

Potensi Hasil dan Toleransi Galur-galur Inbrida Sorgum pada Tanah dengan Hara Fosfor Rendah

Yield Potential and Tolerance of Sorghum Inbred Lines to Low Phosphorus Soil

Jorex Daniel Momongan¹, Trikoesoemaningtyas^{2*}, Desta Wirnas², dan Didy Sopandie²

¹Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
(Bogor Agricultural University), Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor, 16680, Indonesia

Diterima 8 Agustus 2018/Disetujui 25 Januari 2019

ABSTRACT

Sorghum development in Indonesia is directed towards cultivation in dryland and acid soil with low P availability. This research was aimed to obtain information on the performance of sorghum traits for selection in P deficient environment at early vegetative phase (3 weeks after planting), agronomic and yield potential traits in both P sufficient and P deficient environments, also to select high productivity sorghum genotypes which could tolerate P deficiency. The genetic materials used were 19 F7 recombinant inbred lines from a cross of B69 x Numbu developed under optimum condition (indirect breeding) by single seed decent. Variety Numbu and B69 used as checks. This research was conducted at The Indonesian Center for Biotechnology and Agriculture Plant Genetic Resources experimental field, Bogor, from May to September 2017. The experiment used a randomized complete block design with 3 replicates. The results showed that agronomic and yield traits varied among inbred lines under low P condition and optimum P condition. Adaptive lines showed better growth and yield compared to sensitive ones under low P condition. Plant height, panicle weight, and grain weight per panicle had high estimates of broad sense heritability. Selection based on stress tolerance index was able to identify inbred lines 286-6, 115-9, 114-7, 331-8, 170-9, 151-8, 104-7, 413-7, 68-5, 315-6, and 341-7 as tolerant to low P condition.

Keywords: heritability, indirect breeding, optimum P condition, stress tolerance index

ABSTRAK

Pengembangan sorgum di Indonesia diarahkan untuk budidaya di lahan kering bertanah masam dengan ketersediaan P rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi keragaan karakter sorgum untuk seleksi pada kondisi tercekam P saat vegetatif awal (3 minggu setelah tanam), keragaan agronomi dan potensi hasil pada kondisi P cukup dan P rendah, serta menyeleksi sorgum berdaya hasil tinggi yang toleran P rendah. Bahan genetik yang digunakan adalah 19 galur inbrida F7 sorgum hasil seleksi single seed decent dari persilangan B69 x Numbu di lingkungan optimum (indirect breeding). Varietas Numbu dan B69 digunakan sebagai kontrol. Penelitian ini dilakukan di Kebun Percobaan BB Biogen, Cikeumeuh, Bogor, dari Mei hingga September 2017. Percobaan menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak dengan 3 ulangan. Hasil yang didapat menunjukkan terdapat perbedaan keragaan agronomi dan produksi di antara galur-galur inbrida yang diuji, baik pada kondisi P cukup maupun P rendah. Galur-galur adaptif menunjukkan pertumbuhan dan produksi yang lebih baik dibandingkan dengan galur-galur peka P rendah. Karakter tinggi tanaman, bobot malai, dan bobot biji per malai memiliki nilai duga heritabilitas arti luas yang tinggi. Seleksi berdasarkan indeks toleransi menunjukkan bahwa galur 286-6, 115-9, 114-7, 331-8, 170-9, 151-8, 104-7, 413-7, 68-5, 315-6, dan 341-7 toleran terhadap kondisi P rendah.

Kata kunci: heritabilitas, indeks toleransi, indirect breeding, P cukup

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: trikadytia@gmail.com

PENDAHULUAN

Sorgum adalah tanaman pangan yang berasal dari Afrika (Dahlberg *et al.*, 2011) dan merupakan tanaman pangan terpenting kelima yang tumbuh pada berbagai macam kondisi iklim di dunia (Jordan *et al.*, 2012). Budidaya sorgum di Indonesia masih belum luas, walaupun sorgum berpotensi untuk dikembangkan di lahan marjinal, misalnya lahan kering bertanah masam di Indonesia.

Mulyani dan Sarwani (2013) menyatakan bahwa Indonesia memiliki lahan marjinal seperti lahan kering masam seluas 108.8 juta ha. Lahan kering masam cenderung memiliki ketersediaan P yang rendah. Camacho *et al.* (2002) menyatakan bahwa konsentrasi P yang rendah pada akar diikuti oleh bobot kering akar, batang, dan total bobot kering yang sedikit. Ketersediaan P yang rendah pada tanah di daerah tropis berpotensi membatasi produksi tanaman sehingga pemberian P eksternal sangat dibutuhkan untuk meningkatkan produksi (MacCarthy *et al.*, 2009). Agustina *et al.* (2010a) menyatakan bahwa genotipe sorgum toleran defisiensi P mampu mempertahankan pertumbuhan yang lebih baik dibanding genotipe peka yang ditunjukkan oleh bobot biomassa tajuk dan bobot kering akar genotipe toleran lebih tinggi dibanding genotipe peka.

Penelitian terhadap potensi hasil sorgum pada kondisi P rendah dilakukan karena Indonesia memiliki lahan yang sangat luas dengan kondisi defisien P dan sorgum merupakan tanaman yang tahan terhadap kondisi P rendah sehingga potensi pengembangannya sangat tinggi. Penelitian sebelumnya terhadap pengaruh defisiensi P terhadap sorgum telah dilakukan oleh Agustina *et al.* (2010a dan 2010b), Puspitasari *et al.* (2012), Isnaini *et al.* (2014), Lestari *et al.* (2017), dan Trikoesoemaningtyas *et al.* (2017). Sulistyowati *et al.* (2015) mengidentifikasi varietas Numbu sebagai varietas sorgum toleran defisiensi P.

Hasil persilangan antara varietas toleran Numbu dengan varietas peka B69 dikembangkan melalui *indirect breeding* dengan metode *single seed descent* (SSD) di lahan optimum hingga generasi F6. Penelitian ini dilakukan dengan mengamati potensi hasil dan keragaan galur-galur inbrida F7 sorgum hasil persilangan varietas B69 dan Numbu yang dikembangkan dengan metode *single seed descent* (SSD) pada taraf P yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi karakter untuk seleksi cekaman P pada tahap vegetatif awal (3 MST), keragaan karakter agronomi dan potensi hasil sorgum pada kondisi P cukup dan P rendah, serta melakukan seleksi galur-galur inbrida sorgum berdaya hasil tinggi dan tahan cekaman P.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dimulai pada bulan Mei hingga September 2017 di Kebun Percobaan BB Biogen, Cikeumeuh, Bogor, Jawa Barat. Materi genetik yang digunakan adalah 19 galur inbrida hasil persilangan B69 x Numbu yang diperoleh dengan metode *single seed descent* serta galur mutan B69 dan varietas Numbu sebagai tetuanya. Penelitian ini

menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak dengan 3 ulangan.

Penelitian dilakukan pada dua dosis pemupukan, yaitu P rendah dan cukup. Benih ditanam dengan jarak dalam baris sebesar 10 cm dan jarak antar baris sebesar 75 cm. Dosis urea dan KCl saat penanaman berturut-turut sebanyak 50 kg ha⁻¹, dan 100 kg ha⁻¹. Pemupukan urea kedua dilakukan saat tanaman berumur 4 minggu dengan dosis 100 kg ha⁻¹. Pemupukan SP-36 diberikan dengan dosis 161 kg ha⁻¹ pada kondisi P cukup dan 80.5 kg ha⁻¹ pada kondisi P rendah berdasarkan rekomendasi Whitney (1998).

Panen dilakukan saat 80% tanaman dari tiap galur sudah masak. Pengamatan dilakukan pada karakter panjang akar 3 MST dengan mengukur dari pangkal sampai ujung akar, tinggi tanaman fase vegetatif akhir dengan mengukur dari atas tanah hingga ujung malai, bobot malai, serta bobot biji per malai. Data dianalisis dengan analisis ragam, uji lanjut Dunnett, dan uji t. Pendugaan nilai heritabilitas arti luas dilakukan menurut Falconer dan Mackay (1996) serta penghitungan indeks toleransi menurut Fernandez (1992).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fosfor (P) merupakan unsur hara makro yang berperan dalam transfer energi, regulasi fosfat anorganik, dan penyimpanan energi (Marschner, 2012). Kemampuan tanaman dalam menyerap dan menggunakan hara P dipengaruhi faktor genotipe serta lingkungannya (Leiser *et al.*, 2014). Galur-galur inbrida sorgum pada penelitian ini ditanam pada kondisi lahan dengan P sesuai dosis rekomendasi (P cukup) dan setengah dosis rekomendasi (P rendah).

Keragaan Karakter Agronomi Sorgum pada Kondisi P Cukup dan P Rendah

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa genotipe tidak berpengaruh terhadap karakter panjang akar umur 3 MST pada kondisi P cukup dan P rendah. Keragaan akar galur-galur inbrida sorgum pada stadia awal pertumbuhan belum dipengaruhi oleh kondisi P (Tabel 1).

Hufnagel *et al.* (2012) menyatakan bahwa defisiensi P selain menyebabkan terjadinya perubahan morfologi dan arsitektur akar tanaman, juga menyebabkan perubahan fisiologi akar untuk meningkatkan serapan. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa galur mutan B69 dan varietas Numbu tidak menunjukkan perbedaan panjang akar pada kondisi P cukup dan P rendah. Hasil penelitian Agustina *et al.* (2010a) menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan panjang akar antara galur peka dan varietas toleran pada umur 6 MST. Varietas Numbu merupakan genotipe sorgum yang toleran terhadap kondisi defisiensi P, sedangkan galur mutan B69 merupakan genotipe yang peka terhadap kondisi defisiensi P (Agustina *et al.*, 2010b; Sulistyowati *et al.*, 2015).

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa galur-galur inbrida sorgum mempengaruhi karakter tinggi tanaman pada

Tabel 1. Keragaan panjang akar 3 MST dan tinggi tanaman galur-galur inbrida sorgum 12 MST pada kondisi P cukup dan P rendah

Genotipe	Panjang akar 3 MST (cm)			Tinggi tanaman 12 MST (cm)		
	P cukup	P rendah	Uji t	P cukup	P rendah	Uji t
104-7	12.83	14.12	-1.12	182.17	134.33b	6.68**
110-6	13.66	15.84	-1.26	177.67	158.00b	2.48*
114-7	14.43	14.19	0.20	181.11	157.56b	4.55**
115-9	12.61	12.91	-0.16	189.50	175.00a	2.75*
151-8	11.52	15.83	-6.09**	179.56	154.78b	4.40**
170-9	12.50	17.30	-2.71*	175.44	179.56a	-0.91
177-4	15.02	12.24	1.79	160.33	146.78b	3.20**
221-8	10.91	14.90	-3.01**	172.50	152.67b	3.54**
226-3	13.53	14.83	-0.56	187.67	162.11	7.08**
286-6	7.29	14.22	-6.01**	175.33	149.00b	4.03**
315-6	14.68	16.69	-0.83	180.00	185.67a	-1.31
331-8	13.49	14.07	-0.35	180.78	178.56a	0.43
341-7	9.98	16.52	-4.84**	175.17	142.22b	4.89**
377-9	12.58	12.89	-0.22	150.00ab	157.50b	-1.52
413-7	12.11	13.23	-0.67	149.89ab	148.00b	0.35
418-4	15.27	14.63	0.40	185.67	169.33	3.30**
48-4	12.31	8.03	5.77**	153.67ab	138.17b	2.29*
68-5	8.56	10.93	-4.54**	163.56a	160.44b	0.55
93-5	13.59	13.61	-0.02	175.33a	160.56b	2.22*
B69	14.09	10.89	1.55	192.56	149.83b	4.57**
Numbu	12.21	15.09	-1.23	175.33	180.67a	-1.26

Keterangan: MST = minggu setelah tanam; a = berbeda nyata menurut uji lanjut Dunnett pada taraf 5% dengan pembanding B69; b = berbeda nyata menurut uji lanjut Dunnett pada taraf 5% dengan pembanding Numbu; ** = berbeda sangat nyata berdasarkan uji t pada taraf $\alpha=1\%$, * = berbeda nyata berdasarkan uji t pada taraf $\alpha = 5\%$

kondisi P cukup dan P rendah. Keragaan tinggi tanaman galur-galur inbrida sorgum fase vegetatif akhir pada kondisi P cukup dan P rendah ditampilkan pada Tabel 1.

Galur-galur inbrida sorgum pada penelitian ini tidak menunjukkan penurunan bobot malai pada kondisi P rendah, kecuali galur 151-8, B69, dan Numbu. Bobot malai berkorelasi positif dengan bobot biji per malai pada P cukup ($r = 0.99$, $P < 0.01$) dan P rendah ($r = 0.99$, $P < 0.01$). Penurunan bobot biji per malai pada kondisi P rendah hanya ditunjukkan oleh galur 226-3 (Tabel 2). Leiser *et al.* (2012b) menyatakan bahwa pada kondisi P rendah, penurunan produksi relatif sorgum dapat mencapai 2-59%.

Beberapa galur inbrida menunjukkan keragaan bobot malai dan bobot biji per malai yang lebih tinggi dari kedua tetuanya, yaitu galur 110-6 dan 377-9 untuk karakter bobot malai pada kondisi P cukup dan galur 110-6 untuk karakter bobot biji per malai pada kondisi P cukup (Tabel 2). Hal ini disebabkan oleh bobot malai dan bobot biji per malai dikendalikan oleh aksi gen aditif (Sulistiyowati *et al.*, 2016; Rini *et al.*, 2017). Heffner *et al.* (2009) menyatakan bahwa

aksi gen aditif menyebabkan keragaan tanaman yang berada di antara nilai kedua tetuanya. Rini *et al.* (2017) menyatakan bahwa B69 dan Numbu baik digunakan sebagai tetua karena memiliki nilai karakter bobot malai dan bobot biji per malai yang besar, dan keduanya memiliki daya gabung umum yang baik untuk meningkatkan bobot biji per malai berdasarkan analisis *line x tester*.

Galur 115-9, 151-8, dan 286-6 memiliki bobot malai yang lebih besar dibanding kedua tetuanya pada kondisi P cukup (Tabel 2). Galur 286-6 memiliki bobot biji per malai yang lebih besar dibanding kedua tetuanya pada kondisi P cukup (Tabel 2). Insan (2016) menunjukkan bahwa galur 48-4 merupakan segregran transgresif positif pada karakter bobot biji per malai. Segregran transgresif merupakan generasi hasil persilangan yang memiliki fenotipe ekstrim dibandingkan kedua tetuanya (Dittrich-Reed dan Fitzpatrick, 2013).

Potensi hasil galur-galur inbrida sorgum pada kondisi P cukup dan P rendah ditampilkan pada Tabel 3. Galur 286-6 dan 115-9 memiliki potensi hasil yang melebihi kedua

Tabel 2. Keragaan bobot malai dan bobot biji per malai galur-galur inbrida sorgum pada kondisi P cukup dan P rendah

Genotipe	Bobot malai (g)			Bobot biji per malai (g)		
	P cukup	P rendah	Uji t	P cukup	P rendah	Uji t
104-7	59.55	49.64a	0.59tn	46.10	36.56	0.71tn
110-6	29.88ab	36.58	-1.17tn	21.50ab	25.73	-0.90tn
114-7	58.97	58.40a	0.01tn	46.53	45.80a	0.23tn
115-9	64.87	58.49a	0.74tn	51.79	45.97a	0.83tn
151-8	63.68	51.89a	2.18*	48.76	38.11a	1.31tn
170-9	60.16	52.33a	1.04tn	47.14	40.56a	0.92tn
177-4	41.43	32.62	0.95tn	30.83	21.40	1.26tn
221-8	48.55	36.43	1.80tn	35.43	28.43	1.72tn
226-3	59.12	45.54	1.74tn	43.59	32.99	2.15*
286-6	84.63	56.02a	2.18tn	60.60	42.42	1.67tn
315-6	55.46	46.52	1.31tn	40.92	35.13a	1.04tn
331-8	54.63	55.37a	-0.16tn	43.26	44.58	-0.34tn
341-7	52.63	50.51a	0.22tn	38.07	37.21	0.11tn
377-9	33.32ab	26.35	1.19tn	25.90b	19.85	1.30tn
413-7	59.53	50.47	1.43tn	44.43	35.38	1.80tn
418-4	54.98	37.39	2.00tn	42.43	28.77	2.27tn
48-4	33.87	24.93	1.70tn	23.55b	18.05	1.54tn
68-5	57.38	51.43a	1.32tn	42.39	36.78	1.31tn
93-5	37.32	30.77	1.27tn	25.49b	19.31	1.59tn
B69	63.15	24.01	3.59**	44.77	16.18	2.72*
Numbu	63.27	47.10	2.89*	50.78	37.08	2.86*

Keterangan: a = berbeda nyata menurut uji lanjut Dunnett pada taraf 5% dengan pembandingan B69; b = berbeda nyata menurut uji lanjut Dunnett pada taraf 5% dengan pembandingan Numbu; ** = berbeda sangat nyata berdasarkan uji t pada taraf $\alpha = 1\%$, * = berbeda nyata berdasarkan uji t pada taraf $\alpha = 5\%$, tn = tidak berbeda nyata

tetunya pada kondisi P cukup, dan galur 115-9, 114-7, 331-8, 286-6, 170-9, dan 151-8 memiliki potensi hasil yang melebihi tetua toleran Numbu pada kondisi P rendah.

Heritabilitas Karakter Agronomi Sorgum pada Kondisi P Cukup dan P Rendah

Pendugaan heritabilitas dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang besarnya pengaruh genetik terhadap karakter-karakter tanaman sorgum pada kondisi P cukup dan P rendah. Tinggi tanaman, bobot malai, dan bobot biji per malai pada kondisi P cukup memiliki nilai heritabilitas arti luas yang tinggi (Tabel 4). Hal ini sesuai dengan penelitian Sami *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa tinggi tanaman dan bobot malai memiliki nilai heritabilitas arti luas yang tinggi. Insan (2016) juga menunjukkan nilai heritabilitas arti luas yang tinggi pada karakter tinggi tanaman, bobot malai, dan bobot biji per malai. Sulistyowati *et al.* (2016) melaporkan bahwa tinggi tanaman sorgum dikendalikan oleh aksi gen aditif.

Semua karakter pada kondisi kondisi P cukup dan P rendah menunjukkan heritabilitas arti luas kategori tinggi (Tabel 4). Bobot malai pada kondisi P rendah memiliki nilai heritabilitas yang tinggi. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Sungkono *et al.* (2009) dan Puspitasari *et al.* (2012) yang menunjukkan bobot malai memiliki nilai heritabilitas tinggi pada kondisi lahan masam. Amare *et al.* (2015) menyatakan bahwa ragam genetik yang lebih tinggi dibandingkan ragam lingkungannya menandakan bahwa keragaman dalam ekspresi fenotipe disebabkan oleh komponen genetik dibandingkan pengaruh lingkungannya. Heritabilitas semua karakter pada kondisi P cukup dalam penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan lingkungan tercekam P rendah kecuali karakter tinggi tanaman. Leiser *et al.* (2012a) menyatakan bahwa umumnya heritabilitas arti luas akan bernilai lebih kecil pada kondisi P rendah. Bekele *et al.* (2014) menunjukkan bahwa heritabilitas pada kondisi optimum tidak selalu lebih baik dibandingkan pada kondisi tercekam. Penelitian ini menunjukkan bahwa seleksi pada kondisi optimum (P cukup) dapat dilakukan untuk

Tabel 3. Potensi hasil galur-galur inbrida sorgum pada kondisi P cukup dan P rendah

Genotipe	P cukup (ton ha ⁻¹)	P rendah (ton ha ⁻¹)
104-7	4.9	3.9
110-6	2.3	2.7
114-7	5.0	4.9
115-9	5.5	4.9
151-8	5.2	4.1
170-9	5.0	4.3
177-4	3.3	2.3
221-8	3.8	3.0
226-3	4.6	3.5
286-6	6.5	4.5
315-6	4.4	3.7
331-8	4.6	4.8
341-7	4.1	4.0
377-9	2.8	2.1
413-7	4.7	3.8
418-4	4.5	3.1
48-4	2.5	1.9
68-5	4.5	3.9
93-5	2.7	2.1
B69	4.8	1.7
Numbu	5.4	4.0

mendapatkan keragaman karakter agronomi maupun produksi pada kondisi normal. Seleksi pada kondisi suboptimum (P rendah) dapat dilakukan untuk mencari galur-galur yang memiliki pertumbuhan dan atau daya hasil tinggi yang toleran defisiensi P. Selain itu, galur-galur inbrida pada penelitian ini menunjukkan keragaman genetik yang masih luas pada karakter tinggi tanaman dan bobot malai. Hal ini menunjukkan bahwa metode SSD dapat mempertahankan keragaman genetik sampai generasi lanjut sehingga masih dapat dilakukan seleksi dengan efektif.

Seleksi Galur-galur Inbrida Sorgum Berdasarkan Indeks Toleransi

Genotipe toleran adalah genotipe yang mampu mempertahankan pertumbuhan dan hasil pada kondisi tercekam. Galur-galur inbrida pada kondisi P cukup menunjukkan pertumbuhan yang baik, beberapa di antaranya mencapai tinggi di atas 180 cm. Ideotipe galur sorgum yang diinginkan adalah yang mempunyai tinggi 150-160 cm. Galur-galur inbrida yang sesuai dengan kriteria tersebut adalah 177-4, 377-9, 413-7, 48-4, dan 68-5. Hasil pada kondisi P cukup menunjukkan galur-galur yang terpilih untuk hasil tinggi adalah 286-6, 115-9, 151-8, 170-9, 114-7, dan 104-7 yang memiliki bobot biji per malai minimal 45 g (Tabel 5).

Seleksi galur toleran dilakukan menggunakan metode STI. Metode STI digunakan karena metode ini membandingkan perbedaan nilai tengah hasil inbrida-inbrida yang diuji beserta tetuanya pada kondisi P cukup dan P rendah. Pemilihan galur toleran berdasarkan karakter tinggi tanaman didasarkan pada nilai STI tertinggi setelah tetua B69 dengan nilai STI 0.95 (Tabel 5). Galur-galur inbrida terpilih adalah 315-6, 115-9, 331-8, 170-9, 418-4, 226-3. Seleksi galur toleran berdasarkan karakter bobot biji per malai didasarkan pada nilai STI tertinggi dan bernilai lebih dari 35 g pada kondisi P rendah (Tabel 5). Galur-galur inbrida yang terpilih adalah 286-6, 115-9, 114-7, 331-8, 170-9, 151-8, 104-7, 413-7, 68-5, 315-6, dan 341-7.

Nilai STI menunjukkan bahwa galur B69 mampu mempertahankan pertumbuhan dengan nilai STI mendekati 1.0, tetapi tidak dapat mempertahankan hasil yang menurun pada kondisi P rendah. Varietas toleran Numbu mampu mempertahankan pertumbuhan maupun hasil pada kondisi P rendah, dengan nilai STI lebih dari 1. Galur-galur inbrida yang mempunyai keragaman toleransi P rendah seperti Numbu adalah 115-9, 170-9, dan 331-8. Galur-galur inbrida sorgum ini dikembangkan melalui *indirect breeding* menggunakan metode SSD dengan menyeleksi selama generasi awal di lingkungan optimum, dan baru diseleksi untuk adaptasi pada kandungan P tanah rendah setelah generasi lanjut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode *indirect breeding* efektif digunakan untuk menghasilkan galur-galur sorgum toleran cekaman abiotik, seperti kondisi hara P rendah.

Tabel 4. Ragam dan heritabilitas pada kondisi P cukup dan P rendah

Karakter	P cukup				P rendah			
	σ_e^2	σ_g^2	σ_p^2	h_{bs}^2	σ_e^2	σ_g^2	σ_p^2	h_{bs}^2
Tinggi tanaman (cm)	49.61	108.09	124.62	0.87	53.81	168.15	186.08	0.90
Bobot malai (g)	105.16	98.42	133.48	0.74	0.71	0.48	0.72	0.67
Bobot biji per malai (g)	0.47	0.54	0.69	0.77	0.78	0.43	0.69	0.62

Keterangan: σ_e^2 = ragam lingkungan, σ_g^2 = ragam genetik, dan σ_p^2 = ragam fenotipe, h_{bs}^2 = heritabilitas arti luas

Tabel 5. Indeks kepekaan terhadap stres (*stress tolerance index*) karakter tinggi tanaman dan bobot biji per malai galur-galur inbrida sorgum

Genotipe	Tinggi tanaman				Bobot biji per malai			
	YN	YS	YS/YN	STI	YN	YS	YS/YN	STI
104-7	182.17	134.33	0.74	0.81	46.10	36.56	0.79	1.05
110-6	177.67	158.00	0.89	0.93	21.50	25.73	1.20	0.35
114-7	181.11	157.56	0.87	0.94	46.53	45.80	0.98	1.33
115-9	189.50	175.00	0.92	1.10	51.79	45.97	0.89	1.49
151-8	179.56	154.78	0.86	0.92	48.76	38.11	0.78	1.16
170-9	175.44	179.56	1.02	1.04	47.14	40.56	0.86	1.20
177-4	160.33	146.78	0.92	0.78	30.83	21.40	0.69	0.41
221-8	172.50	152.67	0.89	0.87	35.43	28.43	0.80	0.63
226-3	187.67	162.11	0.86	1.01	43.59	32.99	0.76	0.90
286-6	175.33	149.00	0.85	0.86	60.60	42.42	0.70	1.61
315-6	180.00	185.67	1.03	1.11	40.92	35.13	0.86	0.90
331-8	180.78	178.56	0.99	1.07	43.26	44.58	1.03	1.21
341-7	175.17	142.22	0.81	0.82	38.07	37.21	0.98	0.89
377-9	150.00	157.50	1.05	0.78	25.90	19.85	0.77	0.32
413-7	149.89	148.00	0.99	0.73	44.43	35.38	0.80	0.98
418-4	185.67	169.33	0.91	1.04	42.43	28.77	0.68	0.76
48-4	153.67	138.17	0.9	0.70	23.55	18.05	0.77	0.27
68-5	163.56	160.44	0.98	0.87	42.39	36.78	0.87	0.98
93-5	175.33	160.56	0.92	0.93	25.49	19.31	0.76	0.31
B69	192.56	149.83	0.78	0.95	44.77	16.18	0.36	0.45
Numbu	175.33	180.67	1.03	1.05	50.78	37.08	0.73	1.18

Keterangan: STI = *Stress Tolerance Index* (Indeks Toleransi Cekaman); YS = nilai tengah karakter genotipe tertentu pada kondisi defisiensi P (*yield under stress condition*); YN = nilai tengah karakter genotipe tertentu pada kondisi normal (*yield under normal condition*)

KESIMPULAN

Penelitian ini tidak menunjukkan adanya perbedaan nilai tengah pada karakter panjang akar pada tahap vegetatif awal (3 MST) baik pada kondisi P cukup maupun P rendah. Penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan nilai tengah pada karakter tinggi tanaman, bobot malai, dan bobot biji per malai di antara galur-galur inbrida yang diuji. Galur 286-6 dan 115-9 memiliki potensi hasil yang melebihi kedua tetuanya pada kondisi P cukup, dan galur 115-9, 114-7, 331-8, 286-6, 170-9, dan 151-8 memiliki potensi hasil yang melebihi tetua Numbu pada kondisi P rendah. Karakter tinggi tanaman, bobot malai, dan bobot biji per malai memiliki nilai heritabilitas tergolong tinggi pada kondisi P cukup dan P rendah. Galur-galur toleran berdasarkan karakter tinggi tanaman adalah 315-6, 115-9, 331-8, 170-9, 418-4, dan 226-3. Galur-galur toleran berdasarkan karakter bobot biji per malai adalah 286-6, 115-9, 114-7, 331-8, 170-9, 151-8, 104-7, 413-7, 68-5, 315-6, dan 341-7.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi RI atas biaya penelitian melalui skema Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi tahun 2017 atas nama Dr. Desta Wirnas dan tim.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, K., D. Sopandie, Trikoesoemaningtyas, D. Wirnas. 2010a. Tanggapan fisiologi akar sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] terhadap cekaman aluminium dan defisiensi fosfor di dalam rhizotron. *J. Agron. Indonesia* 38:88-94.
- Agustina, K., D. Sopandie, Trikoesoemaningtyas, D. Wirnas. 2010b. Uji adaptasi sorgum pada lahan kering masam terhadap toksisitas aluminium dan defisiensi fosfor [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Prosiding Pekan Serealia Nasional*. Maros 26-30 Juli 2010.

- Amare, K., H. Zeleke, G. Bultosa. 2015. Variability for yield, yield related traits and association among traits of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] varieties in Wollo, Ethiopia. *J. Plant Breed. Crop. Sci.* 7:125-133.
- Bekele, W.A., K. Fiedler, A. Shiringani, D. Schnaubelt, S. Windpassinger, R. Uptmoor, W. Friedt, R.J. Snowdon. 2014. Unravelling the genetic complexity of sorghum seedling development under low-temperature conditions. *Plant Cell Environ.* 37:707-723.
- Camacho, R., E. Malavolta, J. Guerrero-Alves, T. Camacho. 2002. Vegetative growth of grain sorghum in response to phosphorus nutrition. *Scientia Agricola* 6:771-776.
- Dahlberg, J., J. Berenji, V. Sikora, D. Latkovic. 2011. Assessing sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] germplasm for new traits: food, fuels & unique uses. *Maydica* 56:85-92.
- Dittrich-Reed, D.R., B.M. Fitzpatrick. 2013. Transgressive hybrids as hopeful monsters. *Evol. Biol.* 40:310-315.
- Falconer, D.S., T.D.C. Mackay. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. Longman Group Ltd, London, GB.
- Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. p. 257-270. *In* C.G. Kuo (*Ed.*). *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress*. Tainan 13-16 August 1992.
- Heffner, E.L., M.E. Sorrels, J.L. Jannink. 2009. Genomic selection for crop improvement. *Crop Sci.* 49:1-12.
- Hufnagel, B., S.M. de Sousa, L. Assis, C.T. Guimaraes, W. Leiser, G.C. Azevedo, B. Negri, B.G. Larson, J.E. Shaff, M.M. Pastina, B.A. Barros, E. Weltzien, H.F.W. Rattunde, J.H. Viana, R.T. Clark, A. Falcao, R. Gazaffi, A.A.F. Garcia, R.E. Schaffert, L.V. Kochian, J.V. Magalhaes. 2012. Duplicate and conquer: multiple homologs of PHOSPHORUS-STARVATION TOLERANCE1 enhance phosphorus acquisition and sorghum performance on low-phosphorus soils. *Plant Physiol.* 166:659-677.
- Insan, R.R., D. Wirnas, Trikoesoemaningtyas. 2016. Estimation of genetic parameters and selection of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] RILS F5 derived from single seed descent. *Int. J. Agri. Agri. R.* 8:95-103.
- Isnaini, Trikoesoemaningtyas, D. Wirnas. 2014. Pewarisan karakter toleransi aluminium tanaman sorgum manis [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] pada stadia bibit. *J. Agrotek. Trop.* 3:52-57.
- Jordan, D.R., C.H. Hunt, A.W. Cruickshank, A.K. Borrell, R.G. Henzell. 2012. The relationship between the stay-green trait and grain yield in elite sorghum hybrids grown in a range of environments. *Crop Sci.* 52:1153-1161.
- Leiser, W.L., H.F. Rattunde, H.-P. Piepho, H.K. Parzies. 2012a. Getting the most out of sorghum low-input field trials in West Africa using spatial adjustment. *J. Agro. Crop. Sci.* 198:349-359.
- Leiser, W.L., H.F. Rattunde, H.-P. Piepho, E. Weltzien, A. Diallo, A.E. Melchinger, H.K. Parzies, B.I.G. Haussmann. 2012b. Selection strategy for sorghum targeting phosphorus-limited environment experiments. *Crop Sci.* 52:2517-2527.
- Leiser, W.L., H.F.W. Rattunde, E. Weltzien, B.I.G. Haussmann. 2014. Phosphorus uptake and use efficiency of diverse west and central African sorghum genotypes under field conditions in Mali. *Plant Soil* 377:383-394.
- Lestari, T., Trikoesoemaningtyas, S.W. Ardie, D. Sopandie. 2017. Peranan fosfor dalam meningkatkan toleransi tanaman sorgum terhadap cekaman aluminium. *J. Agron. Indonesia* 45:43-48.
- MacCarthy, D.S., R. Sommer, P.L.G. Vlek. 2009. Modeling the impacts of contrasting nutrient and residue management practices on grain yield of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] in a semi-arid region of Ghana using APSIM. *Field Crops Res.* 113:105-115.
- Marschner, H. 2012. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3rd ed. Academic Press, New York, US.
- Mulyani, A., M. Sarwani. 2013. Karakteristik dan potensi lahan sub optimal untuk pengembangan pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 7:47-55.
- Puspitasari, W., S. Human, D. Wirnas, Trikoesoemaningtyas. 2012. Evaluating genetic variability of sorghum mutant lines tolerant to acid soil. *Atom Indonesia* 38:83-88.
- Rini, E.P., D. Wirnas, Trikoesoemaningtyas, D. Sopandie. 2017. Genetic analysis on agronomic and quality traits of sorghum hybrids in Indonesia. *SABRAO J. Breed. Genet.* 49:192-200.

- Sami, R.A., M.Y. Yeye, M.F. Ishiyaku, S. Usman. 2013. Heritability studies in some sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] genotypes. J. Biol. Agric. Healthcare 3:49-51.
- Sungkono, Trikoesoemaningtyas, D. Wirnas, D. Sopandie, S. Human, M.A. Yudiarto. 2009. Pendugaan parameter genetik dan seleksi galur mutan sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] di tanah masam. J. Agron. Indonesia 37:220-225.
- Sulistyowati, Y., Trikoesoemaningtyas, D. Sopandie, S.W. Ardie, S. Nugroho. 2015. Estimation of genetic parameters and gene actions of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] tolerance to low P condition. Int. J. Agri. Agri. R. 7:38-46.
- Sulistyowati, Y., Trikoesoemaningtyas, D. Sopandie, S.W. Ardie, S. Nugroho. 2016. Parameter genetik dan seleksi sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] populasi F4 hasil *single seed descent* (SSD). J. Biol. Indonesia 12:175-184.
- Trikoesoemaningtyas, D. Wirnas, E.L. Saragih, E.P. Rini, M. Sari, S. Marwiyah, D. Sopandie. 2017. Kendali genetik karakter morfologi dan agronomi pada tiga populasi sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.]. J. Agron. Indonesia 45:285-291.
- Whitney, D. 1998. Grain sorghum production handbook. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Kansas, US.