

Pewarisan Karakter Toleransi Aluminium Tanaman Sorgum Manis [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] pada Stadia Bibit

Inheritance of Aluminum Tolerance of Sweet Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] at Seedling Stage

Isnaini^{1*}, Trikoesoemaningtyas² dan Desta Wirnas²

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Riau

²Program Studi Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor

Diterima 25 November 2014/Disetujui 23 Desember 2014

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi mengenai pewarisan sifat toleransi Al pada tanaman sorgum manis pada stadia bibit dengan metode kultur hara. Percobaan dimulai dengan pembentukan populasi melalui persilangan antara tetua peka cekaman Al (UPCA S1) dan tetua toleran cekaman Al (Numbu) sejak bulan Juni 2008-Juli 2009 di KP Cikabayan, *University Farm* (UF) IPB. Studi pewarisan sifat toleransi Al pada karakter stadia bibit pada kondisi tercekam Al dengan menggunakan metode kultur hara, dilakukan rumah kaca KP Cikabayan, UF IPB sejak bulan Juli 2009-Agustus 2009. Sebaran frekuensi genotipe F2 menunjukkan bahwa semua karakter pengendali toleransi tanaman sorgum terhadap cekaman Al bersifat poligenik. Semua karakter toleransi Al yang berhubungan dengan stadia bibit yaitu panjang akar, bobot kering akar dan bobot kering tajuk dikendalikan aksi gen aditif dengan pengaruh gen epistasis komplementer kecuali pada karakter panjang tajuk yang memiliki aksi gen aditif dengan pengaruh gen epistasis duplikatif. Nilai heritabilitas arti luas untuk semua karakter toleransi Al yang berhubungan dengan pertumbuhan akar cekaman Al tergolong sedang hingga tinggi sehingga metode seleksi yang dapat digunakan dalam seleksi galur sorgum dengan toleransi terhadap Al dapat menggunakan metode *pedigree* sebagai metode seleksi yang paling efektif.

Kata kunci: *kultur hara, sorghum, pewarisan karakter kuantitatif, toleransi Al*

ABSTRACT

The objective of this research was to study the inheritance of Al tolerance of sweet sorghum at seedling stage. The four populations in this research were UPCA S1 (P1, susceptible parent) and Numbu (P2, tolerant parent), F1 and F1 reciprocal and F2. The crosses of parental, F1, F1R and F2 generation were grown in University Farm of IPB and UPTD Tenjo from June 2008 to June 2009. The study of Al tolerance inheritance in nutrient solution was conducted in green house of University Farm of IPB from July-August 2009. Based on reciprocal analysis, all of characters are controlled by nuclear genes and their inheritance is not affected by maternal cytoplasm. The distribution of F2 genotype indicated continuous with skewness which indicate that all characters are polygenics. All characters of Al tolerance in seedling stage i.e. root length, root and shoot dry weight were controlled by additive gene action with contribution by complementary epistasis gene except shoot length that is controlled by additive gene action with duplicate epistasis gene. All characters had broad sense heritability from medium to high. Based on heritability value, pedigree selection is the most effective selection method in breeding program for sorghum tolerance to Al.

Keywords: *nutrient solution, sorghum, inheritance, quantitative traits, Al tolerance*

*Penulis korespondensi, e-mail : isnaini.bakrie@gmail.com

PENDAHULUAN

Sorgum memiliki daya adaptasi agroekologi yang luas, tahan terhadap kekeringan, produksi tinggi, kebutuhan input lebih sedikit dan tahan terhadap organisme pengganggu dibanding tanaman pangan lain (Hoeman, 2007). Sorgum dapat tumbuh di dataran rendah hingga dataran tinggi sampai 1500 m di atas permukaan laut di daerah tropis atau subtropis. Tanaman sorgum memiliki toleransi tinggi terhadap kekeringan dan kondisi iklim yang berbeda-beda (FAO, 2002; Hoeman, 2007). Selain itu tanaman sorgum memiliki toleransi terhadap cekaman abiotik dan dapat dibudidayakan dengan hasil yang cukup baik.

Sorgum manis ideal untuk dikembangkan di Indonesia karena tanaman ini mempunyai kesesuaian yang tinggi di lahan kering. Lahan kering di Indonesia mencapai luas 144 juta hektar, namun baru sekitar 55.6 juta hektar atau sekitar 29.4% yang telah digunakan sebagai lahan pertanian (BPS 2007). Berdasarkan bentuk wilayah sekitar 31.5 juta ha merupakan lahan kering dengan topografi yang datar dan berombak dengan kemiringan lereng <8% dan sesuai untuk dibangun pertanaman sorgum. Kendala yang dihadapi dalam pemanfaatan lahan kering di Indonesia adalah sebagian besar dari total lahan kering tersebut merupakan tanah yang bereaksi masam (Hidayat dan Mulyani, 2002).

Menurut Marschner (1995), terdapat dua model pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi tanah marjinal yaitu dengan pendekatan bermasukan tinggi melalui penerapan agroteknologi seperti pengapuran dan pemupukan, serta dengan pendekatan bermasukan rendah melalui program pemuliaan tanaman yang diarahkan untuk mendapatkan varietas yang adaptif. Bellon (2001) menyatakan bahwa penggunaan varietas toleran Al merupakan pilihan terbaik dalam mengatasi permasalahan keracunan Al karena pengapuran terlalu mahal dan tidak efektif dalam mengatasi kemasaman tanah pada lapisan tanah yang lebih dalam. Keberhasilan program pemuliaan untuk memperoleh varietas yang mampu beradaptasi terhadap cekaman Al ditentukan oleh pemilihan metode pemuliaan yang tepat sehingga kegiatan pemuliaan dapat menjadi efektif dan efisien. Dalam upaya tersebut perlu diketahui informasi mengenai kendali genetik karakter-karakter yang akan diperbaiki (Roy, 2000; Chahal dan Gosal, 2003).

Program pemuliaan sorgum toleran Al diawali dengan pembentukan populasi dasar dengan variasi genetik yang tinggi sebagai bahan pemuliaan. Populasi dasar yang memiliki variasi genetik tinggi akan memberikan respon yang baik terhadap seleksi karena akan memberikan peluang besar untuk mendapatkan genotipe dengan gabungan sifat-sifat yang diinginkan. Kegiatan selanjutnya adalah menyeleksi galur-galur atau varietas-varietas dari koleksi yang dimiliki untuk memperoleh galur atau varietas sorgum yang toleran Al. Seleksi pada sorgum akan menunjukkan kemajuan genetik yang tinggi jika sifat yang dilibatkan

dalam seleksi mempunyai heritabilitas yang tinggi. Jika nilai heritabilitas tinggi, sebagian besar variasi fenotipe disebabkan oleh variasi genetik, maka seleksi akan memperoleh kemajuan genetik (Bernardo, 2002). Seleksi terhadap sifat yang mempunyai nilai heritabilitas tinggi dapat dilakukan pada generasi awal, sedangkan untuk sifat yang menunjukkan nilai heritabilitas rendah, seleksi dilakukan pada generasi akhir (Zen, 1995). Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi mengenai pewarisan sifat toleransi Al pada tanaman sorgum manis pada stadia bibit.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan tanaman yang digunakan pada pewarisan karakter toleransi Al pada stadia bibit varietas UPCA S1 dan Numbu, masing-masing sebagai tetua peka dan toleran terhadap cekaman Al, F1/F1R dan F2 hasil persilangan kedua tetua.

Pembentukan populasi F1, F1R dan F2 dilakukan di Kebun Percobaan (KP) Cikabayan *University Farm* IPB dan Kebun UPTD Lahan Kering Tenjo, Dinas Pertanian dan Kehutanan Kabupaten Bogor dari bulan Juni 2008 sampai Juli 2009. Penelitian studi pewarisan toleransi Al karakter stadia bibit di kultur hara dilakukan di Rumah Kaca KP Cikabayan *University Farm* IPB dari bulan Juli-Agustus 2009.

Studi pewarisan karakter toleransi Al pada stadia bibit di kultur hara dilakukan menggunakan bahan tanaman yang terdiri dari 20 tanaman P1, 20 tanaman P2, 20 tanaman F1, 20 tanaman F1R dan 120 tanaman F2. Benih sorgum dikecambahkan terlebih dahulu pada media sekam bakar steril lembab. Setelah kecambah memiliki 2 lembar daun dengan panjang akar yang seragam dipindahkan ke media larutan hara Steinberg yang telah dimodifikasi (Ohki 1987). Komposisi larutan hara yang digunakan ditampilkan dalam Tabel 1. Konsentrasi Al yang digunakan 148 μM . pH larutan diatur pada kisaran 4.0 dengan menggunakan 1.0 M HCl atau 1.0M NaOH. Batang kecambah tersebut dibalut dengan gabus busa lunak kemudian dimasukkan ke lubang-lubang styrofoam yang telah disiapkan dan diapungkan pada larutan hara dalam pot.

Pengukuran dan penyesuaian pH dilakukan setiap hari dan diberi aerasi supaya Al dan hara tidak mengendap. Air yang hilang akibat transpirasi diganti dengan menambahkan aquades setiap hari dengan pH tetap dipertahankan sekitar 4.0 ± 0.1 dengan penambahan 1.0 M HCl atau 1.0M NaOH. Pemanenan dilakukan pada hari ke 14 saat tanaman mencapai fase pertumbuhan lima daun (tahap dua). Tanaman dipanen dan dikeringkan dengan oven pada suhu 60 °C selama 2 x 24 jam kemudian ditimbang berat keringnya.

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan pada karakter panjang akar (cm), panjang tajuk (cm), bobot kering akar (gram), bobot kering tajuk (gram), nisbah panjang tajuk/akar (%) dan nisbah bobot kering

tajuk/akar (%).

Analisis data yang diperoleh dari kedua percobaan meliputi pengujian keberadaan pengaruh tetua betina, uji kenormalan sebaran data dan frekuensi genotipe generasi F2, analisis komponen ragam dan perhitungan nilai heritabilitas arti luas.

Keberadaan pengaruh tetua betina pada pewarisan sifat toleransi Al sorgum dilakukan dengan membandingkan nilai tengah dari generasi F1 dan resiprokalnya dengan menggunakan uji t. Jika terdapat perbedaan nyata di antara F1 dengan F1R berarti terdapat pengaruh tetua betina. Jika tidak terdapat pengaruh tetua betina, maka kedua generasi hasil persilangan dapat digabung dalam analisis selanjutnya.

Uji kenormalan sebaran data dan frekuensi genotipe generasi F2 dilakukan untuk masing-masing karakter menggunakan uji kenormalan Shapiro-Wilk. Apabila distribusi sebaran F2 kontinu maka pewarisan karakter tersebut kuantitatif (poligenik) sedangkan apabila distribusi sebaran F2 tidak kontinu maka pewarisan sifat tersebut bersifat kualitatif. Kenormalan data dilihat dari nilai kemenjuluran (*skewness*) dan *kurtosis*. Uji normalitas dan penyebaran setiap karakter serta kriteria penyebarannya berpedoman pada kriteria yang diterangkan Roy (2000).

Pendugaan komponen genetik meliputi pendugaan nilai komponen ragam yaitu ragam fenotipe (σ_p^2), ragam lingkungan (σ_e^2), ragam genetik (σ_g^2) dan Koefisien Keragaman Genetik (KKG). Hasil pendugaan komponen ragam genetik digunakan untuk menduga heritabilitas arti luas (*broad sense heritability*). Nilai heritabilitas dikategorikan tinggi bila $h^2_{bs} > 50\%$; sedang bila h^2_{bs} terletak antara 20%-50%; dan rendah bila $h^2_{bs} < 20\%$ (Mangundidjojo, 2003).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keberhasilan program pemuliaan untuk memperoleh varietas yang mampu beradaptasi terhadap cekaman Al

ditentukan oleh pemilihan metode pemuliaan yang tepat sehingga kegiatan pemuliaan dapat menjadi efektif dan efisien. Untuk itu diperlukan informasi mengenai kendali genetik karakter pengendali toleransi Al. Informasi tersebut diperoleh melalui pewarisan toleransi tanaman sorgum terhadap keracunan Al baik karakter agronomi maupun karakter-karakter penunjang lainnya. Pewarisan karakter pada stadia bibit yang dilakukan dalam media kultur hara dengan kondisi tercekam Al bertujuan untuk mengetahui pewarisan toleransi terhadap cekaman Al pada karakter pertumbuhan akar. Pelaksanaan percobaan pada lingkungan yang bercekaman diharapkan supaya gen-gen pengendali toleransi Al pada sorgum akan terekspresi (Wallace dan Yan, 1998).

Hasil pengamatan pada penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman UPCA S1 sebagai tetua peka pada kondisi tercekam Al memiliki performa tajuk yang pendek, daun kecil dan meruncing (tajam) serta akar yang pendek berwarna merah dan tebal, sedangkan Numbu sebagai tetua toleran, memiliki performa tajuk tumbuh normal, daun berbentuk pita dengan akar yang panjang, berwarna putih dan rimbun (Gambar 1). Populasi F1 dan F1R memiliki penampilan tajuk yang tumbuh normal, berdaun seperti pita dengan akar yang panjang, berwarna kemerahan dan agak menebal (Gambar 1).

Nilai tengah dari masing-masing generasi ditampilkan pada Tabel 1. Numbu memiliki nilai tengah yang lebih tinggi dibandingkan dengan UPCA S1 pada semua karakter fase bibit. Populasi F1 memiliki nilai tengah yang berada di antara kedua tetua.

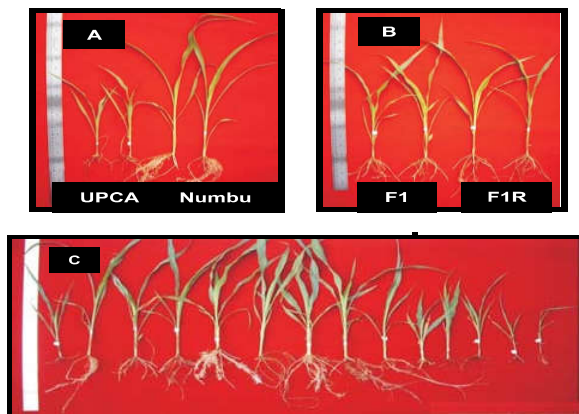
Dari total 120 tanaman F2 yang diamati terdapat keragaman baik pada penampilan akar maupun tajuk (Gambar 1). Individu yang toleran memiliki tajuk dan akar yang menyerupai tetua toleran (Numbu) yaitu tajuk tumbuh normal, daun berbentuk pita dengan akar yang panjang, putih dan rimbun, sedangkan individu yang peka memiliki penampilan menyerupai tetua peka (UPCA S1). Beberapa individu pada generasi F2 juga memperlihatkan penampilan tajuk dan akar yang melebihi tetua toleran.

Tabel 1 Rata-rata Tetua UPCA S1 (P1), Numbu (P2), Generasi F1, Generasi F1R dan F2 Hasil Persilangan Sorgum Varietas UPSA-S1 dan Numbu pada Cekaman Aluminium di Kultur Hara

Karakter	Rata-rata UPCA S1	Rata-rata Numbu	Rata-rata F1	Rata-rata F1R	Rata-rata F2
Panjang Tajuk (cm)	23.48 ±2.77	41.75 ±5.17	36.63 ±6.63	36.850 ±5.5	38.10 ±9.28
Panjang Akar (cm)	7.45 ±2.49	17.09 ±3.21	15.74 ±5.03	16.250 ±5.2	16.62 ±8.28
Bobot Kering Tajuk (g)	0.10 ±0.02	0.24 ±0.10	0.20 ±0.09	0.197 ±0.1 ^{tn}	0.32 ±0.18
Bobot Kering Akar (g)	0.04 ±0.01	0.07 ±0.03	0.09 ±0.09	2.430 ±0.03 ^{tn}	0.10 ±0.04
Nisbah Tajuk/Akar	3.41 ±0.97	2.52 ±0.57	2.52 ±0.73	0.075 ±0.6 ^{tn}	2.71 ±1.09
Nisbah Bobot Tajuk/Akar	2.75 ±0.35	3.44 ±0.58	2.71 ±0.61	2.576 ±0.4 ^{tn}	3.48 ±2.82

Keterangan: tn = tidak nyata pada taraf 5% uji-t terhadap rata-rata F1

Individu yang peka diidentifikasi dari penampilan tajuk yang tidak tumbuh normal. Marschner (1995) menjelaskan pada kondisi tercekam kemasaman, pertumbuhan tajuk akan terhambat yang ditunjukkan oleh pertumbuhan yang kerdil. Hal ini disebabkan oleh terhambatnya serapan hara dan air karena kerusakan akar yang terhambat. Individu sorgum yang peka memiliki akar yang pendek dan tebal. Penelitian Delhaize *et al.* (1993) pada tanaman gandum di kultur hara menunjukkan bahwa cekaman Al menyebabkan penurunan pertumbuhan akar hingga 50%. Keragaman lain yang terjadi pada beberapa individu F2 adalah individu yang memiliki penampilan tajuk menyerupai tetua toleran dengan akar rimbun tetapi dengan warna akar yang merah (menyerupai tetua UPCA S1). Kerusakan akar akibat cekaman Al juga disebabkan terjadinya penebalan ujung akar dan akar cabang. Penelitian Caniato *et al.* (2007) memperlihatkan bahwa aktivitas Al menyebabkan pertumbuhan akar sorgum terhambat hingga 30% untuk tetua toleran dan mencapai 45% pada populasi bersegregasi sorgum yang digunakan.



Gambar 1. Penampilan kedua tetua, UPCA S1 (P1) dan Numbu (P2) (A); Penampilan F1/F1 Resiprok (B) dan Penampilan beberapa generasi F2 (C) hasil persilangan sorgum Varietas UPCA S1 dan Numbu pada cekaman Al di kultur hara.

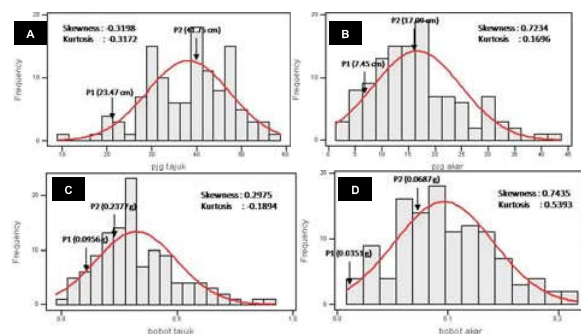
Berdasarkan hasil uji-t, tidak terdapat perbedaan antara F1 dengan resiproknya dari semua karakter yang diamati sehingga dapat dinyatakan bahwa tidak terdapat pengaruh tetua betina pada karakter-karakter tersebut (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa keenam karakter pada percobaan kultur hara dikendalikan oleh gen-gen yang terdapat pada inti sel dan pewarisannya tidak dipengaruhi oleh gen-gen pada sitoplasma tetua betina. Pada karakter yang dikendalikan oleh gen sitoplasma, F1 hasil persilangan berbeda dengan F1 hasil persilangan resiprokalnya. Apabila suatu karakter dikendalikan oleh gen-gen yang terdapat pada inti sel maka F1 hasil persilangan akan sama dengan F1 hasil persilangan resiprokalnya dan dalam perhitungan data selanjutnya F1 dan F1R dapat digabung.

Penelitian Eticha *et al.* (2005) juga menemukan tidak terdapat pewarisan sitoplasmik pada populasi F1 dan

resiprok jagung pada studi pewarisan toleransi Al di media kultur hara. Hal serupa juga ditemukan dalam penelitian tanaman padi mengenai pewarisan sifat efisiensi K dan pewarisan sifat efisiensi N dalam keadaan tercekam Al di kultur hara (Trikoesoemaningtyas, 2002; Jagau, 2000).

Grafik analisis sebaran F2 memperlihatkan bahwa semua karakter pada fase bibit bersifat kontinyu (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa semua karakter pada percobaan ini dikendalikan oleh banyak gen atau bersifat poligenik. Pantalone *et al.* (1996) menyatakan bahwa data yang bersifat poligenik mempunyai sebaran normal dan bersifat kontinyu. Nilai kurtosis menunjukkan kemendataran sebaran data terhadap data normal. Roy (2000) menyatakan bahwa data yang menyebar normal memiliki kurtosis=3. Pada perhitungan dengan menggunakan program Minitab, nilai tersebut telah dikonversi menjadi=0 untuk data yang menyebar normal. Nilai kurtosis yang positif mengindikasikan bahwa distribusi memiliki puncak yang lebih tajam, pundak kurva yang lebih sempit dan ekor yang lebih lebar daripada distribusi normal dan grafik sebaran disebut *leptokurtic*. Nilai kurtosis yang negatif menandakan bahwa distribusi memiliki puncak yang lebih datar, pundak kurva yang lebih lebar dan ekor yang lebih sempit dibandingkan dengan distribusi normal dan grafik sebaran dinamakan *platykurtic* (Minitab Inc., 2000).

Karakter panjang tajuk dan bobot kering tajuk pada penelitian ini memiliki nilai <0 (berbentuk *platykurtic*), menunjukkan bahwa pada kedua karakter tersebut dikendalikan oleh banyak gen (Gambar 2.a dan 2.c). Sedangkan karakter panjang akar dan bobot kering akar memiliki nilai kurtosis >0 (berbentuk *leptokurtic*) berarti karakter-karakter tersebut dikendalikan oleh sedikit gen (Gambar 2.b dan Gambar 2.d). Penelitian Zhanget *al.* (1999) pada *triticale* di kultur hara menunjukkan terdapat sebaran yang kontinyu pada toleransi Al yang menunjukkan bahwa pewarisan toleransi Al pada *triticale* diwariskan dengan sistem poligenik. Hal serupa juga ditemukan pada penelitian populasi *double haploid* padi yang menunjukkan bahwa sifat toleransi Al dikendalikan oleh sistem poligenik (Nguyen, 2002).



Gambar 2. Grafik sebaran frekuensi panjang tajuk (A), panjang akar (B), bobot kering tajuk (C) dan bobot kering akar (D) populasi F2 hasil persilangan sorgum Varietas UPCA-S1 dan Numbu pada cekaman aluminium di kultur hara

Tabel 2. Nilai skewness, aksi gen, nilai kurtosis dan bentuk grafik sebaran genotipe F2 hasil persilangan sorgum varietas UPCA-S1 dan Numbu pada cekaman aluminium di kultur hara

Karakter	Skewness	Aksi Gen	Kurtosis	Keterangan
Panjang Tajuk	-0.3198	Aditif+epistasis duplikasi	-0.3172	Dikendalikan banyak gen
Panjang Akar	0.7234	Aditif+epistasis komplemeter	0.1696	Dikendalikan sedikit gen
Bobot Kering Tajuk	0.2975	Aditif+epistasis komplemeter	-0.1894	Dikendalikan banyak gen
Bobot Kering Akar	0.7435	Aditif+epistasis komplemeter	0.5393	Dikendalikan sedikit gen

Uji kenormalan dengan menggunakan Metode Shapiro-Wilks menunjukkan bahwa karakter pada stadia akar tanaman sorgum dalam kondisi tercekam Al tidak menyebar normal. Karakter panjang tajuk memiliki nilai *skewness* < 0.5 dan negatif. Hal ini menunjukkan bahwa karakter panjang tajuk memiliki sebaran genotipe mendekati normal dan dikendalikan oleh aksi gen aditif dengan pengaruh aksi gen epistasis duplikat (Gambar 2.a). Karakter panjang akar, bobot kering tajuk dan bobot kering akar masing-masing memiliki sebaran data yang menjulur ke kanan (nilai *skewness* positif) (Gambar 2.b-2.d). Dengan demikian pada keempat karakter tersebut dikendalikan oleh aksi gen aditif dengan pengaruh epistasis komplemeter. Menurut Falconer dan Mackay (1996), data yang bersifat kontinyu, tetapi tidak menyebar normal dapat disebabkan oleh pengaruh lingkungan yang besar atau interaksi genotipe dengan lingkungan.

Sebelum menetapkan metode seleksi yang akan digunakan perlu diketahui berapa besarnya keragaman genetik, karena keragaman genetik sangat mempengaruhi keberhasilan suatu proses seleksi dalam pemuliaan tanaman (Pinaria *et al.*, 1995). Keragaman genetik yang luas memberikan peluang seleksi terhadap suatu karakter berlangsung efektif (Ruchjaningsih *et al.*, 2000).

Nilai ragam fenotipe, ragam lingkungan, ragam genetik karakter stadia bibit pada kondisi tercekam Al ditampilkan oleh Tabel 2. Karakter panjang tajuk memiliki nilai ragam fenotipe dan ragam genotipe tertinggi dibandingkan dengan nilai ragam karakter lainnya. Menurut Makmur (1992), efektif

atau tidaknya seleksi terhadap suatu populasi, tergantung dari keragaman yang disebabkan faktor genetik yang nantinya diwariskan kepada keturunannya dan seberapa jauh keragaman hasil yang disebabkan oleh lingkungan tumbuh tanaman.

Ukuran keragaman genetik dapat dinyatakan dalam koefisien keragaman genetik (KKG). Menurut Zen *et al.* (1995) nilai koefisien keragaman genetik membantu pengukuran diversitas genetik pada suatu sifat dan melengkapi cara dalam membandingkan keragaman genetik di dalam sifat-sifat kuantitatif. Semua karakter yang diamati pada percobaan di kultur hara memiliki keragaman genetik yang sempit ditunjukkan dari nilai koefisien keragaman genetik (KKG) 0%-6.56% (Tabel 3). Seleksi kurang efektif bila dilakukan pada karakter yang memiliki keragaman genetik yang sempit (Chahal dan Gosal, 2003).

Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh informasi bahwa semua karakter yang diamati mempunyai nilai heritabilitas arti luas tergolong tinggi selain karakter nisbah tajuk/akar yang menunjukkan nilai heritabilitas dalam arti luas yang sedang (Tabel 3). Oleh sebab itu kelima sifat tersebut lebih banyak dikendalikan oleh faktor genetik dibandingkan dengan faktor lingkungan (Poehlman dan Sleper, 1996). Nilai heritabilitas merupakan tolak ukur pendugaan keefektifan seleksi. Nilai duga heritabilitas yang tinggi dari suatu karakter mengindikasikan bahwa seleksi terhadap karakter tersebut dapat dimulai pada generasi awal, namun jika karakter memiliki nilai heritabilitas sedang hingga rendah lebih baik diseleksi pada generasi lanjut.

Tabel 3. Nilai pendugaan komponen ragam dan heritabilitas arti luas hasil persilangan sorgum Varietas UPCA-S1 dan Numbu pada cekaman aluminium di kultur hara

Karakter	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	KKg (%)	h^2_{bs}	Kriteria
Panjang Tajuk	86.05	26.15	59.90	6.56	69.61	tinggi
Panjang Akar	68.55	13.945	54.61	6.26	79.67	tinggi
Bobot Kering Tajuk	0.03	0.01	0.03	0.13	80.30	tinggi
Bobot Kering Akar	0.002	0.003	0.00	0.00	~	-
Nisbah Tajuk/Akar	1.20	0.60	0.60	0.66	50.08	sedang
Bobot Tajuk/Akar	7.93	0.28	7.65	2.36	96.49	tinggi

Keterangan : σ^2_p (ragam fenotipe), σ^2_e (ragam lingkungan), σ^2_g (ragam genetik), KKG (koefisien keragaman genetik) dan h^2_{bs} (heritabilitas arti luas)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pada kondisi cekaman Al, gen yang mengendalikan karakter fase bibit terdapat pada gen-gen inti dan bersifat poligenik. Semua karakter toleransi Al yang berhubungan dengan stadia bibit yaitu panjang akar, bobot kering akar dan bobot kering tajuk dikendalikan aksi gen aditif dengan pengaruh gen epistasis komplementer kecuali pada karakter panjang tajuk yang memiliki aksi gen aditif dengan pengaruh gen epistasis duplikasi. Terdapat keragaman yang besar pada populasi F2 yang merupakan zuriat hasil persilangan dari tetua genotipe toleran Al dan genotipe peka Al. Pada populasi F2 terdapat segregasi transgresif pada semua karakter-karakter yang diuji dengan nilai melebihi nilai kedua tetua. Nilai heritabilitas arti luas untuk semua karakter toleransi Al yang berhubungan dengan pertumbuhan akar tergolong sedang hingga tinggi. Berdasarkan hasil penelitian ini, metode *pedigree* dapat digunakan sebagai metode pemuliaan yang efektif dalam perakitan kultivar sorgum manis unggul toleran Al.

DAFTAR PUSTAKA

- Bellon, M.R. 2001. *Participatory Methods in the Development and Dissemination of New Maize Technologies*. In: Pingali PL. editor. CIMMYT 1999-2000 World Maize Facts and Trends. *Meeting World Maize Needs: Technological Opportunities and Priorities for the Public Sector*. CIMMYT, Mexico. Hal 4-20.
- Caniato, F. F., C. T. Guimaraes., R.E. Schaffert., V.M.C. Alves., L.V. Kochian., A. Borem., P.E. Klein., dan J.V. Magalhaes. 2007. Genetic diversity for aluminum tolerance in sorghum. *Theor Appl Genet*. 114:863-876.
- Chahal, G.S., S.S. Gosal. 2003. *Principles and Procedures of Plant Breeding: Biotechnological and Conventional Approaches*. Calcutta : Narosa Publishing House.
- Delhaize, E., S. Craig., C.D. Beaton., R.J. Bennet., V.C. Jagadish., dan P.J. Randall. 1993. Aluminum tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Physiol* 103: 685-693.
- Eticha, D., C The., C. Welcker., L. Narro., A. Stab., W.J. Horst. 2005. Aluminum-induced callose formation in root apices: inheritance and selection trait for adaptation of tropical maize to acid soils. *Field Crops Research* 93: 252-263.
- Falconer, D.S., dan Mackay, T.F.C. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- FAO. 2002. *Sweet Sorghum in China*. Spotlight 2000.
- Hidayat, A., Mulyani A. 2002. *Lahan Kering untuk Pertanian*. Dalam: *Teknologi Pengelolaan Lahan Kering*. Puslitbang Tanah dan Agroklimat. Departemen Pertanian.
- Hoeman, S. 2007. Peluang dan Potensi Pengembangan Sorgum Manis. Makalah pada workshop "Peluang dan Tantangan Sorgum Manis sebagai Bahan Baku Bioetanol". Dirjen Perkebunan, Departemen Pertanian, Jakarta. Hal 10.
- Jagau, Y. 2000. Fisiologi Pewarisan Efisiensi Nitrogen dalam Keadaan Cekaman Aluminium pada Padi Gogo (*Oryza sativa* L.) Disertasi. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Makmur, A. 1992. *Pengantar Pemuliaan Tanaman*. Bandung : PT. Rineka.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd edition. London: Academic Publisher.
- Pantalone, V.R., Burton JW and Carter TE. 1996. Soybean fibrous root heritability and genotypic correlations with agronomic and seed quality traits. *Crops Science*. 36: 1120-1125.
- Pinaria, A., Baihaki A, Setiamihardja R dan Daradjat A. 1995. Variabilitas genetik dan heritabilitas karakter-karakter biomassa 53 genotipe kedelai. *Zuriat*. 6(2): 88-92.
- Poehlman, J.M. and Sleper DA. 1996. *Breeding Field Crops*. 4th. Ames, Iowa: Iowa State University Press.
- Roy, D. 2000. *Plant Breeding: Analysis and Exploitation of Variation*. Calcutta : Narosa Publishing House.
- Trikoesoemaningtyas. 2002. Fisiologi dan Pewarisan Sifat Efisiensi Kalium dalam Keadaan Aluminium pada Padi Gogo (*Oryza sativa* L.) Tesis. Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wallace, D.H., W. Yan. 1998. *Plant Breeding and Whole-System Crop Physiology: Improving Crop Maturity, Adaptation and Yield*. Oxon-UK: CAB International.
- Zen, S., Bahar H dan Arizal. 1995. Parameter Genetik Padi Sawah Dataran Tinggi. *Prosiding Simposium Pemuliaan Tanaman III*. Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Indonesia, Jember.
- Zhang, X., R.S. Jessop., dan F. Ellison F. 1999. Inheritance of root regrowth as an indicator of apparent aluminum tolerance in triticale. *Euphytica* 108: 97-103.