

Penapisan Varietas Padi Gogo Toleran Cekaman Aluminium

The Screening of Aluminum Tolerant Upland Rice Varieties

M. Zulman Harja Utama

Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Tamansiswa, Padang, Sumatera Barat, Indonesia
Jl. Tamansiswa No. 9 Padang 25136 Telp. (0751) 40020/Fax. (0751) 444170

Diterima 1 Maret 2010/Disetujui 6 Oktober 2010

ABSTRACT

The screening of aluminum (Al) tolerant upland rice variety was studied with the objectives were: 1) to determine the most suitable method for selection of aluminum-tolerant upland rice variety and 2) to investigate the agronomic characteristics and the physiological adaptation mechanisms of aluminum-tolerant upland rice variety. The experiment was undertaken in two steps: 1) Screening of upland rice varieties which tolerant to Al stress using completely randomized design, and 2) screening of aluminum-tolerant varieties through factorial experiment with complete randomized design. The experiment showed that 1) screening of upland rice variety that tolerant and sensitive to aluminum stress can be administered by comparing root dry weights in aluminum stressed condition and in unstressed condition, 2) in term of agronomical aspect, aluminum stress-tolerant upland rice shows good growth, and the higher level of aluminum tolerance seems to have emanated from efficient NO_3^- , NH_4^+ , and Ca^{2+} metabolism. Upland rice varieties recommended for cultivation in upland mineral acid area include Pandak Putih, Mulut Harimau, Kuning, Rantau Mudiak Kelabu, Towuti, and Sedane Tinggi.

Keywords: aluminum, Ca^{2+} , NH_4^+ , NO_3^- , uptake

PENDAHULUAN

Produktivitas padi gogo secara nasional hanya mencapai 1.95-2.17 ton ha⁻¹. Hal ini terjadi karena lahan untuk pertanamannya kurang subur, yaitu jenis tanah mineral masam podzolik merah kuning (Hairiah *et al.*, 2000; Bilman, 2008; Herawati *et al.*, 2009). Permasalahan serius pada budidaya tanaman di tanah masam tersebut adalah keracunan aluminium (Al) dan rendahnya fosfor (Larsen *et al.*, 1998; Zheng *et al.*, 1998; Takita *et al.*, 1999), yang menyebabkan terhambatnya pertumbuhan akar sehingga mengganggu penyerapan hara dan air (Kochian, 1995; Ma, 2000; Ma *et al.*, 2000). Kurangnya varietas-varietas toleran cekaman lingkungan dan biotik (Herawati *et al.*, 2009; Utama *et al.*, 2009), terutama cekaman Al (Utama, 2008), dan kurangnya paket teknologi budidaya padi gogo (Bilman, 2008) menyebabkan sulitnya budidaya tanaman di lahan masam.

Aluminium (Al) merupakan ion rhizotoksik yang menghambat pertumbuhan dan produktivitas tanaman di tanah mineral masam (Huang dan Violante, 1997; Rengel, 2000). Beberapa strategi dikembangkan oleh tanaman untuk dapat beradaptasi pada tanah masam dengan Al tinggi, melalui mekanisme fisiologi yang berkaitan dengan toleransi terhadap cekaman aluminium, yaitu melalui: (1) kemampuan tanaman untuk mengubah pH di daerah perakaran; (2) preferensi terhadap penyerapan nitrat dan

amonium (Utama, 2008); dan (3) peningkatan aktivitas enzim spesifik.

Walaupun Al menghambat proses metabolisme dan pertumbuhan tanaman, akan tetapi sampai ambang tertentu pengaruh dari Al dapat ditoleransi oleh tanaman yang toleran (Sopandie, 1999; Kasim, 2000; Ma, 2000). Toleransi tanaman terhadap Al merupakan faktor yang penting untuk adaptasi pada tanah masam. Identifikasi terhadap hambatan pertumbuhan tanaman karena peningkatan konsentrasi Al dalam larutan hara merupakan parameter untuk menyeleksi genotipe berdasarkan tingkat toleransinya terhadap cekaman Al (Utama, 2008).

Hasil penelitian pada kedelai dan tanaman legum penutup tanah yang toleran terhadap cekaman Al menunjukkan bahwa spesies toleran memiliki kemampuan untuk mengubah pH media 2-2.5 kali lebih besar dibandingkan spesies peka (Utama *et al.*, 2005). Spesies toleran juga memiliki kemampuan eksudasi asam sitrat dan malat 2-3 kali lebih besar dibandingkan spesies peka (Utama *et al.*, 2005). Selain itu, spesies toleran memiliki penyerapan nitrat relatif lebih banyak dibandingkan amonium. Kemampuan tanaman untuk menyerap nitrat lebih banyak dibandingkan amonium akan meningkatkan pH media tumbuh (Sopandie, 1999; Utama, 2008).

Peningkatan produktivitas padi telah diupayakan di Indonesia sejak tahun 1970-an, dalam rangka meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan masyarakat serta meningkatkan ketahanan pangan nasional (Amang dan Sawit, 1999). Pada tahun 2010 diperkirakan produksi beras 41.54 juta ton, sedangkan kebutuhan nasional sebanyak

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: harja65@yahoo.com

47.99 juta ton sehingga terjadi defisit beras sebesar 6.45 juta ton yang dipenuhi melalui impor. Selain mengimpor beras pemerintah juga melakukan program ekstensifikasi dan intensifikasi, tidak hanya pada lahan persawahan tetapi juga gogo yang ditanam pada lahan kering (Bilman, 2008; Herawati *et al.*, 2009). Penggunaan varietas yang toleran terhadap cekaman Al, khususnya untuk tanaman padi gogo yang dibudidayakan pada tanah mineral masam melalui kegiatan penyarangan terhadap varietas padi gogo yang sudah dilepas, merupakan salah satu upaya meningkatkan produktivitas padi melalui budidaya pada lahan marjinal.

Penelitian ini bertujuan untuk menyeleksi varietas padi gogo toleran cekaman aluminium berdasarkan karakter agronomi, dan mempelajari mekanisme fisiologi adaptasi padi gogo terhadap cekaman pada lahan masam.

BAHAN DAN METODE

Penapisan Varietas Padi Gogo Toleran Cekaman Al

Percobaan dilakukan di Balai Benih Induk Lubuk Minturun, dari bulan Mei sampai dengan Agustus 2009. Bahan tanaman yang digunakan adalah 20 varietas padi gogo yang diperoleh dari beberapa peneliti dan Balai Besar Penelitian Padi Sukamandi. Media tanam yang digunakan adalah tanah mineral Podzolik Merah Kuning (PMK) dengan kejenuhan Al 24.49% dan pH 4.96 asal Limau Manis, Sumatera Barat.

Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor dan tiga ulangan. Faktor pertama adalah varietas padi gogo, yaitu: Sriwijaya X2, Pandak Birtuya, Pandak Putih, Halus Muko-Muko, Mulut Harimau, Padang, Cina, Sedane Tinggi, Kuning, Rantau Mudiak, Rantau Mudiak Kelabu, Duku, Rias, Pelita, Kelinci, Danau Gaung, Limboto, Towuti, Situ Patenggang, dan Situ Bagendit. Faktor kedua adalah indeks kejenuhan Al, yaitu: 0.0% (kontrol) dan 100%.

Untuk menentukan indeks kejenuhan Al dilakukan percobaan pendahuluan. Tanah yang digunakan terlebih dahulu dikeringanginkan selama 1 minggu, kemudian ditumbuk dan diayak, setelah itu dianalisis lengkap. Bobot tanah untuk setiap ember adalah 5 kg kering udara. Penetapan kebutuhan kapur dihitung berdasarkan hasil analisis tanah. Setelah tanah dicampur merata dengan kapur, air suling ditambahkan ke dalam media tanam hingga mencapai kadar air kapasitas lapang dan diinkubasikan selama 15 hari. Setelah proses inkubasi, analisis terhadap unsur Ca, Mg, K, Na, dan Al dilakukan dan kemudian dibuat nilai persamaan regresinya untuk menentukan jumlah kebutuhan kapur pada masing-masing indeks kejenuhan Al (0 dan 100%).

Percobaan inti dilakukan dengan merendam benih padi dalam larutan Dithane M-45 dan Decis dengan konsentrasi masing-masing 3 g L⁻¹ dan 1 mL L⁻¹ selama 20 menit, kemudian benih direndam dalam air suling selama 24 jam sebelum disemaikan. Pada setiap ember disemaikan sebanyak 5 benih padi gogo dengan bobot

tanah kering udara 10 kg. Pemupukan K dan P dilakukan pada awal penanaman dengan dosis 100 kg K₂O ha⁻¹ dan 100 kg P₂O₅ ha⁻¹, sedangkan pupuk N diberikan satu Minggu Setelah Tanam (MST) dengan dosis 150 kg N ha⁻¹. Penjarangan dilakukan satu minggu setelah tanam, jumlah tanaman yang disisakan berjumlah 2 tanaman per ember. Pengamatan karakter agronomi dilakukan pada semua tanaman pada setiap unit percobaan.

Mekanisme Fisiologi Toleransi pada Beberapa Varietas Padi Gogo Toleran Cekaman Al

Percobaan dilakukan di Laboratorium Kopertis Wilayah X dari bulan Agustus sampai dengan Oktober 2009. Bahan tanam yang digunakan adalah varietas padi terpilih dari hasil penapisan varietas padi gogo toleran cekaman Al. Percobaan disusun menggunakan RAL, dengan dua faktor dan tiga ulangan. Faktor pertama adalah 5 varietas padi gogo terpilih, yaitu: Sedane Tinggi dan Pelita (peka), Limboto (moderat), Pandak Putih, dan Rantau Mudiak Kelabu (toleran). Faktor ke-dua adalah konsentrasi Al, yaitu: 0.0 dan 4.0 ppm.

Sebelum disemaikan, benih padi direndam dalam larutan Dithane M-45 dan Decis, setelah itu dibilas sampai bersih dan direndam selama 24 jam. Benih kemudian dikecambahkan selama 5 hari dalam bak plastik berlubang pada suhu kamar. Kecambah yang digunakan pada percobaan ini memiliki panjang akar 5 cm.

Kecambah tersebut ditumbuhkan dalam bak plastik yang diisi dengan 2.5 L larutan hara tanpa AlCl₃.6H₂O pada pH 4.0. Komposisi larutan hara terdiri dari: 1.5 mM Ca(NO₃)₂.4H₂O, 1.0 mM NH₄NO₃, 1.0 mM KCl, 0.4 mM MgSO₄.7H₂O, 1.0 mM KH₂PO₄, 0.50 ppm MnSO₄.H₂O, 0.02 ppm CuSO₄.5H₂O, 0.05 ppm ZnSO₄.7H₂O, 0.50 ppm H₃BO₃, 0.01 ppm (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O, dan 0.068 mM Fe-EDTA, dan (Sopandie, 1999; Utama, 2008).

Media adaptasi menggunakan konsentrasi larutan hara tanpa AlCl₃.6H₂O pada pH 4.0 selama 7 hari, setelah itu kecambah padi tersebut ditumbuhkan pada larutan hara pada pH 4.0 dengan cekaman AlCl₃.6H₂O sesuai dengan perlakuan yang telah ditetapkan. Larutan hara diperbaharui setiap 7 hari sekali, dan selama percobaan berlangsung aerasi dalam larutan hara dilakukan menggunakan aerator. Pada setiap bak plastik terdapat 16 tanaman yang ditempatkan pada pipa paralon 1 inci yang diberi kain strimin pada bagian bawah dengan penyangga dari *styrofoam* yang diberi lubang sebanyak 4 buah agar tanaman dapat berdiri tegak pada bak kultur air. Setelah 3 MST pada media perlakuan, tanaman dipanen untuk dilakukan pengamatan karakter fisiologi.

Analisis Kadar NO₃⁻, NH₄⁺, dan Ca²⁺

Tanaman sampel yang akan digunakan terlebih dahulu ditimbang bobotnya, setelah itu digerus sampai halus kemudian dipanaskan sampai semua asap (SO₃) keluar. Selanjutnya sampel didinginkan selama 24 jam, kemudian

dilanjutkan dengan menambahkan H₂O₂ sampai larutan menjadi jernih. Kegiatan pemanasan tersebut diulangi, sampai volumenya menjadi 2-3 mL saja, setelah itu larutan dipindahkan ke labu ukur 50 mL dan ditera dengan aquades. Analisis kadar NO₃⁻, NH₄⁺, dan Ca²⁺ dilakukan menggunakan alat Spectroquant Thermoreaktor TR Nova 420 (Merck, Jerman) sesuai dengan prosedur standar dari produsen.

Data yang terkumpul dianalisis dengan uji F dan dilanjutkan dengan uji Tukey pada taraf $\alpha = 5\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan padi yang ditanam pada tanah mineral masam memperlihatkan jumlah anakan (JA) yang berbeda antar varietas (Tabel 1 dan 2). Perbedaan ini terjadi karena setiap varietas padi tersebut, memiliki potensi genetik yang berbeda dalam merespon lingkungan tumbuhnya (Utama *et al.*, 2009). Tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa seluruh

keragaan tanaman berdasarkan karakter agronomi yang diamati pada kondisi tidak tercekam Al (kejenuhan Al 0%) lebih baik dibandingkan dengan keragaan tanaman yang ditumbuhkan dalam kondisi tercekam Al (kejenuhan Al 100%).

Tabel 2 menunjukkan bahwa beberapa varietas padi gogo memperlihatkan peningkatan BKA yang positif walaupun pada kondisi tercekam Al, varietas tersebut antara lain: Pandak Putih (43%), Mulut Harimau (53%), Kuning (22%), Rantau Mudiak Kelabu (27%), dan Towuti (14%). Dari beberapa varietas tersebut juga terlihat BKA yang sangat tinggi dibandingkan varietas lainnya, yaitu varietas Sedane Tinggi dimana pada kondisi tingkat kejenuhan Al 0% menghasilkan BKA sebesar 6.99 g dan pada kejenuhan Al 100% mampu menghasilkan BKA sebesar 4.11 g, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan varietas lainnya. Hal ini diduga sebagai bentuk adaptasi tanaman untuk mempertahankan pertumbuhannya, dengan lebih banyak menggunakan

Tabel 1. Jumlah anakan, jumlah daun, dan tinggi tanaman beberapa varietas padi gogo yang dibudidayakan pada tanah PMK dengan tingkat kejenuhan 0 dan 100% Al

Varietas padi gogo	Jumlah anakan		Jumlah daun		Tinggi tanaman (cm)	
	Kejenuhan Al (%)		Kejenuhan Al (%)		Kejenuhan Al (%)	
	100	0	100	0	100	0
Sriwijaya X2	2.0b	3.3ab	16.3b	25.7ab	76.7abcdef	83.3abc
Pandak Birtuya	3.0ab	3.0ab	21.0ab	24.0ab	59.7bcdefghi	65.0abcdefghi
Pandak Putih	4.0ab	3.0ab	23.7ab	23.3ab	55.7cdefghi	47.7ghi
Halus Muko-muko	2.0b	2.3ab	16.7b	23.7ab	81.3abc	90.7a
Mulut Harimau	5.7ab	5.0ab	25.0ab	39.0ab	45.3i	46.0hi
Padang	5.3ab	6.3a	30.0ab	41.7a	56.0cdefghi	64.0abcdefghi
Cina	2.0b	2.7ab	18.0ab	23.0ab	71.0abcdefghi	74.0abcdefghi
Sedane Tinggi	2.3ab	5.3ab	19.3ab	37.3ab	75.0abcdefg	79.0abcd
Kuning	2.7ab	2.7ab	22.7ab	22.7ab	87.7ab	74.3abcdefg
Rantau Mudiak	3.0ab	4.7ab	22.0ab	34.0ab	57.0cdefghi	62.7abcdefghi
Rantau Mudiak Kelabu	2.0b	5.7ab	19.0ab	40.0ab	51.3defghi	60.0bcdefghi
Duku	2.0b	4.0ab	20.0ab	34.3ab	65.0abcdefghi	62.7abcdefghi
Rias	2.0b	2.0b	18.7ab	20.7ab	77.0abcde	88.7a
Pelita	2.7ab	5.7ab	21.0ab	34.7ab	74.7abcdefg	58.0cdefghi
Kelinci	2.0b	4.3ab	18.7ab	32.7ab	69.0abcdefghi	82.0abc
Danau Gaung	3.0ab	2.3ab	21.3ab	22.7ab	78.7abcde	73.3abcdefghi
Limboto	2.0b	3.0ab	18.7ab	30.3ab	62.7abcdefghi	69.7abcdefghi
Towuti	4.3ab	5.3ab	26.0ab	41.3a	53.0defghi	52.0defghi
Situ Patenggang	3.0ab	3.0ab	19.0ab	24.3ab	63.3abcdefghi	60.0bcdefghi
Situ Bagendit	2.7ab	4.7ab	21.7ab	35.0ab	50.7efghi	49.7fghi
KK (%)	4.14		23.86		28.08	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut Tukey pada taraf $\alpha = 5\%$; KK = Koefisien Keragaman

Tabel 2. Bobot kering akar dan bobot kering pucuk beberapa varietas padi gogo yang dibudidayakan pada tanah PMK dengan tingkat kejenuhan 0 dan 100% Al

Varietas padi gogo	Bobot kering pucuk (g)		Bobot kering akar (g)		Peningkatan atau penurunan BKA (%)
	Kejenuhan Al (%)		Kejenuhan Al (%)		
	0	100	0	100	
Sriwijaya X2	4.53bcde	4.27cde	3.65bc	2.63bc	-28
Pandak Birtuya	3.63cde	3.06de	2.85bc	1.83bc	-36
Pandak Putih	2.15e	2.99de	1.14bc	1.63bc	43
Halus Muko-muko	4.05cde	3.17de	2.49bc	2.15bc	-14
Mulut Harimau	3.49cde	3.97cde	1.72bc	2.63bc	53
Padang	5.33abcde	4.04cde	2.49bc	2.31bc	-7
Cina	2.44e	2.81e	1.57bc	1.13bc	-28
Sedane Tinggi	8.90a	5.12abcde	6.99a	4.11ab	-41
Kuning	3.33cde	4.71bcde	2.07bc	2.53bc	22
Rantau Mudiak	5.57abcde	3.37cde	4.05ab	2.05bc	-49
Rantau Mudiak Kelabu	2.62e	3.03de	1.10bc	1.40bc	27
Duku	5.10abcde	3.69cde	2.45bc	1.98bc	-19
Rias	4.09cde	4.72bcde	3.57bc	2.89bc	-19
Pelita	5.49abcde	4.10cde	3.64bc	2.05bc	-44
Kelinci	6.67abcd	2.41e	2.62bc	1.29bc	-51
Danau Gaung	5.30abcde	7.12abc	1.97bc	1.76bc	-11
Limboto	8.22ab	3.96cde	3.36bc	1.63bc	-52
Towuti	4.43bcde	3.91cde	1.24bc	1.41bc	14
Situ Patenggang	3.37cde	3.16de	1.57bc	1.32bc	-16
Situ Bagendit	3.76cde	2.29e	1.04bc	0.85c	-18
KK (%)	3.80		3.19		

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut Tukey pada taraf $\alpha = 5\%$; KK = Koefisien Keragaman; Tanda negatif (-) menunjukkan penurunan BKA

energi untuk pertumbuhan akar dibandingkan energi untuk pertumbuhan tajuk (Marschner, 1995; Rengel, 2000; Utama *et al.*, 2009).

Umumnya ketersediaan hara pada tanah masam sangat terbatas seperti terlihat pada Tabel 3 dari hasil analisis tanah PMK Limau Manis. Selain itu kemampuan tanaman untuk menyerap hara juga dibatasi oleh kandungan Al yang tinggi terutama pada pH di bawah 5.5. Kelarutan Al pada pH < 4.0 sangat tinggi terdapat dalam bentuk Al³⁺ yang sangat beracun bagi tanaman (Ma, 2000). Proporsi pertukaran kation pada keadaan tersebut semakin meningkat akibat jenuh oleh Al, dan menggantikan kation polivalen seperti Ca²⁺ dan Mg²⁺, kemudian Al yang bebas akan mengikat P dan Mo, kondisi seperti ini diduga juga terjadi pada tanah PMK Limau Manis yang digunakan pada percobaan ini (Tabel 3). Pada pH > 5.5 pengaruh buruk dari Al³⁺ dapat diabaikan (Kochian, 1995; Marschner, 1995).

Kadar NH₄⁺, NO₃⁻, dan Ca²⁺ pada varietas Sedane Tinggi, Pelita, Limboto, Pandak Putih, dan Rantau Mudiak Kelabu yang tercekam Al pada kultur hara memperlihatkan adanya variasi antara varietas peka dan toleran Al. Tabel 4 menunjukkan bahwa kelima varietas padi gogo tersebut mampu menyerap NH₄⁺, NO₃⁻, maupun Ca²⁺ walaupun dalam kondisi tercekam Al. Pada perlakuan antara varietas padi gogo dengan konsentrasi Al memperlihatkan interaksi yang nyata terhadap kadar NO₃⁻, NH₄⁺, dan Ca²⁺ (data tidak ditampilkan).

Kadar NO₃⁻ pada semua varietas padi gogo (Pandak Putih, Rantau Mudiak Kelabu, Pelita, dan Limboto) dalam kondisi tercekam Al mengalami penurunan dibandingkan tanpa cekaman Al, kecuali pada varietas Sedane Tinggi. Pada varietas Sedane Tinggi, kadar NO₃⁻ mengalami peningkatan hingga 10% pada kondisi tercekam Al. Hal ini diduga menyebabkan terjadinya perubahan pH dan

Tabel 3. Hasil analisis ciri fisik dan kimia tanah PMK Limau Manis, Sumatera Barat yang digunakan untuk percobaan cekaman Al di lapangan pada beberapa varietas padi gogo

Ciri kimia dan fisik tanah	Satuan	Hasil analisis	Kriteria
Pasir	%	38.74	-
Debu	%	25.25	-
Liat	%	36.09	-
pH H ₂ O	-	4.96	sangat masam
pH KCl	-	3.95	sangat masam
C-organik	%	1.83	sangat rendah
N-total	%	0.23	rendah
P ₂ O ₅ Bray 1 Olsen	ppm	4	rendah
Susunan kation			
K	me (100 g) ⁻¹	0.21	sedang
Na	me (100 g) ⁻¹	0.39	sedang
Mg	me (100 g) ⁻¹	0.65	rendah
Ca	me (100 g) ⁻¹	2.87	rendah
KTK	me (100 g) ⁻¹	15.30	tinggi
KB	%	30.47	sedang
Al	me (100 g) ⁻¹	2.50	-
Kejenuhan Al	%	24.49	tinggi
Kadar air tanah kering udara	%	25.00	

Keterangan: KTK = Kapasitas Tukar Kation; KB = Kejenuhan Basa

perbedaan ini menyebabkan perbedaan varietas toleran dan peka dalam metabolisme NO₃⁻. Penurunan kadar NO₃⁻ terbesar terjadi berturut-turut adalah varietas Rantau Mudiak Kelabu (-88%), Limboto (-86%), Pandak Putih (-69%) dan Pelita (-7%) lebih rendah dibandingkan pada kondisi tanpa cekaman Al.

Serapan NH₄⁺ pada varietas Pandak Putih dan Rantau Mudiak Kelabu yang tercekam Al lebih rendah masing-masing sebesar 34% dan 19%, sedangkan pada varietas Sedane Tinggi, Pelita dan Limboto mengalami serapan NH₄⁺ lebih tinggi 0.6-1.5 kali dibandingkan pada kondisi tidak tercekam Al. Persentase jumlah serapan NH₄⁺ pada varietas peka (Pelita, dan Limboto), dan moderat (Sedane Tinggi) lebih tinggi pada kondisi tercekam dibandingkan pada kondisi tanpa cekaman Al. Pada varietas toleran (Pandak Putih dan Rantau Mudiak Kelabu kadar NH₄⁺ lebih tinggi pada kondisi tanpa cekaman Al, yaitu 29.92 ppm dan 31.85 ppm akan tetapi pada kondisi tercekam pun kadar amonium tetap tinggi, yaitu 19.90 ppm dan 25.78 ppm (Tabel 4).

Cekaman Al pada varietas Pandak Putih, Sedane Tinggi dan Limboto menyebabkan kadar Ca²⁺ mengalami penurunan dibandingkan tanpa cekaman Al, yaitu berturut-turut sebesar 24%, 13%, dan 35%. Pada varietas Rantau Mudiak Kelabu kadar Ca²⁺ pada kondisi tercekam tidak mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi tidak tercekam, sedangkan pada varietas Pelita terjadi peningkatan

kadar Ca²⁺ pada kondisi tercekam sebesar 17% (Tabel 4). Hal ini diduga karena pada varietas tersebut terjadi defisiensi Ca²⁺, sehingga diperlukan lebih banyak Ca²⁺ untuk menanggulangi kerusakan pada dinding sel tanaman (Gardner *et al.*, 1991; Marschner, 1995).

Hasil percobaan mekanisme fisiologi toleransi cekaman aluminium pada varietas toleran, moderat, dan peka memperlihatkan adanya perbedaan tanggap pada kadar NO₃⁻, NH₄⁺ dan Ca²⁺. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan toleransi antar varietas padi gogo tersebut terhadap cekaman Al. Diduga perbedaan dalam penyerapan nitrat (NO₃⁻) menyebabkan perubahan pH dan perbedaan ini dapat mengakibatkan perbedaan pada varietas peka dan toleran dalam metabolisme NO₃⁻. Sebagaimana dikemukakan oleh Marschner (1995) dan Sopandie (1999), peningkatan pH kultur air berhubungan dengan kemampuan yang lebih besar dalam menyerap nitrat (NO₃⁻) daripada amonium (NH₄⁺) yang akan mempengaruhi pH media tumbuh. Peningkatan pH berkaitan dengan pengaturan keseimbangan dalam penyerapan kation dan anion. Pada kondisi tanpa cekaman Al rasio NO₃⁻ : NH₄⁺ menyebabkan perbedaan pH tidak mempengaruhi varietas peka dan toleran tetapi pada kondisi tercekam Al akan sangat menentukan tingkat toksisitas Al (Utama, 2008). Tingkat toleransi pada varietas toleran ditandai oleh kemampuannya menggunakan NO₃⁻ secara lebih efisien dalam kondisi NH₄⁺ tersedia.

Tabel 4. Hasil analisis kadar amonium (NH_4^+), nitrat (NO_3^-), dan kalsium (Ca^{2+}) pada varietas padi tercekam aluminium yang ditumbuhkan pada kultur hara, umur 3 MST

Konsentrasi aluminium (ppm)	Varietas padi				
	Toleran		Moderat	Peka	
	Pandak Putih	Rantau Mudiak Kelabu	Sedane Tinggi	Pelita	Limboto
..... Nitrat (NO_3^-) %					
0.0	0.73a	0.74b	0.42c	0.42c	0.88a
4.0	0.23d	0.09e	0.46c	0.39c	0.12de
KK (%) = 14.29					
..... Amonium (NH_4^+) ppm					
0.0	29.92a	31.85a	3.98d	4.97d	11.99c
4.0	19.90b	25.78ab	9.98cd	7.97cd	25.97ab
KK (%) = 6.44					
..... Kalsium (Ca^{2+}) %					
0.0	0.17ab	0.13b	0.15b	0.12b	0.23a
4.0	0.13b	0.13b	0.13b	0.14b	0.15ab
KK (%) = 8.18					

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada peubah yang sama pada masing-masing perlakuan menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf $\alpha = 5\%$; KK = Koefisien Keragaman

KESIMPULAN

Metode seleksi penentuan varietas padi gogo toleran dan peka terhadap cekaman Al dapat menggunakan perbandingan bobot kering akar dan pucuk antara kondisi tercekam dengan kondisi tidak tercekam. Secara agronomi padi gogo toleran cekaman Al memperlihatkan pertumbuhan karakter agronomi yang lebih baik. Kemampuan adaptasi varietas padi gogo terhadap cekaman Al terjadi melalui mekanisme fisiologi metabolisme NO_3^- , NH_4^+ , dan Ca^{2+} sebagaimana ditunjukkan oleh perbedaan kadar NO_3^- , NH_4^+ , dan Ca^{2+} antara varietas peka dan toleran. Varietas padi gogo yang dianjurkan untuk budidaya di lahan mineral masam antara lain adalah Pandak Putih, Mulut Harimau, Kuning, Rantau Mudiak Kelabu, Towuti, dan Sedane Tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada DP2M DIKTI, Departemen Pendidikan Nasional yang telah berkenan membiayai penelitian ini berdasarkan Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Kompetensi Tahun Anggaran 2009 No. 279/SP2H/PP/DP2M/V/2009 Tgl 30 Mei 2009. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Sdr. Dr. Ir. Bilman WS dan Ir. Widodo Haryoko, MP serta Rinaldo (mahasiswa bimbingan peneliti) yang telah banyak membantu kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amang, B., M.H. Sawit. 1999. Kebijakan Beras dan Pangan Nasional, Pelajaran dari Orde Baru dan Era Reformasi. Penerbit IPB. Bogor.
- Bilman, W.S. 2008. Modifikasi lingkungan melalui sistem penanaman serta penambahan bahan organik dan zat pengatur tumbuh dalam upaya peningkatan produktivitas padi gogo (*Oryza sativa* L.). Disertasi. Universitas Andalas. Padang.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, R.L. Mitchell. 1991. Fisiologi Tanaman Budidaya. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Hairiah, K., S.R. Utami, D. Suprayoga, D. Widiyanto, S.M. Sitompul, Sunaryo, B. Lusiana, R. Mulia, M. Van Nordwijk, G. Cadisch. 2000. Agroforestri pada Tanah Masam di Daerah Tropika Basah: Pengelolaan Interaksi antara Pohon Tanaman Semusim. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF). Bogor.
- Herawati, R., B.S. Purwoko, I.S. Dewi. 2009. Keragaman genetik dan karakter morfologi galur haploid ganda padi gogo dengan sifat-sifat tipe baru hasil kultur antera. J. Agron. Indonesia 37:87-94.

- Huang, P.M., A. Violante. 1997. Pengaruh asam organik terhadap kristalisasi dan sifat permukaan produk pengendapan Al. hal. 242-331. *Dalam* P.M. Huang, M. Schnitzel (Eds). Interaksi Mineral Tanah dengan Organik Alami dan Mikroba. UGM Press. Yogyakarta.
- Kasim, N. 2000. Eksudasi dan akumulasi asam organik pada beberapa kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) genotipe toleran Al. Thesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kochian, L.V. 1995. Cellular mechanisms of aluminum toxicity and resistance in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 46:237-260.
- Larsen, P.B., J. Degenhardt, C-Y. Tai, L.M. Stenzler, S.H. Howell, L.V. Kochian. 1998. Aluminum-resistant arabidopsis mutants that exhibit altered patterns of aluminum accumulation and organic acid release from roots. *Plant Physiol.* 117:9-18.
- Ma, J.F. 2000. Role of organic acids in detoxification of aluminum in higher plants. *Plant Cell Physiol.* 41:383-390.
- Ma, J.F., S. Taketa, Z.M. Yang. 2000. Al tolerance genes on the short arm of chromosome 3R are linked to organic acid release in tricale. *Plant Physiol.* 122:687-694.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, Second Edition. Acad. Press, London.
- Rengel, Z. 2000. Mineral Nutrition of Crops, Fundamental Mechanisms and Implications. Food Products Press. Binghamton, New York.
- Sopandie, D. 1999. Differential Al tolerance of soybean genotypes related to nitrate metabolism and organic acid exudation. *Comm. Ag.* 5:13-20.
- Utama, M.Z.H. 2008. Mekanisme fisiologi toleransi cekaman aluminium pada spesies legum penutup tanah terhadap metabolisme nitrat, amonium dan nitrit. *Bul. Agron.* 36:175-179.
- Utama, M.Z.H., Y.M. Zen., B. Badal, S. Hidayati. 2005. Eksudasi dan akumulasi asam organik pada spesies legum penutup tanah sebagai mekanisme toleransi terhadap cekaman aluminium. *J. Stigma.* 13:35-40.
- Utama, M.Z.H., W. Haryoko, R. Munir, Sunadi. 2009. Penapisan varietas padi toleran salinitas pada lahan rawa, di Kabupaten Pesisir Selatan. *J. Agron. Indonesia* 37:101-106.
- Takita, E., H. Keyama, T. Hara. 1999. Organic acid metabolism in Al-phosphate utilizing cells of carrot (*Daucus carota* L.). *Plant Cell Physiol.* 40:489-495.
- Zheng, S.J., J.F. Ma, H. Matsumoto. 1998. High aluminum resistance in buckwheat. I. Al-induced specific secretion of oxalic acid from root tips. *Plant Physiol.* 117:745-751.