

Efektivitas Metode Modifikasi Bulk untuk Pemuliaan Padi Adaptif pada Kondisi Fosfor Tanah Suboptimum

Effectiveness of Bulk Modification Method for Rice Breeding to Develop Lines Adapted to Suboptimum Soil P Condition

Rini Hermanasari^{1*}, Sintho Wahyuning Ardie², Suwarno¹, Munif Ghulamahdi², dan Hajrial Aswidinnoor²

¹Balai Besar Penelitian Tanaman Padi

Jl. Raya 9, Sukamandi, Kec. Subang, Jawa Barat

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fak. Pertanian, IPB

Jl. Kamper Kampus IPB Dramaga Bogor

*E-mail: hermanasari@yahoo.co.id

Naskah diterima 30 Mei 2016, direvisi 24 Maret 2017, disetujui diterbitkan 29 Maret 2017

ABSTRACT

Phosphorus deficiency is common in rice cultivated soils and particularly acting as a limiting factor in the acid sulfate and acid upland soils. Improved variety adapted to low soil-P condition is needed to reduce the need of P fertilizer and to increase rice yield. A study was conducted on the application of modified bulk selection method in rice breeding to develop lines adapted to low soil-P condition. The materials used in the study were two populations of F3 generation derived from crosses of IR6008023/Bernas Prima and Gampai/Progol. The materials were planted on P sub-optimum condition at Muara Experiment Station, Bogor, West Java, to obtain F4 and F5 population, selected using modified bulk method. The F5 population were planted on two environment conditions, namely on P optimum (36 kg/ha P₂O₅) and on P sub-optimum (without P fertilizer) to obtain F6 population. A total of 40 lines from each population were selected, so that 160 F6 lines were obtained. The F6 lines were evaluated on P+ and P- conditions, using augmented design. Result showed that selection for lines adapted to P- should be done on P- condition, whereas for those adapted to P+ could be done on either P+ or P- condition. Lines selected for P- were different from those selected for P+, and some lines selected for both P- and P+ felt at different yield ranks. It was concluded that modified bulk method followed by line selection was effective to develop breeding lines adapted to P- or P+. For P-, the modified bulk and line selection should be conducted in P-, whereas for P+, the modified bulk could be planted on P+ or P-, but the line selection should be conducted on P+ condition.

Keywords: Rice, modified bulk, selection, sub-optimum phosphor.

ABSTRAK

Kekurangan hara P merupakan faktor pembatas pada lahan sulfat masam dan lahan kering masam. Perbaikan varietas padi adaptif kondisi P rendah dapat mengurangi penggunaan pupuk P. Penelitian bertujuan mempelajari penerapan metode modifikasi bulk untuk pengembangan galur padi yang adaptif pada kondisi P rendah. Materi yang digunakan adalah dua populasi generasi F3, IR6008023/Bernas Prima dan Gampai/Progol, ditanam pada kondisi P suboptimum

di Kebun Percobaan Muara, Bogor, Jawa Barat, hingga diperoleh populasi generasi F4 dan F5, kemudian diseleksi menggunakan metode modifikasi bulk dan ditanam pada kondisi lingkungan P optimum (36 kg/ha P₂O₅) dan suboptimum P (tanpa pupuk P) hingga memperoleh populasi generasi F6. Dari setiap populasi dan kondisi tanah dipilih 40 tanaman sehingga diperoleh 160 galur F6. Populasi generasi F6 dibagi dua untuk evaluasi pada kondisi tanah P+ dan P-. Percobaan pada generasi F6 dilaksanakan menggunakan rancangan augmented. Hasil penelitian menunjukkan galur yang terseleksi untuk P- berasal dari seleksi untuk P-, sedangkan galur yang terseleksi untuk P+ tidak dipengaruhi oleh lingkungan seleksi. Galur yang terpilih untuk P- berbeda dengan galur yang terpilih untuk P+. Beberapa galur yang terpilih untuk P+ dan P- berada pada ranking berbeda. Dengan demikian dapat disimpulkan metode modifikasi yang diikuti oleh seleksi galur sangat efektif untuk mengembangkan galur-galur pemuliaan yang beradaptasi baik pada kondisi P- dan P+. Untuk P-, metode modifikasi bulk dan seleksi galur dilakukan pada P-, sedangkan untuk P+ pada kondisi P- atau P+ tetapi seleksi galur harus pada kondisi P+.

Kata kunci: Padi, modifikasi bulk, seleksi, suboptimum fosfor.

PENDAHULUAN

Kondisi hara P tanah rendah banyak terjadi pada lahan sawah dan menjadi faktor pembatas utama pada lahan kering masam (Fairhurst *et al.* 2007). Kekurangan P juga sering terjadi pada tanah pasir, gambut, sulfat masam (Fairhurst *et al.* 2007; Prasetyo dan Suriadikarta 2006). Tanaman padi yang kekurangan P menunjukkan pertumbuhan yang tidak sempurna, daun kecil dan keriting atau berwarna hijau tua keunguan, anakan dan malai berkurang (Fairhurst *et al.* 2007).

Di Indonesia, kekurangan P menjadi pembatas utama produktivitas padi pada lahan kering dan lahan rawa (Suwarno *et al.* 2009). Kekurangan P atau kondisi P tanah suboptimum juga banyak terjadi pada lahan

sawah, sehingga pemupukan P selalu dianjurkan dalam program peningkatan produksi padi. Sekitar 50% lahan pertanian padi di Asia mengalami kekurangan P yang dapat diperbaiki melalui pemupukan (Ismail *et al.* 2007). Meskipun demikian banyak petani yang tidak memberikan pupuk P pada tanaman padi.

Penggunaan varietas unggul toleran atau adaptif pada kondisi P tanah rendah atau suboptimum merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut. Keberhasilan perakitan varietas unggul ditentukan oleh ketersediaan sumber daya genetik dan metode seleksi yang sesuai. Keragaman genetik tanaman padi toleran defisiensi P menjadi modal utama dalam perakitan varietas unggul (Ramaekers *et al.* 2010, Tasliyah *et al.* 2011). Varietas yang adaptif pada kondisi P tanah rendah mempunyai kemampuan menyerap P lebih baik, lebih efisien, atau keduanya. Pada kondisi P tanah rendah, varietas toleran menyerap 12,9 mg P/tanaman, sedangkan varietas rentan hanya 0,6 mg P/tanaman. Kemampuan menyerap P tersebut diperoleh dari sistem perakaran yang lebih dalam dan bulu akar yang lebih banyak.

Varietas toleran P rendah mempunyai efisiensi internal (P/unit bobot kering akar) dan efisiensi eksternal (serapan P/unit area permukaan akar) lebih tinggi daripada varietas rentan (Wissuwa 2003). Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan varietas toleran P rendah melalui perbaikan arsitektur akar (Lynch 2007, Lynch and Brown 2008, Vance 2008, Wissuwa *et al.* 2009). Mekanisme lain untuk meningkatkan serapan P adalah produksi eksudat akar yang menarik cendawan micoriza yang mampu meningkatkan ketersediaan P bagi tanaman (Richardson *et al.* 2009; Bhattacharyya *et al.* 2013).

Metode bulk populasi atau modifikasinya banyak digunakan dalam pemuliaan padi karena lebih mudah, tidak banyak pengamatan dan pencatatan, lebih sedikit tenaga kerja, seleksi alami meningkatkan frekuensi tanaman superior, berpeluang lebih besar mendapatkan segregasi transgresif (Acquash 2007, Chahal and Gosal 2003). Metode ini juga banyak digunakan di Indonesia dan telah menghasilkan varietas unggul (BB Padi 2015).

Pemuliaan tanaman padi di Indonesia belum memperhatikan secara khusus toleransi terhadap kondisi P tanah rendah. Pemuliaan tanaman pada lahan masam difokuskan pada toleransi terhadap keracunan Fe dan Al (Suwarno *et al.* 2009, Nugraha 2016). Perbaikan toleransi tanaman padi terhadap kondisi P tanah rendah akan meningkatkan daya adaptasi pada lahan masam dan mengurangi takaran pupuk pada lahan sawah irigasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas metode modifikasi bulk pada kondisi P tanah optimum dan suboptimum dalam pemuliaan padi untuk

mendapatkan galur yang adaptif pada kondisi P tanah suboptimum.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan di Kebun Percobaan (KP) Muara dan di lahan petani di Leuwiliang, Bogor, selama empat musim tanam, April 2012–Desember 2014. Tanah sebelum tanam dianalisis. Tanah di KP Muara mempunyai pH 5,3–5,6 dan P tersedia 3,8 (sangat rendah) – 7,1 (rendah), sedangkan tanah di Leuwiliang mempunyai pH 4,6–4,9 dan P tersedia 1,8 (sangat rendah) – 4,3 (rendah).

Dua populasi F_2 hasil persilangan IR6008023/Bernas Prima (Pop 1) dan Gampai/Progol (Pop 2) dipilih sebagai bahan pemuliaan. IR6008023 berasal dari IRRI dan toleran keracunan Al (Lubis *et al.* 2007), Bernas Prima adalah varietas unggul padi hibrida berdaya hasil tinggi, Gampai adalah varietas lokal yang memiliki anakan banyak dan tahan penyakit blas. Progol merupakan varietas lokal dengan malai besar. Populasi F_2 masing-masing ditanam pada petak berukuran 2 m x 8 m dengan jarak tanam 20 cm x 20 cm. Pada kondisi P tanah optimum (P+) tanaman dipupuk N, P, K (300 kg/ha urea, 100 kg/ha SP36, dan 100 kg/ha KCl). Pupuk P dan K diberikan pada saat tanam, sedangkan N diberikan tiga kali masing-masing 100 kg/ha urea pada 0, 4, dan 7 minggu setelah tanam. Panen dilakukan dengan mengambil 3–4 butir benih dari setiap tanaman dan tidak memanen tanaman yang terlalu tinggi, berumur dalam, dan malai yang kecil. Hasil panen dibulk untuk bahan pertanian generasi berikutnya (F_3).

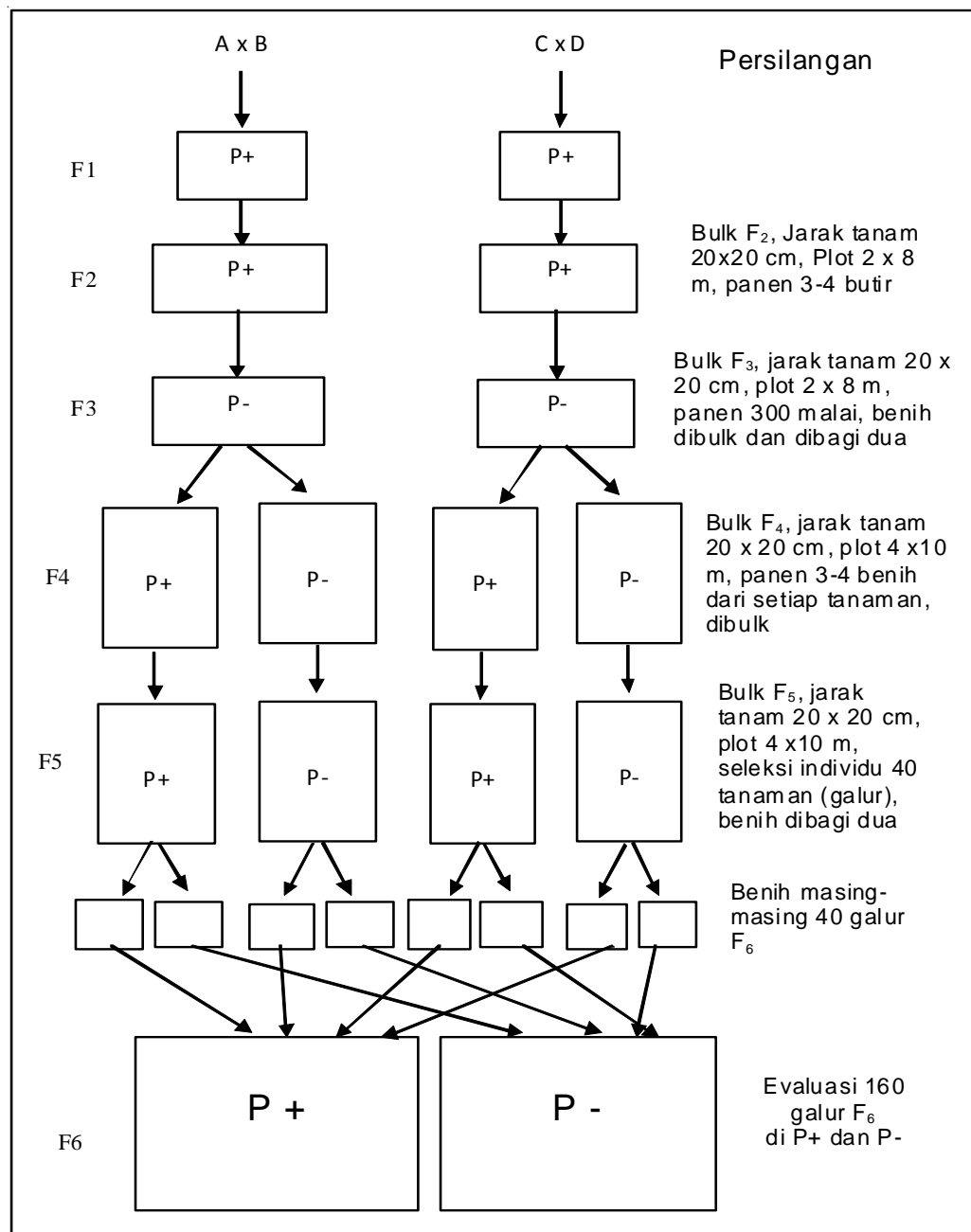
Populasi F_3 ditanam dengan metode yang sama dengan F_2 tetapi pada kondisi P tanah suboptimum (P-), yaitu tanpa pupuk P atau hanya dipupuk N dan K (300 kg/ha urea dan 100 kg/ha KCl). Panen dilakukan dengan mengambil satu malai dari setiap tanaman. Setiap malai benih F_4 dibagi dua, kemudian dibulk dan ditanam pada kondisi P+ dan P-, masing-masing pada petak berukuran 4 m x 10 m dengan jarak tanam 20 cm x 20 cm. Panen dilakukan dengan mengambil 3–4 butir benih dari setiap rumpun dan dibulk untuk bahan pertanian berikutnya (F_5). Secara visual, penampilan populasi pada kondisi P- relatif tidak berbeda dengan kondisi P+. Populasi F_5 ditanam di Leuwiliang yang mempunyai tanah lebih masam dan P tersedia lebih rendah, dengan metode yang sama dengan F_4 . Pada petak pertanian F_3 hingga F_5 dilakukan pengamatan tinggi tanaman, bobot satu malai dan panjang malai dari 100 tanaman contoh.

Seleksi individu (rumpun) dilakukan dengan kriteria penampilan tanaman secara umum, ukuran malai, dan jumlah anakan. Dari setiap populasi dan kondisi tanah

dipilih 40 tanaman sehingga diperoleh 160 tanaman atau galur F_6 . Benih masing-masing galur F_6 dibagi dua untuk evaluasi pada kondisi tanah P+ dan P-. Kegiatan pembentukan galur padi F_6 dari hasil persilangan menggunakan metode modifikasi bulk dapat dilihat pada Gambar 1.

Evaluasi galur F_6 di masing-masing kondisi tanah mengikuti rancangan augmented (Peterson 1994)

dengan lima blok, ukuran petak 1 m x 5 m, dengan lima varietas pembanding, yaitu Ciherang, IR64, Inpari 1, Inpari 13, dan Gampai. Pengamatan meliputi tinggi tanaman, jumlah anakan produktif, panjang malai, bobot satu malai, jumlah gabah isi per malai, bobot 1.000 butir, dan hasil gabah. Sifat-sifat tersebut merupakan karakter yang terkait dengan hasil (Khan *et al.* 2009, Hairmansis *et al.* 2010, Sadeghi 2011).



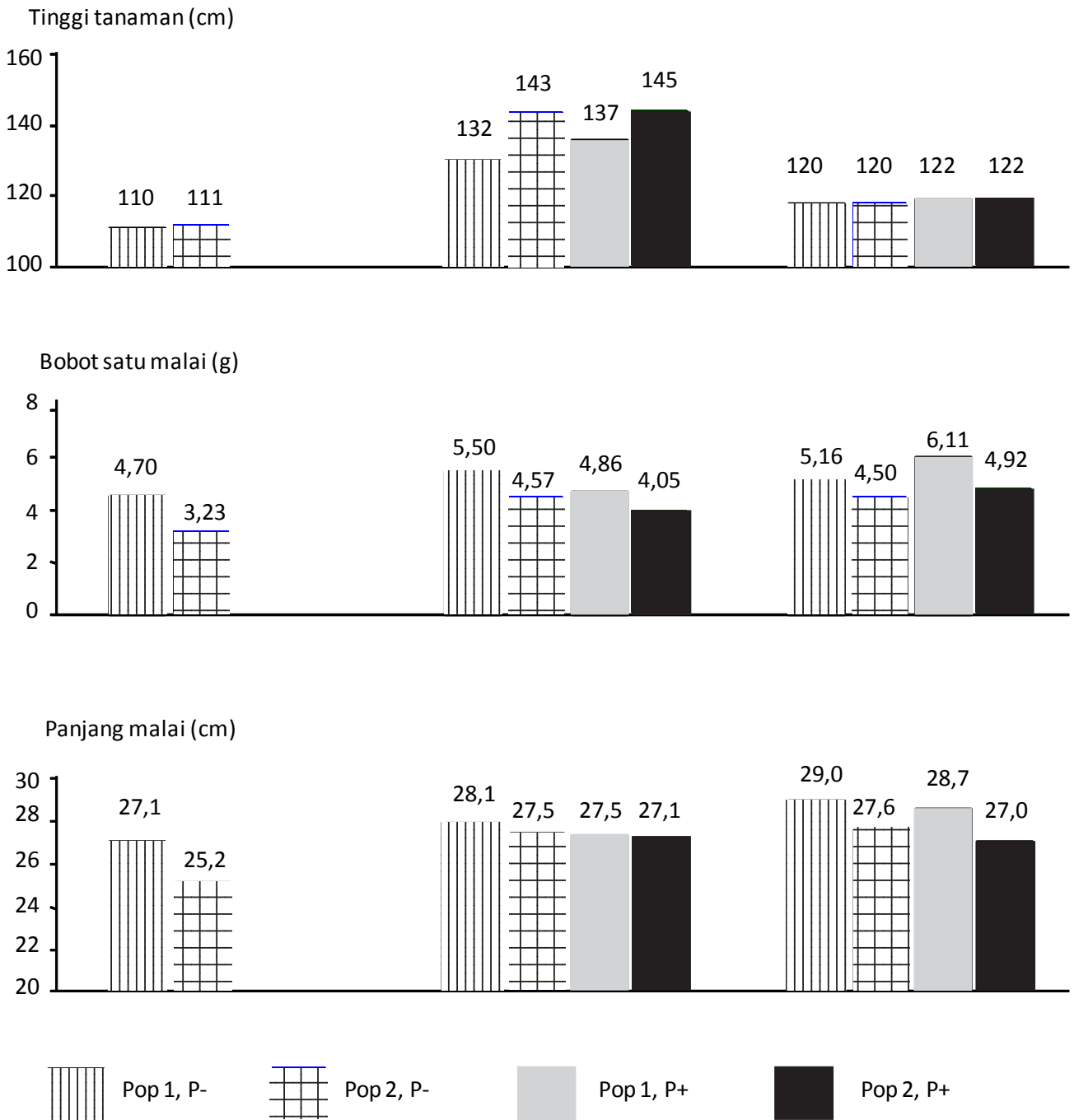
Gambar 1. Tahapan pembentukan galur padi F_6 dari hasil persilangan menggunakan metode modifikasi bulk. A: IR6008023; B: Bernas Prima; C: Gampai; D: Progol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data tinggi tanaman, bobot satu malai dan panjang malai generasi F_3 , F_4 dan F_5 dari dua populasi yang diseleksi pada lingkungan P- dan P+, disajikan pada Gambar 2. Sifat-sifat yang diamati, terutama bobot satu malai dan panjang malai, tidak banyak berubah antargenerasi, sedangkan tanaman generasi F_4 lebih tinggi dari F_3 dan

F_5 . Perbedaan tersebut diduga disebabkan oleh musim tanam dan bukan faktor genetik.

Penampilan umum galur-galur F_6 yang ditanam di lingkungan P+ lebih baik daripada lingkungan P-. Hal ini menunjukkan adanya cekaman kekurangan P pada lingkungan P-. Hasil analisis ragam data hasil dan peubah lain yang diamati disajikan pada Tabel 1. Blok berpengaruh nyata terhadap hasil, jumlah gabah isi per



Gambar 2. Rata-rata tinggi tanaman, bobot satu malai, dan panjang malai dua populasi padi (Pop 1 dan Pop 2) generasi F_3 , F_4 dan F_5 .

Tabel 1. Kuadrat tengah hasil analisis ragam karakter hasil dan komponen hasil galur-galur padi generasi F₆ dievaluasi pada dua lingkungan produksi P optimum dan suboptimum.

Sumber ragam	db	Hasil gabah	Bobot satu malai	Σgabah isi	Bobot 1.000 butir	Panjang malai	Σanakan produktif	Tinggi tanaman	Umur bunga 50%
Blok	4	4,4*	3,2ns	3339,9*	3,0ns	8,9ns	29,2ns	434,3*	14,1**
Fosfor	1	22,3**	0,4ns	0,5ns	4,9ns	19,0*	58,2ns	465,9*	299,8**
Blok*Fosfor	4	2,7**	6,6*	3452,9*	8,6*	17,2*	44,1ns	1730,4**	11,3**
Galur_vs_cek	1	10,8**	95,4**	41997,4**	105,6**	735,8**	632,6**	34380,8**	37,8**
Cek	4	1,3*	3,3ns	1660,8*	20,3**	12,6*	33,4ns	275,9*	5,1*
Galur	78	1,9**	1,3ns	1594,8*	11,5**	5,4ns	8,6ns	583,9**	5,4**
Fosfor*Galur_vs_cek	1	10,8**	5,8ns	7349,6*	0,2ns	16,1*	1,0ns	19,8ns	0,34ns
Fosfor*cek	4	1,2ns	2,1ns	742,2ns	1,5ns	7,4ns	34,6ns	161,7ns	2,7ns
Fosfor*galur	78	1,8**	1,4ns	1479,5*	13,2**	6,9*	13,3ns	5,6**	5,4**

* = berbeda nyata, ** = berbeda sangat nyata, ns = tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

malai, tinggi tanaman, dan umur berbunga. Oleh karena itu, nilai hasil pengamatan gelur-galur harus dikoreksi (*adjusted*) sesuai dengan blok.

Pengaruh interaksi fosfor x check (varietas pembandingan) tidak nyata terhadap hasil dan peubah lainnya. Hal ini menunjukkan tidak ada perbedaan respon terhadap P antarvarietas pembandingan. Interaksi P dengan galur berpengaruh sangat nyata terhadap hasil gabah dan sangat nyata atau nyata terhadap karakter lainnya, kecuali bobot satu malai dan jumlah anakan produktif. Hal ini menunjukkan perbedaan respon terhadap P atau galur. Perbedaan respon tersebut dapat dilihat pada hasil gabah, bobot 1.000 butir, tinggi tanaman, umur berbunga, jumlah gabah isi dan panjang malai.

Hasil galur-galur yang dievaluasi pada lingkungan P+ dan P- disajikan pada Tabel 2. Rata-rata hasil seluruh galur pada lingkungan P+ mencapai 4,88 t/ha, nyata lebih tinggi dibandingkan dengan lingkungan P-, yaitu 3,97 t/ha. Hal ini menunjukkan adanya cekaman kekurangan P pada lingkungan P-. Pada lingkungan P+ tidak terdapat perbedaan yang nyata hasil antargalur menurut asal populasi maupun lingkungan seleksi. Akan tetapi, hasil galur yang berasal dari seleksi pada lingkungan P-, nyata lebih tinggi daripada yang berasal dari seleksi pada P+. Dengan demikian, seleksi untuk galur-galur yang adaptif pada lingkungan P- sebaiknya dilakukan pada kondisi P-, sedangkan untuk yang adaptif pada lingkungan P+ seleksi dapat dilakukan pada lingkungan P+ maupun P-.

Kisaran hasil gabah antargalur dalam populasi maupun lingkungan seleksi cukup besar (Tabel 2). Hal ini menunjukkan keragaman hasil antargalur dalam populasi maupun lingkungan seleksi, sehingga memungkinkan diseleksi lebih lanjut. Dari simulasi seleksi dengan intensitas 10% dan kriteria hasil tinggi pada setiap kelompok galur menurut populasi dan lingkungan asal seleksi diperoleh 16 galur atau empat

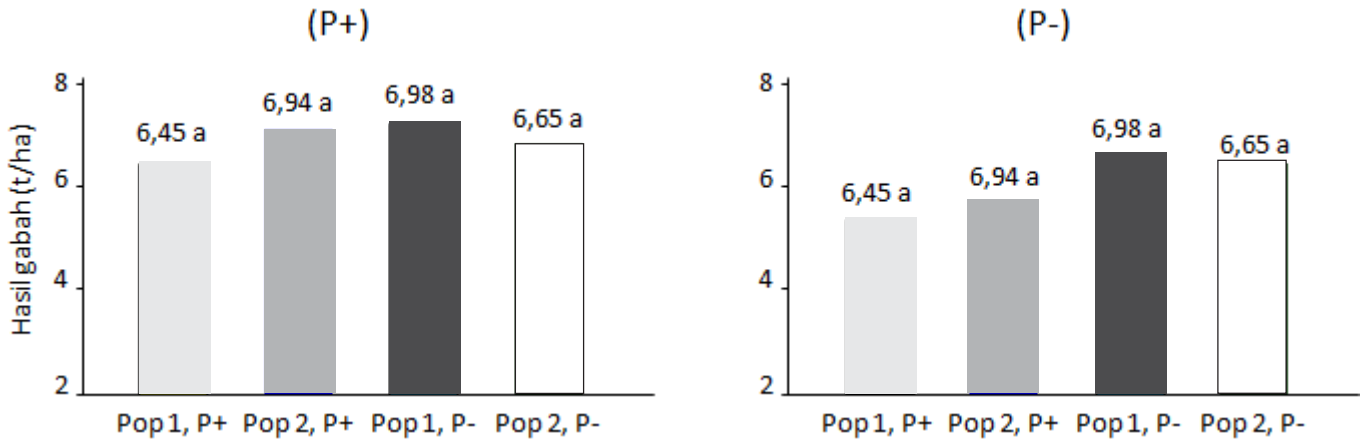
Tabel 2. Rata-rata dan kisaran hasil seleksi *modifikasi bulk* galur padi generasi F₆ pada kondisi fosfor yang berbeda.

Ling-kungan seleksi	Populasi	Lingkungan evaluasi			
		P+		P-	
		Hasil (t/ha)	Kisaran	Hasil (t/ha)	Kisaran
(P+)	¹ Pop 1	4,57 a	2,45-7,68	3,39 b	2,00-5,68
	¹ Pop 2	4,91 a	2,73-7,93	3,68 b	2,37-5,83
	Rerata	4,74 a	2,45-7,93	3,53 b	2,00-5,83
(P-)	¹ Pop 1	5,13 a	3,09-8,02	4,50 a	2,25-6,65
	¹ Pop 2	4,80 a	2,13-7,75	4,19 a	2,20-6,90
	Rerata	5,00 a	2,13-8,02	4,38 a	2,20-6,90
	Total	4,88 A	2,13-8,02	3,97 B	2,00-6,90

¹Pop 1: IR60080-23/Bernas Prima and Pop 2 : Gampai/Progol. Nilai diikuti huruf sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji t pada taraf 5%. Huruf kecil membedakan populasi dalam lingkungan seleksi dan antar rata-rata lingkungan seleksi, huruf besar membedakan antar lingkungan evaluasi.

galur dari setiap kelompok. Rata-rata hasil dari masing-masing kelompok galur yang terseleksi disajikan pada Gambar 3. Perbandingan rata-rata hasil antarkelompok galur yang terseleksi sama dengan seluruh galur sebelum seleksi. Hal ini menegaskan seleksi untuk galur-galur yang adaptif pada lingkungan P- sebaiknya dilakukan pada kondisi P-, sedangkan untuk yang adaptif pada lingkungan P+ seleksi dapat dilakukan pada lingkungan P+ maupun P-.

Dari komposisi galur terseleksi untuk lingkungan P+ diperoleh tujuh galur asal lingkungan seleksi P+ dan sembilan galur dari lingkungan P-. Dari lingkungan P- terpilih hanya empat galur dari lingkungan seleksi P+ dan 12 galur dari lingkungan seleksi P- (Tabel 3). Hal ini menegaskan galur-galur berdaya hasil tinggi pada lingkungan P+ dapat diperoleh dari seleksi pada



Gambar 3. Rata-rata hasil (t/ha) pada lingkungan P+ dan P- dari 10% galur padi terbaik generasi F₆, persilangan IR6008023/Bernas Prima (Pop 1) dan Gampai/Progol (Pop 2), hasil seleksi modifikasi bulk pada lingkungan P+ dan P-.

lingkungan P+ maupun P-, sedangkan galur-galur berdaya hasil tinggi pada lingkungan P- sebagian besar diperoleh dari lingkungan seleksi P-.

Berdasarkan populasi asalnya, galur yang terpilih dari Pop 1 dan Pop 2 relatif tidak berbeda masing-masing 9 dan 7 galur untuk lingkungan P+ dan 8 galur untuk lingkungan P-. Hal ini menunjukkan kedua persilangan tersebut menghasilkan galur-galur terseleksi yang tidak berbeda daya hasilnya, baik di lingkungan P+ maupun P-. Pop 1 adalah keturunan persilangan IR6008023/Bernas Prima. Bernas Prima adalah varietas unggul padi hibrida yang berdaya hasil tinggi. Meskipun demikian, galur yang terseleksi tidak menunjukkan hasil yang lebih tinggi dari persilangan lainnya. Hasil tinggi padi hibrida disebabkan oleh pengaruh heterosis (Satoto dan Suprihatno 2008), sedangkan galur-galur hasil persilangannya merupakan galur inbrida yang tidak memiliki pengaruh heterosis.

Dari simulasi seleksi dengan intensitas 10% dan kriteria hasil tinggi terhadap seluruh galur tanpa memperhatikan lingkungan seleksi dan populasi asal, diperoleh masing-masing 16 galur dari lingkungan P+ dan P-. Galur-galur terseleksi yang disusun berurutan dari hasil tertinggi disajikan pada Tabel 4. Pada lingkungan P+ galur-galur terseleksi memberikan hasil rata-rata 6,85 t/ha dengan kisaran 6,10–8,02 t/ha. Pada lingkungan P-, galur-galur terseleksi mempunyai hasil rata-rata 6,01 t/ha dengan kisaran 5,22–6,09 t/ha. Semua galur yang terseleksi untuk P+ maupun P- menunjukkan hasil lebih tinggi dan sebagian besar berbeda nyata dibandingkan dengan varietas pembanding terbaik. Hal ini menunjukkan metode modifikasi bulk efektif dalam mendapatkan galur-galur berdaya hasil tinggi.

Tabel 3. Komposisi galur terseleksi dengan hasil tinggi untuk lingkungan P+ dan P- menurut asalnya.

Ling-kungan	Galur terseleksi	Jumlah galur			
		Lingkungan seleksi		Populasi	
		P+	P-	Pop 1	Pop 2
P+	16	7	9	9	7
P-	16	4	12	8	8

P+ = P optimum, P- = P suboptimum

Pada lingkungan P+ urutan galur tidak dipengaruhi oleh asal populasi maupun lingkungan seleksi. Pada lingkungan P-, urutan galur juga tidak dipengaruhi oleh asal populasi, tetapi sangat dipengaruhi oleh lingkungan seleksi. Galur-galur dengan hasil tertinggi, 9 galur urutan teratas, pada lingkungan P- berasal dari lingkungan seleksi P-. Hal ini sejalan dengan pembahasan sebelumnya.

Galur-galur yang dievaluasi diperoleh melalui metode modifikasi bulk pada kondisi P+ dan P- yang dilanjutkan dengan seleksi individu pada generasi F₅. Seleksi individu didasarkan pada kriteria yang terkait dengan hasil gabah yaitu ukuran malai, jumlah anakan, dan hasil per rumpun. Pada kondisi P-, kriteria seleksi mencakup hasil gabah dan toleransi terhadap kondisi P-, sedangkan pada kondisi P+ hanya berdasarkan hasil gabah. Galur-galur hasil seleksi pada kondisi P- mempunyai hasil gabah tinggi dan toleran terhadap P-, sedangkan galur-galur hasil seleksi pada P+ hanya memiliki hasil tinggi tetapi tidak sesuai untuk kondisi P-. Sebagian besar dari 10% galur terseleksi untuk kondisi

P+ berbeda dengan yang terseleksi untuk P-. Dari 16 galur terseleksi untuk P+ dan P- hanya tiga galur yang sama, yaitu B14251E-MR-PS-44, B14251E-MR-PS-40, dan B14251E-MR-PO-25.

Meskipun terpilih untuk kedua kondisi P, galur-galur tersebut berada pada urutan atau rangking berbeda pada perlakuan P+ dan P-. Galur B14251E-MR-PS-44 berada pada urutan ke-3 pada perlakuan P+ tetapi urutan ke-7 pada perlakuan P-. B14251E-MR-PS-40 berada pada urutan ke-14 pada perlakuan P+ tetapi urutan ke-2 pada kondisi P-, sedangkan B14251E-MR-PO-25 berada pada urutan terakhir pada kondisi P+ tetapi urutan ke-14 pada perlakuan P-. Galur yang memberikan hasil tertinggi pada kedua kondisi P berbeda adalah B14252E-MR-PS-25 (8,02 t/ha) pada kondisi P+ dan

B14251E-MR-PS-21 (6,09 t/ha) pada kondisi P-. Lima galur yang menunjukkan hasil tertinggi pada kedua kondisi P juga berbeda, bahkan dari 10 galur dengan hasil tertinggi di masing-masing kondisi P hanya satu galur yang sama. Hal ini menunjukkan seleksi untuk mendapatkan galur dengan hasil tinggi pada kondisi P+ harus dilakukan pada kondisi P+ dan untuk mendapatkan galur dengan hasil tinggi pada kondisi P- harus dilakukan pada kondisi P-.

Sifat-sifat agronomis 10% galur terbaik untuk masing-masing kondisi P dapat dilihat pada Tabel 5. Galur-galur terpilih dengan hasil tinggi pada kondisi P+ dan P- umumnya mempunyai umur, jumlah anakan produktif, dan bobot 1.000 butir gabah tidak banyak berbeda dengan varietas pembanding. Meskipun demikian, di

Tabel 4. Rata-rata hasil dari seleksi 10% galur padi terbaik generasi F₆ pada lingkungan produksi P optimum (P+) dan P suboptimum (P-).

Lingkungan produksi	Rangking	Galur	Hasil (t/ha)	Asal	
				Lingkungan seleksi	Populasi
P+	1	B14252E-MR-PS-25	8,02*	P-	Pop 1
	2	B14251E-MR-PO-27	7,93*	P+	Pop 2
	3	B14251E-MR-PS-44	7,75*	P-	Pop 2
	4	B14252E-MR-PO-8	7,68*	P+	Pop 1
	5	B14251E-MR-PO-5	7,09*	P+	Pop 2
	6	B14252E-MR-PS-9	6,90*	P-	Pop 1
	7	B14252E-MR-PS-2	6,84*	P-	Pop 1
	8	B14251E-MR-PS-33	6,65*	P-	Pop 2
	9	B14251E-MR-PO-28	6,63*	P+	Pop 2
	10	B14252E-MR-PS-13	6,55*	P-	Pop 1
	11	B14252E-MR-PS-31	6,51*	P-	Pop 1
	12	B14252E-MR-PS-30	6,46*	P-	Pop 1
	13	B14252E-MR-PO-13	6,19	P+	Pop 1
	14	B14251E-MR-PS-40	6,12	P-	Pop 2
	15	B14252E-MR-PO-32	6,11	P+	Pop 1
	16	B14251E-MR-PO-25	6,10	P+	Pop 2
			Rata-rata	6,85 a	
		Inpari 13	4,51		
P-	1	B14251E-MR-PS-21	6,90*	P-	Pop 2
	2	B14251E-MR-PS-40	6,72*	P-	Pop 2
	3	B14252E-MR-PS-48	6,65*	P-	Pop 1
	4	B14252E-MR-PS-43	6,50*	P-	Pop 1
	5	B14252E-MR-PS-8	6,44*	P-	Pop 1
	6	B14252E-MR-PS-11	6,13*	P-	Pop 1
	7	B14251E-MR-PS-44	6,06*	P-	Pop 2
	8	B14252E-MR-PS-37	6,00*	P-	Pop 1
	9	B14252E-MR-PS-1	5,87*	P-	Pop 1
	10	B14251E-MR-PO-40	5,83*	P+	Pop 2
	11	B14252E-MR-PO-10	5,68	P+	Pop 1
	12	B14252E-MR-PS-32	5,64	P-	Pop 1
	13	B14251E-MR-PO-35	5,63	P+	Pop 2
	14	B14251E-MR-PO-25	5,47	P+	Pop 2
	15	B14251E-MR-PS-48	5,34	P-	Pop 2
	16	B14251E-MR-PS-31	5,22	P-	Pop 2
			Rata-rata	6,01 b	
		Gampai	4,41		

Nilai diikuti huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji t pada taraf 5%.

(*) nyata lebih besar dari varietas pembanding terbaik, Inpari 13 dan Gampai, berdasarkan uji LSI pada taraf 5%.

antara galur-galur terpilih pada kondisi P- terdapat galur yang sangat genjah dengan umur berbunga kurang dari 90 hari dan lebih genjah daripada Inpari 13 yang merupakan varietas unggul berumur sangat genjah. Galur-galur tersebut adalah B1452E-MR-PS-43, B1452E-MR-PS-8, dan B1451E-MR-PO-35 dengan umur berbunga masing-masing 89, 86, dan 85 hari. Di antara galur-galur terpilih juga terdapat galur yang memiliki bobot 1.000 butir gabah sangat tinggi, di atas 30 g dan lebih tinggi daripada semua varietas pembanding. Galur-galur tersebut adalah B1452E-MR-PO-8, B1452E-MR-PS-9, B1452E-MR-PS-31, B1452E-MR-PO-32 dengan bobot 1.000 butir gabah 31,1–37,3 g pada kondisi P+ dan B1451E-MR-PO-35 dengan bobot 1.000 butir gabah 36,8 g pada kondisi P-.

Galur-galur terpilih mempunyai kisaran tinggi tanaman 95–148 cm pada kondisi P+ dan 90–159 cm pada kondisi P-, umumnya lebih tinggi daripada varietas pembanding terbaik maupun varietas pembanding lainnya. Varietas pembanding tertinggi pada kondisi P+ dan P- masing-masing adalah Ciherang (94 cm) dan Inpari 1 (91 cm). Meskipun galur-galur terpilih pada kondisi P+ dan P- tersebut lebih tinggi daripada varietas pembanding, tetapi tidak roboh hingga saat dipanen.

Galur-galur terpilih pada kondisi P+ maupun P- umumnya mempunyai bobot satu malai, panjang malai, dan jumlah gabah isi/malai lebih besar daripada varietas pembanding. Galur-galur terpilih pada kondisi P+ mempunyai kisaran bobot satu malai 3,54–6,45 g/malai,

Tabel 5. Sifat agronomis 10% galur terbaik dengan hasil gabah tertinggi.

Ling-kungan	Galur	Umur (hari)	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah anakan produktif (batang)	Bobot satu malai (g)	Panjang malai (cm)	Jumlah gabah isi (butir)	Bobot 1.000 butir (g)
P+	B14252E-MR-PS-25	99	148	7	4,44	32,23	198	22,48
	B14251E-MR-PO-27	92	127	15	3,88	26,82	179	17,68
	B14251E-MR-PS-44	104	125	12	4,19	29,00	206	20,04
	B14252E-MR-PO-8	103	117	13	3,54	30,79	96	31,09
	B14251E-MR-PO-5	100	108	14	3,75	28,97	176	21,01
	B14252E-MR-PS-9	107	114	12	4,36	29,10	102	32,76
	B14252E-MR-PS-2	119	132	14	5,50	28,12	213	20,56
	B14251E-MR-PS-33	103	148	7	6,45	29,12	189	26,94
	B14251E-MR-PO-28	89	95	8	3,58	21,22	113	24,32
	B14252E-MR-PS-13	107	117	13	3,64	27,03	157	23,28
	B14252E-MR-PS-31	101	114	10	4,85	29,02	122	31,13
	B14252E-MR-PS-30	103	130	10	5,28	32,30	173	23,63
	B14252E-MR-PO-13	107	106	11	5,14	30,60	167	25,54
	B14251E-MR-PS-40	96	129	11	5,08	30,44	195	23,43
	B14252E-MR-PO-32	96	114	12	3,54	28,38	79	37,28
	B14251E-MR-PO-25	99	125	8	6,14	30,76	181	26,25
	Rata-rata	102	122	11	4,59	28,99	159	25,46
INPARI 13	93	92	12	2,99	26,26	104	23,29	
P-	B14251E-MR-PS-21	97	136	12	5,75	30,46	170	25,82
	B14251E-MR-PS-40	92	90	14	4,01	28,31	179	24,78
	B14252E-MR-PS-48	106	117	16	2,64	33,96	95	27,00
	B14252E-MR-PS-43	89	118	15	2,04	27,62	91	25,18
	B14252E-MR-PS-8	86	146	12	4,72	31,12	116	22,24
	B14252E-MR-PS-11	106	136	16	4,47	31,37	139	26,60
	B14251E-MR-PS-44	96	135	17	5,36	30,48	168	21,15
	B14252E-MR-PS-37	93	159	10	5,90	30,56	182	23,44
	B14252E-MR-PS-1	94	115	12	5,22	30,48	175	25,83
	B14251E-MR-PO-40	104	128	18	4,91	29,42	133	28,17
	B14252E-MR-PO-10	91	117	11	3,53	27,28	118	25,78
	B14252E-MR-PS-32	97	107	10	4,83	28,84	148	26,38
	B14251E-MR-PO-35	85	101	12	5,79	29,03	160	36,83
	B14251E-MR-PO-25	95	148	12	5,90	31,58	192	25,80
	B14251E-MR-PS-48	106	124	10	6,19	28,60	232	22,83
	B14251E-MR-PS-31	97	126	5	5,73	33,67	199	21,97
	Rata-rata	97	125	13	4,81	30,17	156	25,61
Gampai	100	83	12	3,71	23,41	115	20,44	

P+ = P optimum, P- = P suboptimum

sedangkan bobot malai terbesar dari varietas pembanding adalah 2,99 g yang dimiliki Inpari 13.

Pada kondisi P- hanya tiga galur yang memiliki bobot malai lebih kecil daripada varietas pembanding Gampai, sedangkan galur terpilih lainnya lebih besar dengan kisaran 4,01–6,19 g/malai. Varietas pembanding dengan malai terpanjang pada kondisi P+ adalah Inpari 13 yaitu 26,3 cm. Hanya satu galur terpilih yang memiliki malai lebih pendek, sedang galur terpilih lainnya memiliki malai lebih panjang yaitu 26,8–32,3 cm. Varietas pembanding yang memiliki malai terpanjang pada kondisi P- adalah Inpari 1 yaitu 26,0 cm. Semua galur terpilih pada kondisi P- memiliki malai lebih panjang dari varietas pembanding dengan kisaran 27,3–34,0 cm. Demikian juga jumlah gabah isi/malai, hanya dua galur yang lebih kecil dari varietas pembanding, sedangkan galur terpilih lainnya lebih besar.

KESIMPULAN

Metode seleksi modifikasi bulk pada keturunan persilangan padi generasi awal hingga F_4 yang diikuti dengan seleksi galur efektif untuk mendapatkan galur-galur berdaya hasil tinggi. Untuk mendapatkan galur-galur padi berdaya hasil tinggi pada kondisi P-, metode seleksi modifikasi bulk dianjurkan pada kondisi P- diikuti dengan seleksi pada kondisi P-. Guna mendapatkan galur-galur berdaya hasil tinggi pada kondisi P+ dianjurkan penggunaan metode seleksi modifikasi bulk pada kondisi P+ atau P-, diikuti dengan seleksi galur pada kondisi P+.

Dari penelitian ini diperoleh 10 galur dari lingkungan P- dan 12 galur dari lingkungan P+ yang berdaya hasil, nyata lebih tinggi daripada varietas pembanding terbaik. Lima galur dengan hasil tertinggi pada lingkungan P- adalah B14251E-MR-PS-21, B14251E-MR-40, B1252E-MR-PS-48, B1252E-MR-PS-43, dan B1252E-MR-PS-8, sedangkan pada lingkungan P+ adalah B1452E-MR-PS-25, B1451E-MR-PO-27, B1451E-MR-PS-44, B1452E-MR-PO-8, dan B1451E-MR-PO-5.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Badan Litbang Penelitian dan Balai Besar Penelitian Tanaman Padi yang telah memberikan biaya penelitian dan beasiswa kepada penulis selama studi di IPB, serta rekan-rekan teknisi dan staf peneliti di Kebun Percobaan Muara, Bogor. Ucapan terima kasih penulis juga disampaikan kepada Kepala dan staf Unit Pelaksana Teknis (UPT) Leuwiliang, Bogor, sehingga penelitian dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Acquaah, G. 2007. Principle of plant genetics and breeding. 2007. Australia (AU): Blackwell Publishing. 584p.
- BB Padi (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi). 2015. Deskripsi varietas padi. Sukamandi: BB Padi.
- Bhattacharyya, P., S. Das, and T.K. Adhya. 2013. Root exudates of rice cultivars affect rhizospheric phosphorus dynamics in soils with different phosphorus status. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 44:1643-1658.
- Chahal, G.S. and S.S. Gosal. 2003. Principle and procedures of plant breeding: Biotechnological and conventional approaches. Narosa Publishing House Kolkata. New Dehli (IN). 604p.
- Fairhurst, T.H., C. Witt, R.J. Buresh, and A. Dobermann. 2007. Rice: A practical guide to nutrient management. Manila (PH): International Rice Research Institute. 2nd Edition. 48p.
- Hairmansis, A., B. Kustianto, Supartopo, and Suwarno. 2010. Correlation analysis of Agronomic characters and grain yield of rice for tidal swamp areas. *Indonesian Journal of Agricultural Science* 11(1):11-15.
- Ismail, A.M., S. Heuer, M.J. Thomson, and M. Wissuwa. 2007. Genetic and genomic approaches to develop rice germplasm for problem soils. *Plant Mol. Biol.* 65:547-570.
- Khan, A.S., M. Imran, and M.A. Ashfaq, 2009. Estimation of genetic variability and correlation for grain yield components in rice. *Am-Euras Journal Agriculture & Environmental Science* 6(5):585-590.
- Lubis, E., R. Hermanasari, Sunaryo, A. Santika, dan E. Suparman. 2007. Toleransi galur padi gogo terhadap cekaman biotik. *Dalam: Prosiding Apresiasi Hasil Penelitian Padi. Buku II. Sukamandi: BB Padi. p.725:739.*
- Lynch, J.P. 2007. Roots of the second green revolution. *Australian Journal of Botany.* 55:493-512.
- Lynch, J.P. and K.M. Brown. 2008. Root strategies for phosphorus acquisition. *Plant Ecophysiology* 7:83-116.
- Nugraha, Y. 2016. Pengembangan metode seleksi dan studi genetik karakter toleransi keracunan besi pada tanaman padi. Disertasi. Institut Pertanian Bogor.
- Peterson, R.G. 1994. Agricultural field experiments design and analysis. New York (US): Marcel Dekker, Inc.
- Prasetyo, B.H. dan D.A. Suriadikarta. 2006. Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah Ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia. *J. Litbang Pertanian* 25(2):40-46.
- Ramaekers, L, R. Roseline, I. Rao, M. Blair, and J. Vanderleyden. 2010. Strategies for improving phosphorus acquisition efficiency of crop plants. *Field Crops Research* 117(2-3):169-176.
- Richardson, A.E., P.J. Hocking, R.J. Simpson, and T.S. George. 2009. Plant mechanisms to optimise access to soil phosphorus. *Crop Pasture Sci.* 60:124-143.
- Sadeghi, S.M. 2011. Heritability, phenotypic correlation and path coefficient studies for some agronomic characters in landrace rice varieties. *World Applied Sci. J.* 13(5):1229-1233.
- Satoto dan B. Suprihatno. 2008. Pengembangan padi hibrida di Indonesia. *Iptek Tanaman Pangan* 3(1):27-40.
- Suwarno, E. Lubis, and B. Kustianto. 2009. Progress of upland rice breeding in Indonesia since 1991. *Internat. Rice Res. Inst., IRRI, Limited Proceedings Series* 14:98-102.

- Tasliah, T. Suhartini, J. Prasetyono, I.H. Somantri, dan M. Bustaman. 2011. Respon genotipe padi gogo terhadap defisiensi P. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 30(3):172-181.
- Vance, C.P. 2008. Plant without arbuscular mycorrhizae. *In*: White, P.J. and J.P. Hammond (*Eds.*). *The Ecophysiology of Plant-Phosphorus Interactions*. Springer, Dordrecht, The Netherlands: 117-142p.
- Wissuwa, M, and N. Ae. 2001. Genotypic variation for adaptive to phosphorus deficiency in rice and the potential for its exploitation in rice improvement. *Plant Breeding* 120:43-48.
- Wissuwa, M. 2003. How do plants achieve adaptive to phosphorus deficiency? Small causes with big effects. *Plant Physiol.* 133:1947-1958.
- Wissuwa, M, M. Mazzola, and C. Picard. 2009. Novel approaches in plant breeding for rhizosphere-related traits. *Plant and Soil* 321(1):409-430.
-