

Penapisan Galur Haploid Ganda Padi Gogo Hasil Kultur Antera untuk Toleransi terhadap Cekaman Aluminium

Screening of Doubled Haploid Upland Rice Lines Generated from Anther Culture to Aluminum Tolerance

Bakhtiar¹, Bambang S. Purwoko^{2*}, Trikoesoemaningtyas², M.A. Chozin², Iswari Dewi³ dan Mukelar Amir⁴

Diterima 7 Agustus 2006/Disetujui 8 Januari 2007

ABSTRACT

Aluminum (Al) toxicity is one of the most important yield-limiting factors for upland rice grown on acid soils. Since many small farmers may have difficulty in soil liming, the genotypes tolerant to soil acidity and aluminum toxicity should be developed. Anther culture can substantially speed up new variety development through recombination of parental characters in early generations and immediately homozygous lines were upon chromosome doubling. The Doubled haploid (DH) rice lines were screened under both nutrient solution containing either 0 or 45 ppm Al and acid soils containing either low or high-Al saturation. The relative root length (RRL) was determined at 14-day-old stage to characterize genotypes for Al-tolerance in nutrient solution. The relative grain weight (RGW) was determined to characterize genotypes for Al-tolerance in soils conditions. The results of this study indicated that Al reduced root elongation. The differential tolerance for Al among genotypes was found to be highly significant for RRL. Of the 120 genotypes tested, 16, 77 and 27 genotypes were found to be Al-tolerance, moderate and sensitive in term of RRL respectively. KRGM4, JTGR13, JTGR17, JTGR18, JTKR1, JTKR5, GRGM4, GRGM6, GRGM9, GRGM14, GRGM25, GRJT11 and SGJT27 lines were consistently Al-tolerance under both nutrient solution and acid soils. The RRL of doubled haploid upland rice lines in nutrient solutions were strongly correlated with RGW in acid soils.

Key words: Rice, doubled haploid, aluminum tolerance, relative root length, relative grain weight

PENDAHULUAN

Keracunan Aluminium (Al) merupakan kendala utama untuk budidaya padi gogo pada tanah Podsolik Merah Kuning (PMK). Pada tanah PMK dengan pH di bawah 5.5, Al dapat dipertukarkan (Al_{dd}) relatif tinggi sehingga menjadi beracun bagi tanaman (Ma, 2000). Gejala keracunan Al yang pertama nampak adalah adanya kerusakan pada akar. Pemanjangan akar menjadi lebih lambat dan pada tahapan lebih lanjut terjadi kerusakan bagian tajuk akibat kehilangan fungsi akar (Reid, 1976), dengan demikian gejala keracunan Al pada tajuk sulit diamati sebelum gejala pada akar berkembang (Gupta, 1997). Oleh karena itu hambatan pertumbuhan akar sering digunakan untuk mengidentifikasi tanaman toleran Al (Delhaize dan Ryan, 1995).

Penghambatan pertumbuhan akar akibat keracunan Al pada padi telah banyak dilaporkan (Howeler dan Cadavid, 1976; Coronel *et al.*, 1990; Nasution dan Suhartini, 1991; Khatiwada *et al.*, 1996; Rusdiansyah *et al.*, 2001). Akar tanaman yang keracunan Al akan

kelihatan gemuk pendek (*stubby*) dan rapuh (Blum, 1988; Tan *et al.*, 1993), bercabang secara tidak normal, ujung akar tidak karuan dan berwarna coklat serta pembentukan akar-akar adventif banyak terjadi pada leher akar (Reid *et al.*, 1971). Kerusakan struktural dan fungsional akar, mengakibatkan serapan hara dan pengambilan air terganggu sehingga pertumbuhan dan produktivitas tanaman menjadi rendah (Foy *et al.*, 1978).

Kultur antera dapat mempercepat pengembangan varietas baru dengan menghasilkan tanaman haploid yang selanjutnya dapat diinduksi menjadi tanaman haploid ganda yang homozigot. Purwoko *et al.* (2000) telah berhasil membentuk 113 galur haploid ganda hasil persilangan antara beberapa varietas unggul dan aksesori plasma nutfah toleran aluminium. Galur-galur haploid ganda tersebut dapat digunakan sebagai sumber plasma nutfah baru yang sangat strategis untuk pengembangan varietas padi gogo yang dapat beradaptasi pada lahan masam.

Seleksi dengan menggunakan larutan hara merupakan salah satu metode yang relatif cepat dan

¹ Staf Pengajar Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

² Staf Pengajar Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB, Jl. Meranti Kampus IPB, Darmaga, Bogor 16680 Telp/Fax (0251) 629353 (*Penulis untuk korespondensi)

³ Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetika Pertanian, Bogor

⁴ Peneliti Balai Penelitian Tanaman Padi, Muara, Bogor

sederhana untuk mengidentifikasi galur-galur toleran terhadap cekaman aluminium (Reid *et al.*, 1971; Howeler dan Cadavid 1976; Campbell dan Carter, 1990; Coronel *et al.*, 1990). Metode larutan hara dapat digunakan untuk menyeleksi galur dalam jumlah banyak dalam waktu yang singkat yaitu hanya 14 hari saja sudah bisa membedakan tanaman yang toleran dan peka (Jagau, 2000). Adanya perbedaan genetik pertumbuhan akar antar galur maka panjang akar mutlak tidak dapat dijadikan sebagai kriteria seleksi sehingga digunakan panjang akar relatif (PAR) sebagai kriteria seleksi. PAR dapat dihitung dengan cara membagi rataan panjang akar yang ditumbuhkan pada cekaman Al dengan rataan panjang akar yang ditumbuhkan pada tanpa cekaman Al. Howeler dan Cadavid (1976) mendapatkan bahwa PAR berkorelasi dengan hasil biji ($r = 0,64$), sehingga dapat digunakan sebagai kriteria seleksi toleran Al. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan galur padi gogo haploid ganda hasil kultur antera yang toleran, moderat dan peka terhadap cekaman aluminium.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2003 di rumah kaca Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetika Pertanian (BB-BIOGEN), Bogor. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok dengan 4 ulangan.

Bahan tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah 120 genotipe, terdiri atas 113 galur haploid ganda hasil kultur antera, 5 tetua yaitu Krowal, Sigundil, Grogol, Jatiluhur dan Gajah Mungkur serta dua pembandingan yaitu Dupa dan ITA131 masing-masing sebagai pembandingan toleran dan peka Al. Semua galur haploid ganda adalah hasil penelitian Hibah Bersaing kerjasama IPB dan BB-BIOGEN. Tetua dan varietas pembandingan diperoleh dari BB-BIOGEN.

Media tanam yang digunakan pada percobaan kultur hara adalah larutan hara untuk tanaman padi yang diusulkan Yoshida *et al.* (1976). Perlakuan Al terdiri atas dua yaitu tanpa Al dan 45 ppm Al (Jagau, 2000) berupa larutan $AlCl_3$ yang dicampurkan ke dalam larutan Yoshida. pH larutan diatur pada 4.0 ± 0.1 dengan penambahan NaOH 1 N atau HCl 1 N. Setiap pot diisi 2 liter larutan hara dan diberi aerasi supaya Al

dan hara tidak mengendap. Untuk mengganti air yang hilang akibat transpirasi ke dalam media ditambahkan aquades setiap dua hari sekali dengan pH tetap dipertahankan sekitar 4.0 ± 0.1 .

Kecambah normal berumur satu minggu dengan panjang akar seragam dipindahkan ke media percobaan yang ditempatkan pada penyangga *styrofoam* yang diberi lubang dan diapungkan pada larutan hara dalam pot. Setiap pot ditanami 5 kecambah yang dipelihara selama 14 hari di rumah kaca.

Pengamatan dilakukan terhadap panjang akar, tinggi tanaman, bobot kering akar, bobot kering tajuk tanaman pada 14 hst. Data panjang akar digunakan untuk menghitung panjang akar relatif (PAR) = panjang akar pada perlakuan Al/panjang akar tanpa Al. Berdasarkan nilai PAR, genotipe yang diuji dapat dikelompokkan sebagai peka jika $PAR < PAR - 1 SD$; moderat, $PAR - 1 SD > PAR > PAR + 1 SD$; toleran, $PAR > PAR + 1 SD$ (Gambar 1). Rataan PAR setiap genotipe dibandingkan dengan varietas Dupa sebagai pembandingan toleran dengan uji BNT pada taraf 5%.

Genotipe yang moderat dan toleran Al pada kultur hara selanjutnya diuji pada tanah masam. Media tanam yang digunakan adalah tanah Podsolik Merah Kuning yang diambil dari Jasinga dengan pH 4.1 dan kejenuhan Al 68 % untuk perlakuan cekaman Al. Perlakuan tanpa cekaman menggunakan tanah yang sama tetapi ditambahkan kapur setara 1,5 Al_{dd} empat minggu sebelum tanam. Tanaman dipelihara sampai panen. Pengamatan dilakukan terhadap bobot gabah per rumpun pada saat panen, selanjutnya digunakan untuk menghitung nisbah bobot gabah per rumpun (NBGR) = bobot gabah per rumpun pada perlakuan cekaman Al/bobot gabah per rumpun pada perlakuan tanpa cekaman Al. Berdasarkan nilai NBGR, genotipe dikelompokkan menurut Sarkarung (1986).

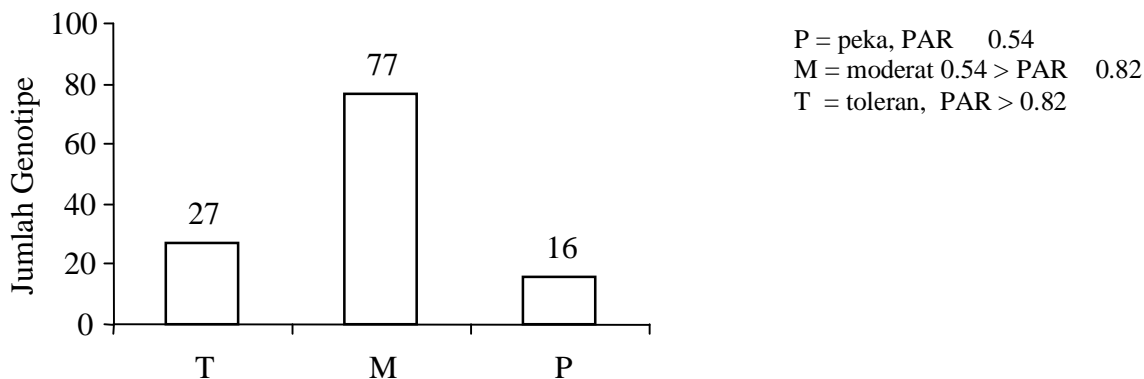
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil sidik ragam pada percobaan kultur hara menunjukkan bahwa panjang akar, panjang tajuk, berat kering akar dan berat kering tajuk dari galur haploid ganda padi gogo asal kultur antera berbeda nyata antar galur (Tabel 1). Oleh karena itu data tersebut tidak bisa

Tabel 1. Kuadrat tengah pengaruh cekaman aluminium terhadap panjang akar, panjang tajuk, berat kering akar dan berat kering tajuk galur haploid ganda padi gogo asal kultur antera

Sumber Keragaman	Kuadrat Tengah			
	Panjang Akar	Panjang Tajuk	Bobot Kering Akar	Bobot Kering Tajuk
Aluminium (A)	8.243.44**	19.237.31**	0.53**	40.65**
Genotipe (G)	99.28**	148.40**	0.02**	0.19**
A x G	12.47**	28.37**	0.00 ^{tn}	0.03**

Keterangan: ** sangat nyata, tn = tidak nyata



Gambar 1. Sebaran 120 genotipe padi gogo menurut tingkat toleransi terhadap cekaman aluminium berdasarkan PAR.

digunakan secara langsung untuk menduga toleransi Al pada galur tersebut. Untuk menghilangkan perbedaan genetik pertumbuhan akar antar genotipe, maka digunakan nilai relatif dari masing-masing sifat yang diamati sebagai kriteria seleksi.

Adanya pengaruh interaksi antara genotipe dan Al mempengaruhi pertumbuhan galur haploid ganda hasil kultur antera (Tabel 1), mengindikasikan bahwa adanya perbedaan tanggapan terhadap Al diantara genotipe yang diuji. Hal ini menyebabkan seleksi galur haploid ganda hasil kultur antera untuk toleransi terhadap cekaman aluminium tidak dapat dilakukan pada lingkungan optimum. Seleksi harus dilakukan pada lingkungan dengan tingkat cekaman yang sesuai agar dapat diperoleh varietas yang beradaptasi baik di lingkungan yang bercekaman (Ceccarelli, 1994)

Perbedaan respon yang nyata terhadap cekaman Al terlihat pada peubah panjang akar. Cekaman Al menyebabkan akar kelihatan lebih pendek dan gemuk, serta akar lebih banyak terbentuk pada leher akar. Oleh karena itu hambatan pemanjangan akar dapat digunakan untuk membedakan genotipe toleran Al.

Hasil pengamatan terhadap panjang tajuk relatif menunjukkan bahwa penurunan panjang tajuk tidak sampai 50%. Nilai panjang tajuk relatif yang terendah adalah 0.58 pada SGJT31 dan yang tertinggi adalah 1.01 pada SGM10, dengan demikian panjang tajuk tidak digunakan sebagai kriteria seleksi dalam penelitian ini.

Pengelompokan genotipe toleran Al berdasarkan nilai PAR pada tanaman padi berbeda-beda antar beberapa peneliti. Khatiwada *et al.* (1996) menyebutkan bahwa pertumbuhan akar pada genotipe peka berkurang lebih dari 50%, yang berarti bahwa pengelompokan hanya ada dua, yaitu toleran dan peka. Nasution dan Suhartini (1991), mengelompokkan menjadi 3 kelompok berdasarkan nilai PAR yaitu toleran jika 0.7, moderat antara 0.69 – 0.62 dan peka 0.61. Wu *et al.* (1997) mengelompokkan menjadi tiga kelompok juga tetapi dengan angka yang berbeda dengan yang dilaporkan Nasution dan Suhartini (1991), yaitu toleran

jika PAR > 0.9, moderat antara 0.7 – 0.9 dan peka jika < 0.7.

Mengingat perbedaan di atas maka, dalam penelitian ini pengelompokan tingkat toleransi tanaman terhadap Al dilakukan berdasarkan penyebaran nilai PAR yang mengikuti pola distribusi normal. Pengelompokan tingkat toleransi Al pada percobaan ini dikelompokkan menjadi 3 kelompok berdasarkan rata-rata dan simpang baku nilai PAR. Sejalan dengan hal tersebut, pengelompokan tingkat toleransi genotipe terhadap cekaman Al adalah sebagai berikut: toleran jika PAR > 0.82, moderat 0.54 > PAR < 0.82 dan peka jika PAR < 0.54 (Gambar 1). Hasil uji BNT pada taraf 5% juga menunjukkan bahwa nilai PAR < 0.54 tidak berbeda nyata dengan PAR pada varietas pembanding peka (Tabel 2), sehingga genotipe dengan PAR < 0.54 dikelompokkan sebagai peka.

Hasil pengukuran terhadap panjang akar varietas pembanding toleran Dupa yang ditumbuhkan pada media tanpa cekaman Al diperoleh rata-rata 23.08 cm, sedangkan pada media cekaman Al (45 ppm Al) diperoleh rata-rata 17.81 cm, sehingga panjang akar relatif (PAR) varietas Dupa sebesar 0.78. Rata-rata panjang akar varietas pembanding peka ITA 131 yang ditumbuhkan pada media tanpa cekaman Al adalah 19.57 cm, sedangkan pada media cekaman Al (45 ppm Al) adalah 7.96 cm, sehingga PAR varietas ITA131 sebesar 0.41.

Berdasarkan kriteria yang disarankan oleh Khatiwada *et al.* (1996) bahwa suatu genotipe dikelompokkan toleran terhadap cekaman Al apabila memiliki PAR > 0.5, maka Dupa tergolong genotipe yang toleran, konsisten dengan yang dilaporkan sebelumnya oleh Jagau (2000) dan Prasetyono (2003) bahwa Dupa termasuk toleran berdasarkan PAR sesuai kriteria Khatiwada *et al.* (1996). Namun demikian dalam penelitian ini, Dupa termasuk moderat dan ITA 131 sebagai genotipe peka.

Hasil seleksi berdasarkan nilai PAR dengan metode larutan hara yang ditambahkan Al disajikan

pada Tabel 2. Dari 120 genotipe yang diuji diperoleh sebanyak 16 genotipe toleran, 77 genotipe moderat dan 27 genotipe peka. Genotipe toleran terdiri atas 15 galur haploid ganda yaitu KRGM4, JTGR2, JTGR13, JTGR16, JTGR17, JTGR18, JTKR1, JTKR5, GRGM4, GRGM6, GRGM9, GRGM14, GRGM25, GRJT11, SGJT27 dan satu tetua, yaitu Grogol. Genotipe moderat terdiri atas 73 galur haploid ganda dan 3 tetua, yaitu Sigundil, Gajah Mungkur dan Krowal serta satu pembanding toleran, yaitu DUPA. Genotipe peka terdiri atas 25 galur haploid ganda dan satu tetua, Jatiluhur dan satu pembanding peka yaitu ITA131. Nilai PAR pada genotipe toleran berkisar antara 0.83 – 1.01 dan pada genotipe moderat 0.55-0.82, dan pada genotipe peka 0.37 - 0.54.

Hasil uji BNT pada taraf 5% terhadap galur haploid ganda yang moderat sampai toleran menunjukkan bahwa ada empat galur haploid ganda yang memiliki nilai PAR nyata lebih tinggi dari varietas pembanding toleran. Galur tersebut adalah KRGM4, JTGR16, GRGM14 dan GRGM6. Keempat genotipe tersebut berasal dari populasi hasil persilangan yang salah satu tetuanya toleran.

Nilai PAR dari 69 galur haploid ganda toleran sampai moderat tidak berbeda nyata dengan pembanding Dupa. Enambelas galur moderat lainnya memiliki PAR nyata lebih rendah dari varietas pembanding DUPA. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat toleransi 69 galur haploid ganda yang moderat tersebut sebanding dengan DUPA dan sisanya lebih rendah dari DUPA.

Tabel 2. PAR galur haploid ganda dan tetua pada umur 14 hari setelah tanam

Galur DH	PAR	Galur DH	PAR	Galur DH	PAR	Galur DH	PAR
KRGM4	1.01*(T)	GRJT42	0.78 (M)	JTGR20	0.68 (M)	GMGR2	0.52*(P)
JTGR16	0.93*(T)	SGJT29	0.78 (M)	GRJT10	0.68 (M)	KRJT3	0.52*(P)
GRGM14	0.92*(T)	GRJT8	0.78 (M)	JTKR7	0.68 (M)	GRJT1	0.51*(P)
GRGM25	0.92*(T)	GRJT14	0.76 (M)	SGJT25	0.67 (M)	GRJT6	0.50*(P)
GRGM6	0.90 (T)	JTGR4	0.76 (M)	SGJT13	0.67 (M)	GRGM15	0.50*(P)
GRGM4	0.90 (T)	GRJT18	0.76 (M)	GMGR3	0.66 (M)	GRJT39	0.49*(P)
GRGM9	0.90 (T)	JTKR6	0.75 (M)	GRJT32	0.66 (M)	SGJT5	0.49*(P)
SGJT27	0.88 (T)	KRGM1	0.75 (M)	GRGM2	0.65 (M)	GRJT17	0.49*(P)
JTGR17	0.87 (T)	SGGM5	0.75 (M)	GRJT22	0.65 (M)	GRJT36	0.48*(P)
JTKR5	0.86 (T)	GRJT16	0.75 (M)	SGJT16	0.65 (M)	SGJT2	0.48*(P)
JTGR18	0.86 (T)	GRJT27	0.75 (M)	SGJT23	0.65 (M)	GRJT47	0.47*(P)
JTKR1	0.85 (T)	GRGM7	0.74 (M)	SGJT17	0.63*(M)	GRJT12	0.46*(P)
GRJT11	0.83 (T)	JTKR3	0.74 (M)	SGJT26	0.63*(M)	GRGM11	0.46*(P)
JTGR13	0.83 (T)	JTGR15	0.74 (M)	SGJT18	0.63*(M)	GRJT33	0.45*(P)
JTGR2	0.83 (T)	GRJT5	0.74 (M)	JTGR3	0.63*(M)	GRGM10	0.45*(P)
SGGM9	0.82 (M)	GRJT25	0.73 (M)	JTGR19	0.62*(M)	GRJT24	0.45*(P)
GRJT4	0.81 (M)	GRJT30	0.73 (M)	SGGM2	0.62*(M)	SGJT12	0.44*(P)
SGJT9	0.81 (M)	SGJT3	0.73 (M)	GMGR1	0.62*(M)	GRJT2	0.41*(P)
SGGM13	0.81 (M)	JTGR10	0.73 (M)	SGGM10	0.61*(M)	SGJT31	0.38*(P)
JTGR7	0.81 (M)	GRJT23	0.73 (M)	SGJT22	0.60*(M)	GRJT49	0.37*(P)
SGJT6	0.81 (M)	GRGM5	0.73 (M)	JTKR8	0.60*(M)		
GRJT28	0.80 (M)	SGJT30	0.72 (M)	GRJT7	0.59*(M)	Tetua	
GRGM12	0.80 (M)	SGJT33	0.72 (M)	GRJT29	0.58*(M)	Grogol	0.85 (T)
SGJT19	0.79 (M)	KRGM3	0.72 (M)	SGJT10	0.56*(M)	Krowal	0.73 (M)
JTGR1	0.79 (M)	JTGR5	0.72 (M)	GRJT31	0.56*(M)	Sigundil	0.71(M)
GMGR5	0.79 (M)	GRGM1	0.72 (M)	GMGR6	0.55*(M)	G.Mungkur	0.70 (M)
SGJT37	0.79 (M)	SGJT11	0.71 (M)	KRJT1	0.54*(P)	Jatiluhur	0.48*(P)
SGJT34	0.79 (M)	GRJT19	0.71 (M)	SGJT21	0.53*(P)	Pembanding	
GRGM3	0.79 (M)	GRJT34	0.70 (M)	GRJT20	0.53*(P)	ITAI31(peka)	0.41
KRGM2	0.78 (M)	SGJT36	0.69 (M)	JTKR2	0.52*(P)	Dupa(toleran)	0.78
SGGM8	0.78 (M)	SGJT28	0.69 (M)	GRJT44	0.52*(P)	BNT	0.13

Keterangan: * berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5% dengan varietas pembanding toleran. T = toleran, M = Moderat dan P = Peka.

Hasil seleksi berdasarkan nilai NBGR pada percobaan pot disajikan pada Tabel 3. Sebanyak 85 galur haploid ganda toleran dan moderat berdasarkan PAR, dievaluasi kembali pada media tanah masam. Hasil seleksi berdasarkan NBGR, diperoleh sebanyak 34 sangat toleran, 15 toleran, 7 agak toleran, 9 agak peka, 7 peka dan 13 sangat peka. Genotipe toleran lebih banyak diperoleh pada seleksi tahap ini akibat bahan tanam yang digunakan telah diseleksi sebelumnya pada kultur hara. Varietas pembanding DUPA termasuk sangat toleran dan pembanding ITA131 termasuk agak peka.

Sebanyak 13 dari 15 galur haploid ganda toleran berdasarkan PAR, ternyata sangat toleran berdasarkan NBGR. Galur-galur tersebut adalah KRGM4, JTGR13, JTGR17, JTGR18, JTKR1, JTKR5, GRGM4, GRGM6, GRGM9, GRGM14, GRGM25, GRJT11 dan SGJT27, sisanya JTGR2 termasuk toleran tetapi tidak berbeda nyata dengan pembanding toleran. Galur JTGR16 termasuk agak peka dan tingkat toleransinya nyata lebih rendah dari pembanding toleran (Tabel 3).

Genotipe moderat dan toleran Al diduga karena memiliki kemampuan untuk mencegah Al agar tidak menyeberangi membran plasma dan masuk ke simplas serta tempat-tempat lain yang peka terhadap Al di sitoplasma ujung akar. Kemungkinan hal ini dapat

terjadi dengan peningkatan pH rhizosfer atau apoplas dan pelepasan ligan pengkelat Al (Kochian, 1995; Taylor, 1988).

Hasil pengukuran pH pada setiap dua hari sekali menunjukkan bahwa perubahan pH pada media sedikit berbeda antara genotipe toleran dan genotipe peka. Perubahan pH pada genotipe toleran lebih tinggi dibandingkan dengan genotipe peka. Pada genotipe toleran terjadi peningkatan pH media berkisar 0.1 sampai 0.3, sedangkan pada genotipe peka ada yang tidak terjadi perubahan, ada yang terjadi peningkatan dari 0.1 sampai 0.2 bahkan ada yang terjadi penurunan pH 0.1 sampai 0.2. Dengan demikian galur haploid ganda padi gogo hasil kultur antera yang toleran Al diduga mampu menaikkan pH di sekitar daerah perakaran sehingga terhindar dari keracunan Al.

Perubahan pH rhizosfer ini berhubungan erat dengan kemampuan tanaman dalam menyerap NO_3^- dan NH_4^+ . Penyerapan NO_3^- dalam jumlah besar menyebabkan terjadinya pelepasan ion hidroksil (OH^-) atau ion bikarbonat (HCO_3^-) ke rhizosfer. Genotipe toleran menyerap NH_4^+ lebih lambat sehingga menginduksi peningkatan pH rhizosfer dan menekan kalarutan Al. Sedangkan genotipe peka menyerap NH_4^+ dengan cepat dan pH rhizosfer menjadi rendah (Haynes, 1990; Taylor, 1988). Peningkatan pH di sekitar

Tabel 3. Nisbah bobot gabah per rumpun galur haploid ganda pada percobaan media tanah masam

Galur DH	NBGR	Galur DH	NBGR	Galur DH	NBGR	Galur DH	NBGR
JTGR18	96.81 (ST)	JTGR7	91.10 (ST)	KRGM3	83.85 (T)	SGJT17	59.50*(P)
SGJT34	96.51 (ST)	GMGR5	91.07 (ST)	GRGM1	83.69 (T)	SGJT18	57.71*(P)
GRGM14	95.82 (ST)	SGJT27	91.00 (ST)	KRGM1	82.94 (T)	SGJT11	56.85*(P)
GRGM6	95.77 (ST)	GRJT14	90.90 (ST)	JTKR7	82.73 (T)	SGJT22	53.83*(P)
GRGM9	95.49 (ST)	SGJT3	90.84 (ST)	SGJT29	80.50 (T)	GRJT22	52.54*(P)
SGJT28	94.29 (ST)	GRJT23	90.79 (ST)	GRGM5	79.09 (AT)	SGJT10	50.81*(P)
SGJT6	94.04 (ST)	SGJT9	90.76 (ST)	GRJT34	75.47*(AT)	GMGR6	49.61*(SP)
GRJT19	93.92 (ST)	GRGM25	90.64 (ST)	GRGM3	75.13*(AT)	GMGR1	49.49*(SP)
JTGR1	93.65 (ST)	JTGR15	90.27 (ST)	JTKR3	73.37*(AT)	GMGR3	45.11*(SP)
GRJT18	93.17 (ST)	GRJT25	90.12 (ST)	SGJT37	72.81*(AT)	GRGM2	44.19*(SP)
GRJT11	92.72 (ST)	GRJT27	90.11 (ST)	JTGR4	72.45*(AT)	SGGM2	41.11*(SP)
GRJT4	92.61 (ST)	JTGR13	90.02 (ST)	GRJT5	70.29*(AT)	JTKR8	40.43*(SP)
SGGM9	91.93 (ST)	SGJT36	89.78 (T)	JTGR5	69.71*(AP)	SGGM10	38.46*(SP)
GRJT28	91.88 (ST)	GRGM12	89.73 (T)	GRJT10	68.97*(AP)	GRJT29	26.18*(SP)
SGJT19	91.80 (ST)	SGGM8	89.40 (T)	JTGR3	68.53*(AP)	SGJT13	24.85*(SP)
GRGM4	91.78 (ST)	SGJT30	88.43 (T)	GRJT8	67.84*(AP)	SGJT16	19.60*(SP)
JTKR5	91.76 (ST)	SGJT33	88.30 (T)	SGJT25	67.64*(AP)	GRJT31	19.27*(SP)
GRJT42	91.63 (ST)	GRJT16	87.18 (T)	JTKR6	66.36*(AP)	JTGR19	18.88*(SP)
JTKR1	91.62 (ST)	SGGM5	86.75 (T)	SGJT23	62.36*(AP)	GRJT32	17.47*(SP)
SGGM13	91.53 (ST)	JTGR10	86.69 (T)	GRJT7	61.30*(AP)	Pembanding	
JTGR17	91.36 (ST)	GRGM7	84.92 (T)	JTGR16	60.68*(AP)	ITA131(peka)	62.12
KRGM4	91.13 (ST)	JTGR2	84.37 (T)	KRGM2	59.96*(P)	Dupa(toleran)	94.68

Keterangan: * berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5% dengan varietas pembanding toleran., ST= sangat toleran, T = toleran, AT= agak toleran, AP = agak peka, P = Peka dan SP = sangat peka.

perakaran mengakibatkan polimerisasi Al menjadi bentuk yang kurang beracun, terbentuknya $\text{Al}(\text{OH})_3$ pada pH mendekati netral dan pengendapan Al sebagai $\text{Al}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4$ (Taylor, 1988) sehingga menurunkan kelarutan dan keracunan Al bagi tanaman. Dengan demikian aktivitas Al menurun sebelum kontak dengan tempat-tempat metabolisme yang peka di dalam akar (Foy dan Fleming, 1978).

Hambatan pemanjangan akar pada genotipe peka diduga karena adanya hambatan pembesaran dan pembelahan sel. Coronel *et al.* (1990) melaporkan bahwa pada padi peka, Al cenderung diakumulasi pada akar di dalam sel epidermis dan korteks tetapi hampir tidak dijumpai di dalam sistem pembuluh. Al juga dijumpai terakumulasi pada dinding sel akar yang berikatan dengan gugus karboksil dari matriks pektin. Hal ini membuat matriks menjadi rigid dan menghambat pembesaran sel, sehingga pemanjangan akar terhambat akibat adanya hambatan pembelahan dan pemanjangan sel. Ma *et al.* (2004) melaporkan bahwa Al dapat menurunkan viskositas dan elastisitas dinding sel akar secara nyata yang terlibat dalam penghambatan pertumbuhan akar.

Hasil seleksi toleransi Al dengan menggunakan media larutan hara dan media tanah masam menunjukkan adanya konsistensi yang relatif tinggi. Hal ini dibuktikan dengan adanya korelasi positif dan sangat nyata antara PAR pada media larutan hara dan NBGR pada media tanah masam ($r = 0.69$). Hasil ini sejalan dengan beberapa hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan adanya korelasi antara PAR dan hasil biji (Howeler dan Cadavid, 1976).

Penggunaan PAR pada seleksi dengan menggunakan media larutan hara sangat efektif sebagai kriteria seleksi untuk penapisan padi toleran Al. Selain ketepatannya yang relatif tinggi, metode tersebut mudah dilakukan, tidak memerlukan jumlah benih yang banyak, dan waktu yang diperlukan hanya 3 minggu serta dapat menyeleksi galur dalam jumlah banyak. Kelemahan seleksi dengan metode larutan hara adalah cekaman Al hanya terjadi selama beberapa 14 hari, sehingga hanya berpengaruh terhadap pembelahan dan pemanjangan sel akar, sementara pengaruhnya terhadap pertumbuhan tajuk tanaman belum dapat diamati.

Penapisan dengan menggunakan media tanah masam dapat dilakukan pada tahapan seleksi lebih lanjut dengan jumlah genotipe yang lebih sedikit untuk menghindari bias akibat adanya faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman selain cekaman Al. Cekaman Al pada media tanah masam terjadi sejak tanaman tanam sampai panen, sehingga cekaman Al berpengaruh terhadap pertumbuhan akar, pengambilan hara dan air serta pertumbuhan tajuk dan biji. Wu *et al.* (2000) melaporkan bahwa ekspresi gen toleran Al pada padi tergantung perkembangan tanaman, sehingga seleksi toleransi Al dengan metode larutan hara tidak akan menjamin tanaman toleran akan

tetap toleran di pada tanah masam. Hal ini menyebabkan ada beberapa galur toleran Al pada media larutan hara menjadi peka pada media tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ditjen Pendidikan Tinggi atas pembiayaan penelitian ini melalui Hibah Bersaing kepada Bambang S. Purwoko.

KESIMPULAN

Berdasarkan nilai PAR, 113 galur haploid ganda yang dievaluasi terbagi ke dalam tiga kelompok berturut-turut 15 galur toleran, 73 galur moderat dan 25 galur peka terhadap Al. Galur KRG4, JTGR13, JTGR17, JTGR18, JTKR1, JTKR5, GRGM4, GRGM6, GRGM9, GRGM14, GRGM25, GRJT11 dan SGJT27 toleran berdasarkan PAR dan sangat toleran berdasarkan NBGR. Terdapat korelasi yang positif dan nyata antara PAR dan NBGR. Galur haploid ganda hasil kultur anther yang tergolong toleran sampai moderat dapat diteruskan dalam seleksi di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress Environments. CRC Press. Boca Raton. 223p.
- Campbell, K.A.G., T.E. Carter. 1990. Aluminum tolerance in soybean: I. Genotypic correlation and repeatability of solution culture and greenhouse screening methods. *Crop Sci.* 30: 1049-1054.
- Ceccarelli, S. 1994. Specific adaptation and breeding for marginal conditions. *Euphytica.* 77:205-219.
- Coronel, V.P., S. Akita, S. Yoshida. 1990. Aluminum toxicity tolerance in rice (*Oryza sativa* L) seedlings. *In: Van Beusichem, M.L. (ed). Plant Nutrition-Physiology and Application.* Kluwer Acad Publ. The Netherlands. p. 357-373.
- Delhaize, E., P.R. Ryan. 1995. Aluminum toxicity and tolerance in plants. *Plant Physiol.* 107: 315-321.
- Foy, C.D., R.L. Chaney, M.C. White. 1978. The physiology of metal toxicity in plant. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 29: 511-566.
- Foy, C.D., A.L. Fleming. 1978. The physiology of plant tolerance to excess available aluminum and manganese in acid soils. *In: Jung, G.A., M. Stelly, D.M. Kral, J.H. Nauseef (eds). Crop Tolerance to*

- Suboptimal Land Conditions. Am. Soc. Agron. Madison. Wisconsin. p.301-328.
- Gupta, U.S. 1997. Crop Improvement: Stress Tolerance. Vol 2. Sci. Publ. New Hampshire.303p.
- Haynes, R.J. 1990. Active ion uptake and maintenance of cation-anion balance: a critical examination of their role in regulating rhizosphere pH. *Plant Soil* 126: 247-264.
- Howeler, R.H., L.V. Cadavid. 1976. Screening of rice cultivar for tolerance to Al-toxicity in nutrient solution as compared with a field screening method. *Agron. J.* 68: 551-555.
- Jagau, Y. 2000. Fisiologi dan pewarisan sifat efisiensi nitrogen dalam keadaan tercekam Al pada padi gogo. (Disertasi). Program Pascasarjana. IPB. Bogor.
- Khatiwada, S.P., D. Senadhira, A.L. Carpena, R.S. Zeigler, P.G. Fernandez. 1996. Variability and genetics of tolerance for aluminum toxicity in rice. *Theor. Appl. Genet.* 93: 738-744.
- Kochian, L.V. 1995. Cellular mechanisms of aluminum toxicity and resistance in plant. *Annu. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol.* 46: 273-260.
- Ma, J.F. 2000. Role of organic acids in detoxification of aluminum in higher plants. *Plant Cell Physiol.* 41(4):383-390.
- Ma, J.F., R. Shen, S. Nagao, E. Tanimoto. 2004. Aluminum targets elongating cells by reducing cell wall extensibility in wheat roots. *Plant Cell Physiol.* 45(5):583-589.
- Nasution, I., T. Suhartini. 1991. Evaluasi metode uji ketahanan kultivar padi gogo terhadap tanah masam. *Dalam: Machmud, M., M. Kosim, L. Gunarto (eds). Prosiding Lokakarya Penelitian Komoditas dan Studi Khusus. Puslitbang. Jakarta.* p. 65-80.
- Prasetyono, J. 2003. Identifikasi marka mikrosatelit yang terpaut dengan sifat toleransi terhadap keracunan aluminium pada padi persilangan Dupa x ITA131. (tesis). Program Pascasarjana. IPB. Bogor.
- Purwoko, B.S., I. Hanarida, I.S. Dewi, E. Santosa. 2000. Penggunaan poliamin untuk meningkatkan regenerasi tanaman hijau pada kultur antera padi dan aplikasinya dalam program pemuliaan padi. Laporan Hibah Bersaing VIII/I, Depdiknas 23p.
- Reid, D.A. 1976. Aluminum and manganese toxicities in the cereal grains. *In: Wright, M.J. (ed). Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils.* Beltsville, Maryland. p. 55-64.
- Reid, D.A., A.L.Feming, C.D.Foy. 1971. A method for determining aluminum response of barley in nutrients solution in comparison to response in Al-toxic soil. *Agron J.* 63: 600-603.
- Rusdiansyah, N. Rohaeni, Trikoesoemaningtyas. 2001. Evaluasi beberapa kultivar padi gogo asal Kalimantan Timur untuk ketahanan terhadap aluminium menggunakan metode kultur hara. *Bul. Agron* 29 (3): 73-77.
- Sarkarung, S. 1986. Screening upland rice for aluminum tolerance and blast disease. *In: Progress Report in Upland Rice Research. IRRI, Los Banos.* p.271-281.
- Tan, K., W.G. Keltjens, G.R. Findenegg. 1993. Aluminum toxicity with sorghum genotypes in nutrient solution and its amelioration by magnesium. *J. Plant Nutr.* 155:81-86.
- Taylor, G.J. 1988. The physiology of aluminum tolerance. *In: Singel, H., A. Singel (eds). Metal Ions in Biological System Vol 24. Aluminum and Its Role in Biology.* Marcel Dekker. New York. p.165-198.
- Wu, P., B. Zhao, J. Yan, A. Luo, Y. Wu, D. Senadhira.1997. Genetic control of tolerance to aluminum toxicity in rice. *Euphytica.* 97: 289-293.
- Wu, P., C.Y. Liao, B. Hu, K.K. Yi, W.Z. Jin, J.J. Ni, C. He. 2000. QTLs and epistasis for aluminum tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) at different seedling stages. *Theor. Appl. Genet.* 100: 1295-1303.
- Yoshida, S., D.A. Forno, J.H. Cock, K.A. Gomez. 1976. Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice 3rd edition IRRI. Los Banos, Philippines. 83p.