in order to increase farmer's incomes and welfare, and enhancing national food security. One serious problem for rice cultivation under new paddy fields are is  $Fe^{2+}$  poisoning that caused nutrient deficiency, destruction of plant cells, water deficit that causes stunted growth of plants. To increase the production in new paddy fields, a selection program for rice varieties to produce plants tolerant to high concentration  $Fe^{2+}$ . A research was carried out in screen houses: (1) Rumah Kawat BBI Lubuk Minturun, and (2) Laboratorium Kopertis Wilayah X. from June to November 2009. Selection of rice for lowland area could use shoot and root ratio. Agronomically lowland rice tolerant to  $Fe^{2+}$  toxicity grows better. Ferro ( $Fe^{2+}$ ) tolerant rice varieties, include the opening of new varieties Krueng Aceh, IR 36, and Tukad Balian, are recommended for cultivation under new wetland areas.

*Key words: Rice variety, ferro, and tolerant*

### **ABSTRAK**

Peningkatan produktivitas padi telah diupayakan di Indonesia sejak tahun 1970-an, dalam rangka meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan masyarakat serta meningkatkan ketahanan pangan nasional. Permasalahan serius pada budidaya padi pada lahan sawah bukaan baru tersebut adalah keracunan  $Fe^{2+}$  yang menyebabkan terjadinya defisiensi hara, kerusakan sel tanaman, defisit air yang menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman. Adanya suatu program seleksi terhadap beberapa varietas padi diperlukan untuk menghasilkan tanaman yang toleran terhadap cekaman lingkungan sawah bukaan baru seperti kadar ion  $Fe^{2+}$  tinggi. Penelitian dilaksanakan di rumah kawat, di laboratorium dan di lapangan, antara lain (1) Rumah Kawat BBI Lubuk Minturun dan (2) Laboratorium Kopertis Wilayah X. dari bulan Juni sampai November 2009. Seleksi penentuan varietas padi sawah pada lahan bukaan baru dapat menggunakan perbandingan bobot kering akar dan pucuk. Secara Agronomi padi sawah toleran cekaman  $Fe^{2+}$  menunjukkan pertumbuhan agronomi lebih baik. Varietas padi sawah toleran Ferro ( $Fe^{2+}$ ) yang dianjurkan untuk budidaya di lahan sawah bukaan baru antara lain adalah varietas Krueng Aceh, IR 36, dan Tukad Balian.

*Kata kunci: Varitas padi, Fe, dan toleran*

## PENDAHULUAN

Peningkatan produktivitas padi telah diupayakan di Indonesia sejak tahun 1970-an, dalam rangka meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan masyarakat serta meningkatkan ketahanan pangan nasional. Salah satu potensi lahan yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan produksi padi tersebut adalah lahan sawah bukaan baru di Kabupaten Dharmasraya dengan luas lahan sawah bukaan baru 2.691 ha (Anonim, 2007<sup>a</sup>). Salah satu lokasi lahan sawah bukaan baru tersebut, terdapat di Kecamatan Koto Baru, yaitu mencapai 1.196 ha yang dipengaruhi oleh kelarutan ion fero ( $\text{Fe}^{2+}$ ) > 100 ppm.

Permasalahan serius pada budidaya padi pada lahan sawah bukaan baru tersebut adalah keracunan  $\text{Fe}^{2+}$  yang menyebabkan terjadinya defisiensi hara, kerusakan sel tanaman (Ismunadji dan Roechan, 1988; Harjadi dan Yahya, 1988), dan defisit air (Marschner, 1995) yang menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman. Hambatan pertumbuhan pada lahan tersebut semakin meningkat terutama pada kondisi terendam air, dimana  $\text{Fe}^{3+}$  di ubah menjadi  $\text{Fe}^{2+}$  (Ismunadji dan Roechan, 1988; Harjadi dan Yahya, 1988; Rengel, 2000) yang bersifat racun bagi tanaman, dan rendahnya kelarutan hara esensial sehingga terjadi kekahatan hara K, P, Ca, dan Zn.

Salah satu metode untuk menanggulangi permasalahan pada lahan-lahan marjinal tersebut adalah dengan memanfaatkan tanaman yang toleran terhadap cekaman lingkungan (Marschner, 1995; Utama *et al.*, 2009). Upaya meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menetralsir pengaruh buruk  $\text{Fe}^{2+}$  menjadi semakin penting untuk peningkatan pertumbuhan tanaman, khususnya budidaya tanaman padi pada lahan sawah bukaan baru dengan kadar ion  $\text{Fe}^{2+}$  > 100 ppm. Tanaman yang toleran terhadap cekaman lingkungan mempunyai kemampuan untuk beradaptasi secara morfologi dan fisiologi (Marschner, 1995; Pellet *et al.*, 1995; Utama, 2008).

Rendahnya produksi pada lahan sawah bukaan baru tersebut, salah satu penyebabnya adalah karena terbatasnya varietas padi yang toleran terhadap cekaman  $\text{Fe}^{2+}$ . Untuk meningkatkan produksi pada lahan sawah bukaan

baru tersebut, diperlukan adanya suatu program seleksi terhadap beberapa varietas padi untuk menghasilkan tanaman yang toleran terhadap cekaman lingkungan seperti kadar ion  $\text{Fe}^{2+}$  tinggi.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dirumah kawat, dilaboratorium dan dilapangan antara lain; (1). Rumah Kawat BBI Lubuk Minturun; dan (2) Laboratorium Kopertis Wilayah X.

### Percobaan 1

#### Penapisan varietas padi toleran cekaman $\text{Fe}^{2+}$ pada sawah bukaan baru dari aspek agronomi

Percobaan dilakukan di rumah kawat BBI Lubuk Minturun, dari bulan Juni sampai September 2009. Varietas padi yang digunakan sebagai bahan tanaman didapatkan dari beberapa Balai Besar Penelitian Padi Sukamandi. Tanah (sawah bukaan baru) mineral PMK, asal Koto Baru, Sitiung Dharmasraya, dengan kadar  $\text{Fe}^{2+}$  terlarut yaitu >105 ppm.

Percobaan menggunakan RAL disusun secara faktorial 20 x 2, dengan 3 ulangan. Faktor pertama, terdiri dari, yaitu:  $V_1 = \text{IR 64}$ ;  $V_2 = \text{Way Apo Buru}$ ;  $V_3 = \text{Gilirang}$ ;  $V_4 = \text{Ciherang}$ ;  $V_5 = \text{Mekongga}$ ;  $V_6 = \text{Batang Piaman}$ ;  $V_7 = \text{Barito}$ ;  $V_8 = \text{Inpari I}$ ;  $V_9 = \text{Dodokan}$ ;  $V_{10} = \text{Cisokan}$ ;  $V_{11} = \text{Cipunagara}$ ;  $V_{12} = \text{Aek Sibudong}$ ;  $V_{13} = \text{Tukad Balian}$ ;  $V_{14} = \text{IR 36}$ ;  $V_{15} = \text{Batang Gadis}$ ;  $V_{16} = \text{Kapuas}$ ;  $V_{17} = \text{Krueng Aceh}$ ;  $V_{18} = \text{Ciapus}$ ;  $V_{19} = \text{Celebes}$ ; dan  $V_{20} = \text{Digul}$ . Faktor kedua adalah konsentrasi ion fero ( $\text{Fe}^{2+}$ ) pada tanah mineral sawah bukaan baru, yaitu:  $F_0 = >105,0$  ppm (kontrol); dan  $F_1 = 0,0$  ppm (pengapuran).

Tanah yang digunakan terlebih dahulu dikeringanginkan selama 1 minggu, kemudian ditumbuk dan diayak, setelah itu dianalisis lengkap. Bobot tanah untuk setiap ember adalah 10 kg kering udara. Untuk menentukan indek kejenuhan  $\text{Fe}^{2+}$  (0 s/d 100%) dilakukan percobaan pendahuluan. Bobot tanah yang digunakan pada percobaan pendahuluan adalah 500 g kering udara. Kemudian diikuti dengan penambahan bahan kapur untuk penetralan dari 100; 75; 50; 25 dan 0%. Penetapan kebutuhan kapur dihitung

berdasarkan hasil analisis tanah. Setelah ditambahkan kapur, selanjutnya tanah diaduk sampai rata. Kemudian tambahkan air suling untuk mencapai kadar air kapasitas lapang dan diinkubasikan selama 15 hari.

Setelah selesai inkubasi, dilakukan analisis terhadap unsur Ca, Mg, K, Na, dan Al kemudian dilanjutkan dengan membuat nilai persamaan regresinya untuk menentukan jumlah kebutuhan kapur pada masing-masing indeks kejenuhan Al (0 s/d 100%). Hasil dari percobaan pendahuluan, diperoleh persamaan regresi kebutuhan kapur. Berdasarkan persamaan tersebut ditentukan jumlah kebutuhan kapur yang diberikan untuk memperoleh indeks kejenuhan Fe, sesuai dengan rancangan perlakuan. Pemupukan dilakukan pada awal penanaman untuk pupuk 100 kg  $K_2O$  ha<sup>-1</sup>, 100 kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup>, dan sedangkan pupuk 50 kg N ha<sup>-1</sup> diberikan satu minggu setelah tanam.

Sebelum disemaikan, benih padi tersebut direndam dalam larutan fungisida Dithane M-45 dan insektisida Decis dengan konsentrasi masing-masing 3 g L<sup>-1</sup> dan 1 mL L<sup>-1</sup> selama 20 menit, kemudian direndam dalam air suling selama 24 jam. Pada setiap ember disemaikan sebanyak 2 benih padi dengan bobot tanah kering udara 10 kg.

Pengamatan karakter agronomi dilakukan pada semua tanaman pada setiap unit percobaan. Pengelompokan varietas tanaman padi tergolong toleran atau peka, berdasarkan pada persen pertumbuhan bobot kering tanaman, antara kondisi tercekam (kontrol) dengan perlakuan (Sopandie, 1999; Utama, 2008).

## Percobaan 2

### Mekanisme fisiologi toleransi beberapa varietas padi toleran cekaman $Fe^{2+}$ dari aspek fisiologi adaptasi

Percobaan dilakukan di Lab. Kopertis Wilayah X dari bulan September sampai November 2009. Varietas padi yang digunakan pada percobaan ini adalah 3 varietas padi yang paling toleran dan 2 varietas padi yang paling peka, yang terpilih dari hasil percobaan I.1

Percobaan menggunakan RAL, disusun secara faktorial 5 x 2 dengan 3 ulangan. Perlakuan terdiri dari 5 varietas padi terpilih yang terdiri dari, yaitu: 3 varietas padi paling toleran dan 2 varietas

padi paling peka, dan 2 taraf konsentrasi  $Fe^{2+}$ . Faktor pertama, adalah 5 varietas padi terpilih, yaitu:  $V_1$  = Krueng Aceh;  $V_2$  = IR 36;  $V_3$  = Tukad Balian;  $V_4$  = Ciharang dan  $V_5$  = Cisokan. Faktor kedua, konsentrasi fero yaitu:  $F_0$  = 0,0 ppm (kontrol); dan  $F_1$  = 200 ppm.

Benih padi, sebelum dikecambahkan terlebih dahulu direndam dalam larutan fungisida Dithane M-45 dan insektisida Decis, masing-masing dengan konsentrasi 3 g L<sup>-1</sup> dan 1 mL L<sup>-1</sup> selama 20 menit, setelah itu dibilas sampai bersih dan direndam selama 24 jam. Kemudian benih dikecambahkan selama 7 hari dalam bak plastik berlubang dengan media kertas merang, pada ruang gelap dengan suhu kamar. Kecambah yang digunakan pada percobaan ini mempunyai ukuran panjang akar 5 cm.

Larutan hara untuk media kultur air menggunakan komposisi yang terdiri dari: 1,5 mM  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ ; 1,0 mM  $NH_4NO_3$ ; 1,0 mM KCl; 0,4 mM  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ; 1,0 mM  $KH_2PO_4$ ; 0,50 ppm  $MnSO_4 \cdot H_2O$ ; 0,02 ppm  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ; 0,05 ppm  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ; 0,50 ppm  $H_3BO_3$ ; 0,01 ppm  $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ ; 0,068 mM Fe-EDTA; dan  $FeSO_4$  (Sopandie, 1999; Utama, 2008). Media adaptasi menggunakan konsentrasi larutan hara tanpa  $FeSO_4$  pada pH 4.0 selama 7 hari, setelah itu benih tersebut ditumbuhkan pada larutan hara pada pH 4.0 dengan cekaman  $FeSO_4$  sesuai dengan perlakuan yang telah ditetapkan. Pergantian larutan hara dilakukan setiap 7 hari sekali, dan selama percobaan berlangsung larutan hara dialiri udara menggunakan aerator (Utama, 2008). Pada setiap bak plastik terdapat 6 tanaman dengan penyangga dari styrofoam yang diberi lubang sebanyak 4 buah, dan supaya tanaman dapat berdiri tegak, maka tanaman tersebut ditempatkan dalam potongan paralon (10 cm) pada bagian bawahnya dibalut dengan kain strimin. Setelah 21 hari pada media perlakuan, tanaman dipanen untuk dilakukan pengamatan.

### Analisis Kadar $NO_3^-$ , $NH_4^+$ dan $Mg^{2+}$

Tanaman sampel yang akan digunakan terlebih dahulu ditimbang bobotnya, setelah itu digerus sampai halus kemudian dipanaskan sampai semua asap ( $SO_3$ ) keluar. Selanjutnya didinginkan selama 24 jam, kemudian dilanjutkan dengan menambahkan  $H_2O_2$  sampai larutan



## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingginya kadar  $Fe^{2+}$  yang terkandung pada tanah sawah bukaan baru, yang dipergunakan pada percobaan ini telah mempengaruhi pertumbuhan semua varietas padi yang ditanam. Pertumbuhan varietas padi yang ditanam pada tanah mineral tersebut memperlihatkan keragaman tinggi tanaman, jumlah daun, bobot kering tajuk dan bobot kering akar (Tabel 1). Keragaman ini terjadi akibat tiap varietas memiliki potensi genetik yang berbeda dalam merespon lingkungan tumbuhnya, terutama cekaman besi terlarut.

Permasalahan serius pada budidaya padi pada lahan sawah bukaan baru tersebut adalah keracunan  $Fe^{2+}$  yang menyebabkan terjadinya defisiensi hara, kerusakan sel tanaman (Ismunadji dan Roechan, 1988; Harjadi dan Yahya, 1988), defisit air (Marschner, 1995) yang menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman. Hambatan pertumbuhan pada lahan tersebut semakin meningkat terutama pada kondisi terendam air, dimana  $Fe^{3+}$  di ubah menjadi  $Fe^{2+}$  (Ismunadji dan Roechan, 1988; Harjadi dan Yahya, 1988; Rengel, 2000) yang bersifat racun bagi tanaman, dan rendahnya kelarutan hara esensial sehingga terjadi kekahatan hara K, P, Ca, dan Zn.

Warna tanah akan berubah dari coklat menjadi abu-abu dan  $Fe^{2+}$  dalam jumlah besar terlarut dalam tanah. Konsentrasi besi larut beragam dari 0.1 ppm sampai 600 ppm tidak lama setelah terjadi penguapan. Pada tanah sulfat masam, konsentarsi  $Fe^{2+}$  dapat mencapai 5000 ppm beberapa minggu setelah penguapan. Pada tanah masam dengan kadar bahan organik dan oksida berat yang cukup dapat menghasilkan konsentrasi besi fero sampai pada tingkat beracun pada tanah Ultisol, Oksisol, sulfat masam, tanah gambut daerah pasang surut (Ismunadji dan Roechan, 1988).

Timbulnya hidrogen sulfida dan fero sulfida pada tanah tergenang yang sangat reduktif berperan pada timbulnya keracunan besi pada padi sawah bukaan baru. Status hara tanaman mempengaruhi toleransi tanaman padi terhadap keracunan besi. Hidrogen sulfida dan fero sulfida mengurangi kemampuan akar untuk mengoksidasi

dan dengan demikian lebih peka terhadap keracunan besi. Karena defisiensi kalsium, magnesium dan mangan jarang terjadi pada padi sawah, maka unsur kalium sangat memerlukan perhatian. Tanaman yang kekurangan kalium seringkali berkadar besi tinggi dan menunjukkan gejala keracunan yang parah. Varietas padi mempunyai kepekaan yang berbeda terhadap keracunan besi (Tabel 1 dan 2).

Toleransi terhadap cekaman dapat terjadi melalui dua mekanisme, yaitu melalui eksklusi dan inklusi (Delhaize dan Ryan, 1995; Taylor, 1991; Utama *et al.*, 2005; Utama *et al.*, 2009). Adaptasi melalui mekanisme eksklusi memerlukan adanya mekanisme penghindaran (*avoidance*) dari defisit air internal, sedangkan mekanisme inklusi memerlukan toleransi jaringan yang tinggi terhadap  $Fe^{2+}$  atau penghindaran dari konsentrasi besi yang tinggi pada jaringannya (Marschner, 1995).

Peubah bobot kering akar, merupakan indikator penting untuk melihat toleransi terhadap cekaman Al dan kemampuannya beradaptasi pada tanah masam (Marschner, 1995; Utama *et al.*, 2007). Kerusakan pada sel tudung akar terjadi karena tanaman mengalami defisiensi Ca yang berperan penting pada perkembangan dinding sel tanaman (Marschner, 1995). Pada spesies toleran terdapat lapisan *mucilage* yang berperan menyerap sebagian besar Al di rhizosfer sehingga tanaman terhindar dari kerusakan akar (Marschner, 1995).

Rendahnya bahan organik, N-total, P tersedia dan K-dd menunjukkan bahwa tanah percobaan tersebut sangat memerlukan tambahan amelioran dari bahan organik, demikian juga dengan kejenuhan Al yang rendah hingga sedang berpotensi lemah untuk menyumbang ion  $H^+$  kedalam larutan tanah sehingga ke asaman tanah lebih rendah.

Hasil analisis terhadap kadar amonium, nitrat dan kalium pada varietas Krueng Aceh, IR36, Tukad Balian, Ciherang, dan Cisokan yang tercekam fero pada kultur air memperlihatkan adanya variasi antara varietas peka dan toleran fero. Kelima varietas padi tersebut mempunyai, kemampuan dalam penyerapan amonium, natrium maupun magnesium (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil analisis kadar nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), dan magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) pada varietas padi tercekam fero yang ditumbuhkan pada kultur hara, umur 3 mst

Tingkat Konsentrasi Fero	Toleran		Varietas Padi Moderat		Peka	
	Krueng Aceh	IR 36	Tukad Balian	Ciherang	Cisokan	
	..... Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) % .....					
0,0 ppm	0.407 C	0.378 C	0.854 A	0.708 B	0.718 B	
300,0 ppm	0.432 C	0.395 C	0.113 DE	0.216 D	0.085 E	
	..... Amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) ppm .....					
0,0 ppm	3.632 D	4.523 D	10.911 C	27.232 A	28.984 A	
300,0 ppm	9.082 CD	7.253 CD	23.633 AB	18.109 B	23.459 AB	
	..... Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) % .....					
0,0 ppm	0.121 B	0.112 B	0.214 A	0.158 AB	0.121 B	
300,0 ppm	0.139 B	0.130 B	0.139 AB	0.121 B	0.121 B	

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada peubah yang sama pada masing-masing perlakuan menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5% dengan uji Tukey

Hal ini menunjukkan, bahwa tidak ada hambatan dalam penyerapan  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , dan  $\text{Mg}^{2+}$  dalam kondisi tercekam fero, pada semua varietas padi tersebut. Pada perlakuan varietas padi dan konsentrasi fero memperlihatkan interaksi yang nyata terhadap kadar  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ .

Kadar  $\text{NO}_3^-$  pada varietas padi peka (Ciherang dan Cisokan) dalam kondisi tercekam fero mengalami penurunan dibandingkan tanpa cekaman fero, hal ini sangat berbeda dengan varietas toleran (Krueng Aceh dan IR 36) dimana pada kondisi tercekam fero kadar  $\text{NO}_3^-$  mengalami peningkatan, kecuali pada varietas Krueng Aceh. Pada kondisi tanpa cekaman fero serapan  $\text{NO}_3^-$  pada varietas peka lebih tinggi dibandingkan varietas toleran (Tabel 2).

Serapan  $\text{NH}_4^+$  pada varietas peka yang tercekam fero mengalami penurunan, sedangkan pada spesies toleran kadar  $\text{NH}_4^+$  mengalami peningkatan dibandingkan pada kondisi tidak tercekam, akan tetapi jumlah serapan  $\text{NH}_4^+$  pada varietas peka lebih tinggi dibandingkan varietas toleran (Tabel 2).

Hasil ekstraksi terhadap varietas peka dan toleran, juga memperlihatkan adanya kandungan  $\text{Mg}^{2+}$ . Cekaman fero pada varietas peka menyebabkan kadar  $\text{Mg}^{2+}$  mengalami penurunan dibandingkan tanpa cekaman fero, sedangkan pada varietas toleran mengalami peningkatan kadar  $\text{Mg}^{2+}$ , namun peningkatannya tidak nyata (Tabel 2).

Hambatan pertumbuhan pada tanah masam adalah akibat dari kelarutan fero terutama

pada kondisi pH kurang dari 5 (Degenhardt *et al.*, 1998; Ma *et al.*, 2000) yang bersifat racun bagi tanaman, dan rendahnya kelarutan hara esensial sehingga terjadi kekahatan (Takita *et al.*, 1999). Toleransi tanaman terhadap fero merupakan faktor yang penting untuk adaptasi pada tanah masam. Identifikasi terhadap hambatan pertumbuhan tanaman karena peningkatan konsentrasi fero dalam larutan hara merupakan parameter untuk menyeleksi genotipe berdasarkan tingkat toleransinya terhadap cekaman (Utama, 2004; Utama *et al.*, 2009).

Pada tanah masam umumnya ketersediaan hara sangat terbatas, selain itu kemampuan tanaman untuk menyerap hara juga dibatasi oleh kandungan fero yang tinggi terutama pada pH di bawah 5,5. Pada pH <4,0 kelarutan Al sangat tinggi terdapat dalam bentuk  $\text{Al}^{3+}$  yang sangat beracun bagi tanaman, selain itu juga terdapat bentuk lainnya yaitu,  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$  dan  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ , pada pH >5.5 pengaruh jelek dari  $\text{Al}^{3+}$  dapat diabaikan (Marschner, 1995). Pada keadaan tersebut proporsi pertukaran kation semakin meningkat dengan dijenuhinya oleh Al, dan menggantikan kation polivalen seperti  $\text{Ca}^{++}$  dan  $\text{Mg}^{++}$ , kemudian Al yang bebas akan mengikat P dan Mo.

Toleransi tanaman terhadap cekaman Al dapat terjadi secara internal dan eksternal, sebagai suatu mekanisme untuk dapat beradaptasi pada tanah masam dengan fero tinggi. Kedua mekanisme tersebut dapat terjadi secara

bersamaan, walaupun dalam derajat yang berbeda sesuai dengan jenis tanaman dan kemampuannya untuk beradaptasi. Perbedaan utama dari kedua mekanisme tersebut adalah dalam hal daerah tempat terjadinya pengkelatan, apakah di simplas (internal) dan apoplas (eksklusi) (Delhaize dan Ryan, 1995); Pellet *et al.*, (1995); Degenhardt *et al.*, (1998); Sopandie (1999); Ma, (2000) mengemukakan faktor fisiologi yang berkaitan dengan sifat toleransi terhadap cekaman antara lain berhubungan dengan kemampuan preferensi terhadap  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ .

Hasil percobaan mekanisme fisiologi toleransi cekaman fero terhadap metabolisme  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , dan  $\text{Mg}^{2+}$  pada varietas peka dan toleran, memperlihatkan adanya perbedaan tanggap pada kadar  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ . Hal ini menunjukkan adanya perbedaan toleransi antar varietas padi tersebut terhadap cekaman fero. Toleransi terhadap cekaman fero pada varietas toleran, diduga karena kemampuannya yang lebih besar dalam menyerap  $\text{NO}_3^-$  dibandingkan tanpa cekaman, demikian juga terhadap serapan  $\text{NH}_4^+$ . Varietas toleran lebih banyak menyerap  $\text{NO}_3^-$  dibandingkan dengan varietas peka terutama pada kondisi tercekam, hal ini berkaitan dengan perbedaan kemampuannya dalam penyerapan anion, di mana pada varietas toleran penyerapan  $\text{NO}_3^-$  mengalami peningkatan lebih besar dibandingkan varietas peka (Marschner, 1995; Sopandie, 1999).

Diduga perbedaan dalam penyerapan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) menyebabkan perubahan pH dan perbedaan ini dapat mengakibatkan perbedaan pada varietas peka dan toleran dalam metabolisme  $\text{NO}_3^-$ . Pengambilan  $\text{NH}_4^+$  yang lebih banyak akan menurunkan pH medium yang akan menyebabkan menurunnya aktifitas nitrat reduktase. Sebagaimana dikemukakan Marschner, (1995); Sopandie, (1999) bahwa peningkatan pH kultur air berhubungan dengan kemampuan yang lebih besar dalam menyerap nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dari pada amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) yang akan mempengaruhi pH media tumbuh. Peningkatan pH berkaitan dengan pengaturan keseimbangan dalam penyerapan kation dan anion.

Pada kondisi tanpa cekaman rasio  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ , menyebabkan perbedaan pH tidak mempengaruhi varietas peka dan toleran tetapi

pada kondisi tercekam akan sangat menentukan tingkat toksisitas. Tingkat toleransi pada varietas toleran ditandai oleh kemampuannya menggunakan  $\text{NO}_3^-$  secara lebih efisien dalam kondisi, dimana  $\text{NH}_4^+$  tersedia.

## KESIMPULAN

Metode seleksi penentuan varietas padi sawah toleran (Krueng Aceh, IR 36 dan Tukad Balian) dan peka (Cisokan dan Ciherang) terhadap cekaman Fero ( $\text{Fe}^{2+}$ ) pada sawah bukaan baru dapat menggunakan perbandingan bobot kering akar dan pucuk antara kondisi tercekam dengan kondisi tidak tercekam, secara agronomi padi sawah toleran cekaman Fero ( $\text{Fe}^{2+}$ ) memperlihatkan pertumbuhan karakter agronomi yang lebih baik.

Kemampuan adaptasi varietas padi terhadap cekaman fero terjadi melalui mekanisme fisiologi metabolisme nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), dan magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) sebagaimana ditunjukkan oleh perbedaan kadar  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  antara varietas peka dan toleran.

Informasi tentang karakter agronomi dan fisiologi dapat dipergunakan untuk menentukan varietas padi toleran terhadap cekaman Fero ( $\text{Fe}^{2+}$ ), khususnya untuk pengembangan padi sawah bukaan baru. Varietas padi sawah toleran Fero ( $\text{Fe}^{2+}$ ) yang dianjurkan untuk budidaya di lahan sawah bukaan baru antara lain adalah varietas Krueng Aceh, IR 36, dan Tukad Balian.

## SANWACANA

Terimakasih disampaikan kepada DP2M, DIKTI, Departemen Pendidikan Nasional, yang telah berkenan membiayai penelitian ini berdasarkan DIPA Dikti No. 0868.0/023-04.1-/2009 Tanggal 31 Desember 2009. Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Kompetitif Penelitian Sesuai Prioritas Nasional. No. 408/SP2H/PP/DP2M/VI/2009, Tgl 16 Juni 2009.

## DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2004. Survey pertanian, luas lahan menurut penggunaannya di Sumatera

- Barat, BPS. Sumbar. Padang.
- Anonim. 2007<sup>a</sup>. Kabupaten Dharmasraya dalam angka. Bappeda Dharmasraya dan BPS, Sumbar.
- Anonim. 2007<sup>b</sup>. Spectroquant Thermoreaktor TR Nova 420 manual versi bahasa Indonesia. Tim Merck, Jerman.
- Degenhardt, J., P.B. Larsen., S.H. Howell., and L.V. Kochian. 1998. Aluminum resistance in the arabidopsis mutant *alr-104* is caused by an aluminum-induced increase in rhizosphere pH. *Plant Physiol.* 117: 19-27.
- Delhaize, E., and P.R. Ryan. 1995. Aluminum toxicity and tolerance in plants. *Plant Physiol.* 107: 315-321.
- Harjadi, S.S., dan S. Yahya. 1988. Fisiologi cekaman lingkungan. PAU Bioteknologi, IPB Bogor.
- Ismunadji M., dan S. Roechan. 1988. Hara mineral tanaman padi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.
- Ma, J.F., S. Taketa., and Z. M. Yang. 2000. Al tolerance genes on the short arm of chromosome 3R are linked to organic acid release in tricale. *Plant Physiology.* 122: 687-694.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, Second edition. Acad, Press.
- Ma, Z., and S.C. Miyasaka. 1998. Oxalate exudation by taro in response to Al. *Plant Physiol.* 118: 861-865.
- Pellet, D.M., D.L. Grunes., and L.V. Kochian. 1995. Organic acid exudation as an aluminum-tolerance mechanism in maize (*Zea mays L.*). *Planta.* 196: 788-795.
- Rengel, Z. 2000. Mineral nutrition of crops, fundamental mechanisms and implications. Food production press, Binghamton.
- Sopandje, D. 1999. Differential Al tolerance of soybean genotypes related to nitrate metabolism and organic acid exudation. *Comm. Ag.* 5(1) 13-20.
- Utama, M.Z.H. 2004. Tanggap beberapa spesies legum penutup tanah terhadap pemberian mikoriza, rhizobium, asam humat dan mekanisme fisiologi toleransi terhadap cekaman aluminium. Disertasi. IPB, Bogor.
- Utama, M.Z.H. 2008. Mekanisme fisiologi toleransi cekaman aluminium pada spesies legum penutup tanah terhadap metabolisme Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), Amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), dan Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ). *Buletin Agron.* 36 (2): 175-179.
- Utama, M.Z.H., S. Yahya., Sudarmadi H., K. Idris., dan Y.Setiadi. 2007. Tanggap beberapa spesies legum penutup tanah terhadap pemberian mikoriza, rhizobium, asam humat dan mekanisme fisiologi toleransi terhadap cekaman Al. *Jur. Akademika.* 11(2):38-48.
- Utama, M.Z.H., Y.M.Zen., B. Badal., dan S. Hidayati. 2005. Eksudasi dan akumulasi asam organik pada spesies legum penutup tanah sebagai mekanisme toleransi terhadap cekaman aluminium. *Jur. Stigma.* 13(1): 35-40.
- Utama, M.Z.H., W. Haryoko., R. Munir., dan Sunadi. 2009. Penapisan varietas padi toleran salinitas pada lahan rawa di Kab. Pesisir Selatan. *Ju Agron Indonesia.* 37(2):101-106.
- Takita, E., H. Keyama., and T. Hara. 1999. Organic acid metabolism in Al-phosphate utilizing cells of carrot (*Daucus carota L.*). *Plant Cell Physiol.* 40(5): 489-495.