

# PERTUMBUHAN AKAR DUAPULUH GENOTIP PADI GOGO PADA KAHAT FOSFOR DAN CEKAMAN ALUMINIUM<sup>1</sup>

## [The Growth of Twenty Upland Rice Genotypes Root at Phosphorous Deficiency and Aluminium Toxicity]

Tintin Suhartini

Balai Besar Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian  
Jln Tentara Pelajar No. 3 A, Bogor  
e-mail: tintinsuhartini@yahoo.com

### ABSTRACT

Phosphorous insufficiency is a limiting factor for rice production. P deficiency in acid soil of tropical regions causing fixation of Al. Because of it, the giving P fertilizers in acid soil become not efficient. To exploit tolerance varieties to P deficiency and Al toxicity are one of the solutions to decrease P fertilizers. The objective of this experiment was to screen twenty upland rice genotypes for P deficiency and Al toxicity, and double stress Al toxicity and P deficiency in culture solution. The experiment was arranged in a split plot design with three replications. The main plots were aluminium treatment (without and 45 ppm Al), the sub plots were P treatments (0 ppm P, 0,5 ppm P, 5 and 10 ppm P) and twenty genotypes of upland rice were sub-sub plot. The root length and root dry weight characters were used to identify genotypes tolerant to P deficiency and Al toxicity. The results indicated that based on the root length character, Sentani and K36-5-1-1 were tolerant to Al toxicity and double stress P deficiency and Al toxicity; while based on the root dry weight character, K36-5-1-1 and NIL-C443 were tolerant to P deficiency, Al toxicity and double stress P deficiency.

**Kata kunci/keywords:** Padi gogo/upland rice, kahat fosfat/phosphate deficiency/ cekaman aluminium/aluminium toxicity

### PENDAHULUAN

Lahan kering di Indonesia didominasi oleh tanah-tanah masam, antara lain tanah ultisol yang mencakup podsolik merah kuning dan latosol (Hidayat dan Mulyani, 2002). Di wilayah Sumatera, setengah luas daratannya didominasi tanah ultisol yang bersifat masam serta kahat hara (Tejoyuwono, 2006). Padi gogo varietas lokal yang tumbuh di Propinsi Jambi dan Sumatra Selatan umumnya memiliki tingkat adaptasi dan toleransi yang tinggi pada tanah masam dengan hasil gabah yang relatif normal ( $\pm 3$  t/ha) walaupun tingkat hasil gabahnya rendah secara nasional ( $\pm 6$  t/ha). Tingkat adaptasi dan toleransi padi gogo varietas lokal yang baik kemungkinan terkait dengan pembentukan perakaran yang lebih dalam atau kemungkinan kemampuan akar menyerap P (fosfor) dari dalam tanah yang lebih efisien. Menurut Polle dan Konzak (1990), adadua kemungkinan tanaman efisien terhadap P rendah, *pertama* tanaman mampu mengambil hara P lebih banyak pada kondisi fiksasi P tinggi, *kedua* tanaman mampu memanfaatkan P yang diserap secara efisien.

Ketersediaan fosfor yang rendah merupakan salah satu faktor pembatas pertumbuhan tanaman padi. Fosfor berperan dalam berbagai proses penting dalam

pertumbuhan tanaman seperti pembentukan anakan dan akar tanaman (Suhartatik *et al.*, 2006). Kahat P mengakibatkan pertumbuhan tanaman padi terhambat, tumbuh kerdil, daun berwarna kuning kecoklatan, pembentukan malai terganggu (Anonim, 2008).

Ketersediaan P yang rendah pada tanah masam terutama disebabkan adanya fiksasi Al (Subagyo *et al.*, 2000). Adanya fiksasi tersebut menyebabkan ketersediaan hara dalam tanah rendah dan menyebabkan pemupukan menjadi tidak efisien. Fosfor akan terikat dalam bentuk sulit larut karena sebagian besar P terikat melalui penyerapan dan presipitasi (Widodo, 2004). Diduga lebih dari 90% pemupukan P berubah ke dalam bentuk yang tidak mudah dimanfaatkan oleh tanaman (Wissuwa dan Ae, 2001). Penelitian Wissuwa dan Ae (2001) memperoleh padi galur NIL-Pupl efisien menyerap P pada kondisi P rendah. Pada kondisi kahat P, galur NIL-Pup 1 memiliki kecepatan pertumbuhan akar lebih tinggi dan lebih efisien dalam pengambilan hara dibandingkan dengan Nipponbare asal tetuanya. Dari peneliti yang sama diperoleh hasil seleksi 30 genotip padi menunjukkan perbedaan yang cukup bervariasi dalam menyerap P dengan interval 0,6 mg hingga 12,9 mg P per tanaman. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa toleransi

varietas lokal lebih baik terhadap kahat P dibandingkan varietas unggul. Berdasarkan contoh di atas ada indikasi terdapat keragaman antargenotip padi dalam kemampuannya menyerap P secara lebih efisien pada kondisi kandungan P dalam tanah rendah.

Oleh karena itu perbaikan genotip yang toleran dan efisien P dapat dilakukan dalam mendukung perbaikan varietas padi untuk area P rendah. Dalam membedakan keragaman genetik genotip padi terhadap kahat P, ukuran dan sistem perakaran dapat digunakan sebagai kriteria ketahanan (Wissuwa, 2003). Varietas unggul padi gogo yang ada saat ini belum banyak yang diarahkan pada kondisi tersebut di atas. Namun demikian melalui penyaringan dari sejumlah genotip yang tersedia, diharapkan ada yang toleran dan dapat dikembangkan sebagai sumber gen ketahanan.

Kandungan Al yang tinggi pada tanah masam dapat mengganggu pertumbuhan tanaman dan merusak perakaran sehingga menyebabkan tidak efisiennya akar menyerap unsur hara dan air (Ma *et al*, 2001). Keracunan Al menyebabkan sistem perakaran tidak berkembang, pendek dan tebal, karena terhambatnya perpanjangan sel. Oleh karena itu karakter akar sering digunakan untuk menilai toleransi tanaman terhadap keracunan Al (Hanum *et al*, 2007).

Penghambatan pertumbuhan akar akibat keracunan Al telah banyak diteliti seperti pada padi (Nasution dan Suhartini, 1991; Khatiwada *et al*, 1996), kedelai (Soepandi *et al*, 2000), dan jagung (Sivaguru *et al*, 1999). Pada kejenuhan Al yang tinggi akan menghambat perpanjangan akar lateral kedelai, genotip yang peka keracunan Al perkembangan akarnya akan terganggu sedangkan varietas yang toleran tidak nyata pengaruhnya (Hanum *et al*, 2007). Melalui karakter pertumbuhan akar meliputi panjang akar dan bobot kering akar dengan vigor yang baik diharapkan dapat menduga toleransi tanaman terhadap kahat P, keracunan Al dan sekaligus cekaman ganda kahat P dan keracunan Al.

Tujuan penelitian ini untuk mempelajari respon padi gogo melalui pengamatan pertumbuhan akar terhadap kahat P dan cekaman Al serta menyeleksi genotip yang toleran terhadap kedua cekaman itu.

**BAHAPANMETODE**

Penelitian dilakukan di Rumahkaca BB-Biogen (Balai Besar Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian) dari Nopember 2006 hingga Januari 2007 dengan metode larutan hara (Yoshida, 1981). Genotipe padi yang diuji berjumlah duapuluh nomor terdiri dari varietas unggul padi gogo asal Indonesia yaitu Batur, Dodokan, Situ Bagendit, Situ Gintung, Way Rarem, Sentani, Singkarak, Silugonggo, Limboto, Tondano, Jatiluhur, Danau Tempe, Situ Patenggang, Kelimutu dan Arias serta galur introduksi *Oryza Illanos*, Kasalath dan tiga galur asal turunan Kasalath, yakni NIL-C443, K36-3-1-1-1 dan K36-5-1-1-1.

Penelitian disusun dalam percobaan rancangan petak-petak terpisah tiga ulangan. Sebagai petak utama 2 taraf Al (0 ppm dan 45 ppm Al), anak petak adalah 4 taraf P (0 ppm, 0,5 ppm, 5 ppm dan 10 ppm P); dan sebagai anak-anak petak adalah 20 genotip padi. Analisis sidik ragam dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan P dan Al terhadap karakter yang diamati.

Kecambah normal berumur 4 hari dengan panjang akar seragam dipindahkan ke media percobaan yang ditempatkan pada penyangga *styrofoam* yang diberi lubang dan diapungkan pada larutan hara dalam bak plastik berukuran 42 x 31 x 15 cm. Setiap bak berisi 10 liter larutan hara. Susunan perlakuan selengkapanya disajikan pada Tabel 1.

Pada percobaan ini perlakuan kahat P yang digunakan adalah 0 ppm, 0,5 ppm, 5 ppm dan 10 ppm; sedang perlakuan cekaman Al adalah 0 ppm dan 45 ppm. Pada perlakuan tanpa Al, pH dipertahankan 5,2-5,5, sedang pada perlakuan Al, pH dipertahankan masam (pH 4 ± 0,2) (Nasution dan Suhartini, 1991).

Tabel 1. Kombinasi perlakuan P dan Al pada 20 genotip padi dalam larutan hara

Perlakuan Al (ppm)	Perlakuan P ( ppm)			
	0	0,5	5	10
0	0 ppm Al, 0 ppm P	0 ppm Al; 0,5 ppm P	0 ppm Al, 5 ppm P	0 ppm Al, 10 ppm P
45	45 ppm Al, 0 ppm P	45 ppm Al; 0,5 ppm P	45 ppm Al, 5 ppm P	45 ppm Al, 10 ppm P

Untuk mengganti air yang hilang pada media akibat transpirasi, maka ditambahkan aquades setiap dua hari sekali dengan kondisi pH tetap dipertahankan. Pengukuran pH setiap dua hari sekali dan setiap minggu seluruh larutan hara diperbaharui. Ukuran dan sistem perakaran serta peubah bobot kering tanaman dapat digunakan sebagai indikator ketahanan terhadap cekaman kahat P (Wissuwa, 2003), sedang indikator keracunan Al digunakan sistem perakaran (Khatiwada *et al.*, 1996). Pada penelitian ini peubah yang diamati adalah panjang akar dan bobot kering akar.

Kriteria seleksi digunakan nilai penurunan, nilai ini sama dengan 100 % dikurangi persentase nilai relatif panjang akar (RPA) atau relatif bobot kering akar (RBkA). Nilai penurunan berbandingterbalik dengan nilai RPA maupun RBkA, bertambah kecil nilai penurunan bertambah tinggi nilai RPA maupun RBkA dan berarti bertambah tahan genotip terhadap karakter yang diamati. Nilai penurunan karakter terhadap pengaruh dua cekaman sekaligus atau cekaman ganda juga dilakukan terhadap genotip padi. Cekaman pada 0 ppm P dan 45 ppm Al disebut cekaman ganda I, sedang cekaman pada 0,5 ppm P dan 45 ppm Al disebut cekaman ganda II.

Nilai RPA dan RBkA dapat dihitung dengan cara membagi panjang akar atau bobot kering akar yang ditumbuhkan pada cekaman Al atau kahat P dengan panjang akar atau bobot kering akar yang ditumbuhkan pada tanpa cekaman. Kriteria genotip toleransi cekaman terhadap Al apabila memiliki nilai relatif panjang akar (RPA) > 50% (Khatiwada *et al.*, 1996), sedang genotip toleran kahat P memiliki nilai relatif  $\geq$  60% (SESIRRI, 1996).

## HASBL

Analisis sidik ragam menunjukkan panjang akar dan bobot kering akar berinteraksi sangat nyata dengan genotip (Tabel 2). Pengaruh Al sangat nyata terhadap panjang akar dan bobot kering akar dengan nilai F hitung paling tinggi, sedang pengaruh P sangat nyata pada bobot kering akar. Ada interaksi antara P dan Al serta interaksi P x Al x G terhadap panjang akar dan bobot kering akar. Karakter panjang akar dan bobot kering akar dapat digunakan untuk seleksi ketahanan genotip terhadap keracunan Al, sedang toleransi terhadap kahat P digunakan karakter bobot kering akar karena perlakuan P tidak nyata pada panjang akar.

Adanya perbedaan antar galur pada panjang akar dan bobot kering akar, maka data tidak bisa digunakan secara langsung untuk menduga toleransi Al maupun terhadap kahat P pada genotip tersebut. Oleh karena itu digunakan nilai relatif dari masing-masing sifat yang diamati sebagai kriteria seleksi. Dalam penelitian ini kriteria seleksi digunakan nilai penurunan. Perlakuan 45 ppm Al menurunkan panjang akar pada semua perlakuan P, besar kecilnya penurunan panjang akar dipengaruhi genotip (Tabel 3). Pengaruh cekaman ganda (kahat P dan cekaman Al) menurunkan panjang akar pada semua genotip (Tabel 4). Perlakuan 45 ppm Al umumnya menurunkan bobot kering akar pada semua perlakuan P, kecuali pada perlakuan 0 ppm P tidak semua genotip padi bobot kering akarnya menurun akibat cekaman Al. Besar kecilnya penurunan bobot kering akar akibat perlakuan 45 ppm Al di pengaruhi genotip, keadaan ini nampak pada perlakuan 0,5 ppm P, 5 ppm P dan 10 ppm P (Tabel 5). Pengaruh perlakuan P terhadap bobot kering akar pada perlakuan tanpa cekaman Al dapat dilihat pada Tabel 6. Bobot kering akar pada perlakuan kahat P (0 ppm dan 0,5 ppm P) tidak berbeda nyata antar genotip. Sedang

Tabel 2. Nilai F hitung pengaruh perlakuan P dan Al terhadap Karakter panjang akar dan bobot kering akar dalam larutan hara

Sumber keragaman	Panjang akar	Bobot kering akar
Aluminium (Al)	462,72 **	3853,77 **
Phosphor(P)	6,99 tn	27,95**
Al x P	13,68 *•	8,57**
Genotip (G)	48,54 **	6,96**
Al x G	6,18**	3,74**
P x G	3,37 **	3,00**
Al x P x G	3,72 **	1,58**

Keterangan: \*\*nyata pada taraf  $P < 0.01$ , <sup>a</sup> = tidak nyata

perlakuan 10 ppm P dan 5 ppm P terdapat perbedaan yang nyata pada beberapa genotip padi. Pengaruh cekaman ganda (kahat P dan cekaman Al) terhadap bobot kering akar genotip padi dapat dilihat pada Tabel 7. Perlakuan cekaman ganda pada umumnya menurunkan bobot kering akar pada semua genotip padi. Penurunan bobot kering akar akibat cekaman ganda 0 ppm P dan 45 ppm Al lebih besar dibandingkan oleh cekaman ganda 0,5 ppm P dan 45 ppm Al.

**PEMBAHASAN**

**Pendugaan genotip padi gogo toleran kahat P dan cekaman Al melalui parameter panjang akar**

Analisis sidik ragam menunjukkan perlakuan P terhadap karakter panjang akar tidak berbeda nyata antar genotip, tetapi beda nyata dengan karakter bobot kering akar (Tabel 2). Sedang pengaruh Al sangat nyata

terhadap karakter panjang akar dan bobot kering akar, maka panjang akar tidak digunakan sebagai kriteria seleksi terhadap kahat P.

Perlakuan cekaman 45 ppm Al menurunkan panjang akar pada semua perlakuan P (Tabel 3). Cekaman Al menurunkan panjang akar rata-rata 28,7% pada perlakuan 0 ppm P, penurunan panjang akar meningkat pada perlakuan 0,5 ppm P hingga 5 ppm P dengan peningkatan rata-rata 49,6% sampai 44%. Pada perlakuan 10 ppm P penurunan panjang akar mulai berkurang rata-rata 36%. Besar kecilnya penurunan panjang akar dipengaruhi oleh genotip, karena setiap genotip padi memiliki sistem perakaran yang berbeda sehingga memberikan tanggap yang berbeda-beda terhadap perlakuan hara (Yoshida, 1981).

Pengaruh cekaman Al pada kondisi kahat P berbeda antara perlakuan kahat P pada 0 ppm P dan

**Tabel 3.** Panjang akar genotip padi gogo pada empat perlakuan P dan dua perlakuan Al

Genotip	OppmP			0,5 ppm P			5 ppm P			10 ppm P		
	0 ppm Al	45 ppm Al	Penurunan (%)	0 ppm Al	45 ppm Al	Penurunan (%)	0 ppm Al	45 ppm Al	Penurunan (%)	0 ppm Al	45 ppm Al	Penurunan (%)
Panjang akar ( cm)												
Batur	26,5 bed	19,82 a-d	25	33,23 be	15 a-e	55	30,22 ab	16,62 abc	45,0	23,17 ab	16,35 abc	29
Dodokan	17,47 ef	12,63 de	28	25,1 efg	11,4 ede	55	25,98 abc	14,25 abc	45,2	19,25 b	13,3 abc	31
Situ Bagendit	19,03 def	13,28 de	30	21,67 eg	12 b-e	45	25,95 abc	13,12 be	49,4	22,58 ab	12 be	47
Situ Gintung	22,02 c-f	15,9 a-e	28	26,4 defg	13,9 a-e	47	26,3 abc	16,25 abc	38,2	22,37a b	13,67 abc	39
Way Rarem	20,75 c-f	12,38 de	40	26,97 defg	13,5 a-e	50	26,5 abc	12,58 c	52,5	22,62 ab	12,42 abc	45
Singkarak	21,82 c-f	14,62 cde	33	25,2 efs	10,37 de	59	23,87 be	13,78 be	42,3	22,03 ab	13,27 abc	40
Silugonggo	20,18 c-f	14,1 de	30	22,95 fg	15,0 a-e	35	29,13 abc	14,42 abc	50,5	23,4 ab	14,47 abc	38
Limboto	18,22 ef	13,67 de	25	21,43 g	11,9 b-e	45	26 abc	12,52 c	51,8	21,23 ab	11,07 c	48
Tondano	21,75 c-f	14,98 b-e	31	24,32 fg	11,07 de	54	24,72 be	14 abc	43,4	20,42 ab	12,75 abc	38
Jatiluhur	16,78 f	14,55 cde	13	26,1 d-g	13,5 a-e	48	28,27 abc	15,65 abc	44,6	24,42 ab	12,73 abc	48
Sentani	30,6 b	22,95 a	25	38,57 ab	20,0 ab	48	28,77 abc	21,45 a	25,4	24,23 ab	19,23 ab	21
O. nianos	20,63 c-f	16,3 a-e	21	27,08 d-g	12,1 b-e	55	22,5 c	12,55 c	44,2	21,25 ab	11,77 be	45
Kasalath	38,25 a	18,6 a-d	51	45,23 a	17,5 a-d	61	32,73 a	13,75 be	58,0	27,45 a	19,83 a	28
IR36-K-3-1-1-1	21,55 c-f	9,9 e	54	25,4 efg	7,55 e	70	24,38 be	13,33 be	45,3	19,77 b	12,02 be	39
IR36-K-5-1-1-1	29,67 b	19,73 a-d	34	35,68 be	18,9 abc	47	26,63 abc	23,53 ab	11,6	21,58 ab	19,08 ab	12
NIL-C443	26,68 be	21,87 abc	18	24,95 efg	20,13 a	19	31,25 ab	17,95 abc	42,6	26,25 ab	17,25 abc	34
Danau Tempe	24,48 b-e	16,32 a-e	33	29,08 c-f	15,3 a-d	47	30,42 ab	15,88 abc	47,8	23,97 ab	18,2 abc	24
SituPateng gang	16,93 ef	15,57 a-e	8	28,45 c-g	13,7 a-e	52	27,05 abc	13,03 be	51,8	22,23 ab	12,03 be	46
Arias A	19,03 def	13,02 de	32	25,25 efg	14,4 a-e	43	25,08 be	13,23 be	47,2	21,68 ab	13,32 abc	39
Kalimutu	26,33 bed	22,43 ab	15	31,95 bed	14,6 a-e	54	28,8 abc	15,83 abc	45,0	26,07 ab	18,5 abc	29
Rataan	22,93	16,13	28,7	28,25	14,05	49,6	27,22	15,19	44,1	22,80	14,7	36

Keterangan: Angka-angka selanjur yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 BNJ

sedikit P (0,5 ppm P), penurunan panjang akar pada kondisi 0 ppm P rata-rata 28,7%, sedangkan pada 0,5 ppm P persentase penurunan panjang akar meningkat menjadi ± 50%. Perbedaan ini terjadi karena genotip padi pada awal pertumbuhannya sangat membutuhkan P antara lain untuk memacu pembentukan akar (Suhartatik *et al.*, 2006; Abdulrachman *et al.*, 2008), dengan sedikit saja pemberian P (0,5 ppm P) sudah cukup untuk pertumbuhan akar padi. Panjang akar semua genotip padi pada umumnya tidak berbeda nyata pada perlakuan 5 ppm P maupun 10 ppm P. Pada perlakuan cekaman Al terjadi penurunan panjang akar rata-rata 44% pada perlakuan 5 ppm P dan 36% pada perlakuan 10 ppm P. Dengan demikian pengaruh pemberian P lebih dari 0,5 ppm P pada kondisi cekaman Al (45 ppm Al) tidak meningkatkan panjang akar.

Seleksi pada perlakuan 0 ppm P tidak dapat digunakan karena nilai penurunan panjang akar akibat cekaman Al umumnya kecil rata-rata 28,7% dengan nilai RPA > 50%, maka hampir semua genotip tahan terhadap keracunan Al. Pada perlakuan kahat P 0,5 ppm P genotip dengan penurunan panjang akar < 50% adalah Situ Bagendit, Jatiluhur, Situguntung, Silugonggo, Limboto, Sentani, K36-5-1-1-1, NIL-C443 dan Arias A, sedang pada perlakuan 5 ppm P dan 10 ppm P pada umumnya penurunan panjang akar < 50% atau nilai RPA nya > 50%, sehingga hampir semua genotip tahan cekaman Al, namun genotip Sentani dan K36-5-1-1-1 penurunan panjang akarnya paling kecil yaitu masing-masing 21%-25% dan 11%- 12% (Tabel 3).

Pengaruh cekaman ganda I (0 ppm P dan 45 ppm Al) dan cekaman ganda II (0,5 ppm dan 45 ppm Al)

Tabel 4. Panjang akar genotip padi pada perlakuan cekaman ganda (kahat P dan cekaman Al)

Genotip	10 ppm P Oppm Al	Cekaman gandal OppmP 45 ppm Al	Penurunan (%)	Cekaman ganda II 0,5 ppm P 45 ppm Al	Penurunan (%)	5 ppmP 0A1	Cekaman gandal OppmP 45 ppm Al	Penurunan (%)	Cekaman ganda n 0,5 ppm P 45 ppm Al	Penurunan (%)
	(1)	(2)	(1)-(2)	(3)	(1)-(3)	(4)	(2)	(4)-(2)	(3)	<4W3)
Panjang akar (cm)										
Batur	23,17 ab	19,82 a-d	14	IS a-e	35	30,22 ab	19,82 a-d	34	15 a-e	50
Dodokan	19,25 b	12,63 de	34	11,4 cde	41	25,98 abc	12,63 de	51	11,4 cde	56
Situ Bagendit	22,58 ab	13,28 de	41	12 b-e	47	25,95 abc	13,28 de	49	12 b-e	54
Situ Gintung	22,37a b	15,9 a-e	29	13,9 a-e	38	26,3 abc	15,9 a-e	40	13,9 a-e	47
Way Raren	22,62 ab	12,38 de	45	13,5 a-e	40	26,5 abc	12,38 de	53	13,5 a-e	49
Singkarak	22,03 ab	14,62 cde	34	10,37 de	53	23,87 be	14,62 cde	39	10,37 de	57
Silugowwo	23,4 ab	14,1 de	40	15,0 a-e	36	29,13 abc	14,1 de	52	15,0 a-e	49
Limboto	21,23 ab	13,67 de	36	11,9 b-e	44	26 abc	13,67 de	47	11,9 b-e	54
Tondano	20,42 ab	14,98 b-e	27	11,07 de	46	24,72 be	14,98 b-e	39	11,07 de	55
Jatiluhur	24,42 ab	14,55 cde	40	13,5 a-e	45	28,27 abc	14,55 cde	49	13,5 a-e	52
Sentani	24,23 ab	22,95 a	5	19,18 ab	21	28,77 abc	22,95 a	20	19,18 ab	33
O.Illanos	21,25 ab	16,3 a-e	23	12,1 b-e	43	22,5 c	16,3 a-e	28	12,1 b-e	46
Kasalath	27,45 a	18,6 a-d	32	17,5 a-d	36	32,73 a	18,6 a-d	43	17,5 a-d	47
K36-3-1-1-1	19,77 b	9,9 e	50	7,55 e	62	24,38 be	9,9 e	59	7,55 e	69
K36-5-1-1-1	21,58 ab	19,73 a-d	9	18,9 abc	13	26,63 abc	19,73 a-d	26	18,9 abc	29
NIL-C443	26,25 ab	21,87 abc	17	20,13 a	23	31,25 ab	21,87 abc	30	20,13 a	36
Danau Tempe	23,97 ab	16,32 a-e	32	15,3 a-d	36	30,42 ab	16,32 a-e	46	15,3 a-d	50
SituPatengg ang	22,23 ab	15,57 a-e	30	13,7 a-e	38	27,05 abc	15,57 a-e	42	13,7 a-e	49
Arias A	21,68 ab	13,02 de	40	14,4 a-e	33	25,08 be	13,02 de	48	14,4 a-e	42
Kalimutu	26,07 ab	22,43 ab	14	14,6 a-e	44	28,8 abc	22,43 ab	22	14,6 a-e	49
Rataan	22,798 5	16,131	29,6	14,05	38,7	27,2275	16,131	40,85	14,05	48,65

Keterangan : Angka-angka selajur yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 BNJ (1) - (2) penurunan panjang akar dari perlakuan 10 ppm P ke perlakuan cekaman ganda I, (1) - (3) penurunan panjang akar dari perlakuan 10 ppm P ke perlakuan cekaman ganda II, (4) - (2) penurunan panjang akar dari perlakuan 5 ppm P ke perlakuan cekaman ganda I, (4) - (3) penurunan panjang akar dari perlakuan S ppm P ke perlakuan cekaman ganda II

terhadap panjang akar pada setiap genotip dapat dilihat pada Tabel 4. Perlakuan cekaman ganda tersebut menurunkan panjang akar pada semua genotip padi rata-rata 30% dan 39% dari keadaan normal 10 ppm

P, serta 41% hingga 49% dari keadaan normal 5 ppm P ke keadaan cekaman ganda. Pada kondisi ini terdapat genotip yang konsisten paling kecil penurunannya, yaitu Sentanidan K36-5-1-1-1 dengan penurunan 5%

**Tabel S.** Bobot kering akar genotip padi gogo pada empat perlakuan P dan dua perlakuan Al

Genotip	OppmP			0,5 ppm P			5 ppmP			10 ppm P		
	OppmAl	45ppmAl	Penurunan (%)	OppmAl	45 ppm Al	Penminan (%)	OppmAl	45 ppm Al	Penurunan (%)	OppmAl	45ppmAl	Penurunan (%)
Berat kering akar (gr)												
Batur	0,055 a	0,050 a	10	0,309 ab	0,165 b	47	0,598 cde	0,216 a	64	0,444 abc	0,164 b	63
Dodokan	0,055 a	0,043 a	21	0,325 ab	0,254 ab	22	0,625 cde	0,284 a	54	0,365 be	0,261 ab	28
Situ Bagendit	0,058 a	0,060 a	A	0,316 ab	0,191 ab	40	0,719 a-d	0,240 a	67	0,502 abc	0,192 ab	62
SihlGintung	0,055 a	0,056 a	-2	0,280 ab	0,252 ab	10	0,694 bed	0,299 a	57	0,363 be	0,222 ab	39
Way Rarem	0,048 a	0,043 a	9	0,207 b	0,205 ab	1	0,672 b-e	0,301 a	55	0,273 c	0,214 ab	22
Singkarak	0,060 a	0,052 a	14	0,321 ab	0,214 ab	33	0,477 de	0,267 a	44	0,404 be	0,192 ab	52
SilugonRBO	0,073 a	0,083 a	-14	0,398 ab	0,304 ab	24	0,829 abc	0,296 a	64	0,438 abc	0,222 ab	49
Limboto	0,048 a	0,052 a	-10	0,281 ab	0,205 ab	27	0,550 cde	0,255 a	54	0,273 c	0,167 b	39
Tondano	0,075 a	0,060 a	20	0,334 ab	0,248 ab	26	0,799 a-d	0,249 a	69	0,497 abc	0,215 ab	57
Jatiluhur	0,065 a	0,065 a	1	0,306 ab	0,233 ab	24	0,784 a-d	0,379 ab	52	0,379 be	0,244 ab	36
Sentani	0,080 a	0,075 a	7	0,370 ab	0,369 a	0	0,733 a-d	0,298 a	59	0,464 abc	0,149 b	68
O.Illanos	0,068 a	0,075 a	-11	0,319 ab	0,187 b	42	0,359 e	0,113 b	68	0,372 be	0,176 ab	53
Kasalath	0,080 a	0,072 a	10	0,353 ab	0,262 ab	26	1,031 a	0,260 a	75	0,661a	0,236 ab	64
IR36-K-3-1-1	0,080 a	0,064 a	20	0,368 ab	0,217 ab	41	0,633 b*	0,239 a	62	0,414 abc	0,179 b	57
IR36-K-5-1-1-1	0,168 a	0,120 a	29	0,570 a	0,462 a	19	0,512 cde	0,290 a	43	0,370 be	0,290 a	22
NIL-C443	0,098 a	0,092 a	6	0,316 ab	0,334 ab	-6	0,363 e	0,225 a	38	0,291 c	0,230 ab	21
Danau Tempe	0,115 a	0,122 a	-6	0,446 ab	0,358 ab	20	0,832 abc	0,294 a	65	0,364 be	0,180 b	50
SituPatenggang	0,045 a	0,058 a	30	0,360 ab	0,239 ab	34	0,568 cde	0,316 a	44	0,329 be	0,193 ab	41
Arias A	0,083 a	0,052 a	37	0,317 ab	0,310 ab	2	0,960 ab	0,309 a	68	0,543 ab	0,211 ab	61
Kalimutu	0,083 a	0,076 a	7	0,340 ab	0,201 ab	41	0,779 a-d	0,357 a	54	0,446 abc	0,209 ab	53
Rata	0,07	0,07	13,40	0,34	0,26	24	0,68	0,27	58	0,41	0,21	47

Keterangan: Angka-angka selajur yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 BNJ

**Tabel 6.** Bobot kering akar pada perlakuan P tanpa cekaman Al

Genotip	10 ppm P	5 ppm P	0,5 ppm P	OppmP	Penurunan (%)	Penurunan (%)	Penurunan (%)	Penurunan (%)	Penurunan (%)	Penurunan (%)
	1	2	3	4	(1)-P	O)-(3)	(1)-(4)	(2)-(3)	(2)-(4)	(3)-(4)
Bobot kering akar (gr)										
Batur	0,444 abc	0,598 cde	0,309 ab	0,055 a	-35	30,4	87,6	48	91	82
Dodokan	0,365 be	0,625 cde	0,325 ab	0,055 a	-71	11	84,9	48	91	83
Situ Bagendit	0,502 abc	0,719 a-d	0,316 ab	0,058 a	-43	37,1	88,4	56	92	82
Situ Gintung	0,363 be	0,694 bed	0,280 ab	0,055 a	-91	22,9	84,8	60	92	80
Way Rarem	0,273 c	0,672 b-e	0,207 b	0,048 a	-146	24,2	82,4	69	93	77
Singkarak	0,404 be	0,477 de	0,321 ab	0,060 a	-18	20,5	85,1	33	87	81
Silugonggo	0,438 abc	0,829 abc	0,398 ab	0,073 a	-89	9,1	83,3	52	91	82
Limboto	0,273 c	0,550 cde	0,281 ab	0,048 a	-101	-2,9	82,4	49	91	83
Tondano	0,497 abc	0,799 a-d	0,334 ab	0,075 a	-61	32,8	84,9	58	91	78
Jatiluhur	0,379 be	0,784 a-d	0,306 ab	0,065 a	-107	19,3	82,8	61	92	79
Sentani	0,464 abc	0,733 a-d	0,370 ab	0,080 a	-58	20,3	82,8	49	89	78
O.Illanos	0,372 be	0,359 e	0,319 ab	0,068 a	3	14,2	81,7	11	81	79
Kasalath	0,661 a	1,031 a	0,353 ab	0,080 a	-56	46,6	87,9	66	92	77
K36--3-1-1-1	0,414 abc	0,633 b-e	0,368 ab	0,080 a	-53	11,1	80,7	42	87	78
K36-5-1-1-1	0,370 be	0,512 cde	0,570 a	0,168 a	-39	-54,1	54,6	-11	67	71
NIL-C443	0,291 c	0,363 e	0,316 ab	0,098 a	-25	-8,6	66,3	13	73	69
Danau Tempe	0,364 be	0,832 abc	0,446 ab	0,115 a	-129	-22,5	68,4	46	86	74
SituPatenggang	0,329 be	0,568 abc	0,360 ab	0,045 a	-73	-9,4	86,3	37	92	87
Arias A	0,543 ab	0,960 ab	0,317 ab	0,083 a	-77	41,6	84,7	67	91	74
Kalimutu	0,446 abc	0,779 a-d	0,340 ab	0,083 a	-75	23,8	81,4	56	89	76
Rataan	0,41	0,68	0,34	0,08			81,07	46	89	79

Keterangan: Angka-angka selajur yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 BNJ

**Tabel 7.** Bobot kering akar genotip padi pada perlakuan cekaman ganda (kahat P dan keracunan Al)

Genotip	10ppmP OAI	Cekaman ganda I OppraP 45ppmAl	Penurunan (%)	Cekaman ganda II 0,5 ppm P 45 ppm Al	Penurunan (%)	SppmP OAI	Cekaman ganda I OppmP 45ppmAl	Penurunan (%)	Cekaman ganda II 0,5 ppm P 45 Al	Penurunan (%)
	(1)	(2)	(1W2)	(3)	(1W3)	(4)	(2)	(4M2)	(3)	(4H3)
Bobot kelms akar (±)										
Batur	0,444 abc	0,050 #	89	0,165 b	63	0,598 cde	0,05	92	0,17	72
Dodokan	0,365 be	0,043 #	88	0,254 ab	30	0,625 cde	0,04	93	0,25	59
SituBagendit	0,502 abc	0,060 #	88	0,191 ab	62	0,719 a-d	0,06	92	0,19	73
Situ Gintung	0,363 be	0,056 #	85	0,252 ab	31	0,694 bed	0,06	92	0,25	64
WayRarem	0,273 c	0,043 #	84	0,205 ab	25	0,672 b-e	0,04	94	0,21	69
Singkarak	0,404 be	0,052 #	87	0,214 ab	47	0,477 de	0,05	89	0,21	55
Silugonggo	0,438 abc	0,083 #	81	0,304 ab	31	0,829 abc	0,08	90	0,30	63
Limboto	0,273 c	0,052 #	81	0,205 ab	25	0,550 cde	0,05	90	0,21	63
Tondano	0,497 abc	0,060 #	88	0,248 ab	50	0,799 a-d	0,06	93	0,25	69
Jatilubur	0,379 be	0,065 #	83	0,233 ab	38	0,784 a-d	0,06	92	0,23	70
Sentani	0,464 abc	0,075 #	84	0,369 a	21	0,733 a-d	0,07	90	0,37	50
O.Huanos	0,372 be	0,075 #	80	0,187 b	50	0,359 e	0,07	79	0,19	48
Kasalath	0,661 a	0,072 #	89	0,262 ab	60	1,031 a	0,07	93	0,26	75
K36-3-1-1	0,414 abc	0,064 #	85	0,217 ab	48	0,633 b-e	0,06	90	0,22	66
K36-5-1-1-1	0,370 be	0,120 #	68	0,462 a	-25	0,512 cde	0,12	77	0,46	10
NIL-C443	0,291 c	0,092 #	68	0,334 ab	-15	0,363 e	0,09	75	0,33	8
Danu Tempe	0,364 be	0,122 #	66	0,358 ab	2	0,832 abc	0,12	85	0,36	57
SituPatenggang	0,329 be	0,058 #	82	0,239 ab	27	0,568 cde	0,06	90	0,24	58
Arias A	0,543 ab	0,052 #	90	0,310 ab	43	0,960 ab	0,05	95	0,31	68
Kalimutu	0,446 abc	0,076 #	83	0,201 ab	55	0,779 a-d	0,08	90	0,20	74
Rataan	0,41	0,07	82	0,26	33	0,68	0,07	89	0,26	59

Keterangan: Angka-angka selajur yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 BNJ

(1) - (2) penurunan bobot kering akar dan perlakuan 10 ppm P ke perlakuan cekaman ganda I, (1) - (3) penurunan bobot kering akar dari perlakuan 10 ppm P ke perlakuan cekaman ganda II, (4) - (2) penurunan bobot kering akar dari perlakuan 5 ppm P ke perlakuan cekaman ganda I, (4) - (3) penurunan bobot kering akar dari perlakuan 5 ppm P ke perlakuan cekaman ganda II

hingga 33% pada Sentani, 9% hingga 29% pada K36-5-1-1-1. Analisis sidik ragam menunjukkan adanya interaksi nyata antara perlakuan P dan Al serta perlakuan genotip x P x Al pada panjang akar, maka dari asumsi di atas kedua genotip tersebut lebih toleran pada kahat P dan cekaman Al (cekaman ganda) dibandingkan genotip lainnya.

#### **Pendugaan genotip padi gogo toleran kahat P dan cekaman Al melalui parameter bobot kering akar**

Perlakuan cekaman Al 45 ppm menurunkan bobot kering akar pada semua perlakuan P, kecuali pada perlakuan 0 ppm P. Penurunan bobot kering pada 0 ppm P hampir sebagian genotip mengalami penurunan dan sebagian lagi peningkatan, serta bobot kering akar antar genotip tidak beda nyata pada 0 ppm Al dan 45 ppm Al (Tabel 5). Pada keadaan kahat P (0 ppm P) tanaman sulit merespon adanya cekaman Al, karena tanpa P perakaran tidak normal, sedikit dan kurus, sedang pertumbuhan bagian atas terganggu, tanaman kerdil dan tidak ada anakan, keadaan ini didukung pada penelitian Suhartini *et al.*, (2009).

Persentase penurunan bobot kering akar meningkat setelah penambahan 0,5 ppm P hingga 5 ppm P dengan penurunan rata-rata 24% hingga 58%. Penambahan 10 ppm P berat kering akar mulai stabil,

persentase penurunan mulai berkurang rata-rata menjadi 47%. Pada kondisi kahat P 0,5 ppm P persentase penurunan bobot kering akar akibat cekaman Al < 50%, maka semua genotip tahan terhadap keracunan Al. Keadaan ini disebabkan pemberian 0,5 ppm P belum cukup untuk meningkatkan bobot kering akar, sehingga selisih bobot kering akar antara perlakuan 0 ppm Al dan 45 ppm Al kecil. Pada perlakuan 5 ppm P dan 10 ppm P terdapat dua genotip yang konsisten persentase penurunan bobot kering akarnya terkecil, yaitu K36-5-1-1-1 dan NIL-443. Kedua genotip tersebut toleran terhadap cekaman Al dengan persentase penurunan bobot kering akar 43% -22% pada K36-5-1-1-1 dan 38% -21% pada NIL-C443 (Tabel 5).

Bobot kering akar pada perlakuan 10 ppm P maupun 5 ppm Al dalam keadaan tanpa cekaman Al umumnya tidak berbeda nyata antar genotip, hanya Kasalath yang tertinggi dan NIL-C443 yang terkecil (Tabel 6). Demikian pula pada perlakuan 0 ppm P dan 0,5 ppm P bobot kering akar tidak beda nyata antar genotip. Perlakuan 5 ppm P meningkatkan bobot kering akar setiap genotip 18% hingga 146%, bila dibandingkan dengan perlakuan 10 ppm P. Sedang pada perlakuan 10 ppm P tidak terjadi lagi penambahan

bobot kering akar, tetapi terjadi penurunan. Hal ini serupa pada komponen panjang akar bahwa pada perlakuan 10 ppm P tidak terjadi lagi peningkatan panjang akar.

Penurunan bobot kering akar dari perlakuan 5 ppm P ke perlakuan 0,5 ppm P diperoleh lima genotip dengan bobot kering akar kurang dari 40%, yaitu Situ Patenggang, Singkarak, NIL-C443 dan O, Illanos dengan persentase penurunan 11%-37% atau relatif bobot kering akarnya >60%, sedang K36-5-1-1-1 mampu meningkatkan bobot kering akar hingga 11%. Penurunan bobot kering akar dari perlakuan 10 ppm P ke perlakuan 0,5 ppm P < 50%, terdapat genotip yang mampu meningkatkan bobot kering akar 2,9% hingga 54%, yaitu Limboto, K36-5-1-1-1, NIL-C443, Danau Tempe dan Situ Patenggang (Tabel 6).

Penurunan bobot kering akar yang dihitung hanya menggunakan selisih penurunan antara perlakuan 5 ppm P dan 10 ppm P dengan perlakuan kahat P 0,5 ppm P, sedang dengan perlakuan 0 ppm P tidak dapat digunakan karena nilai penurunan bobot kering akarnya sangat tinggi (79%-89%) atau nilai relatif bobot kering akar < 60%, maka tidak ada genotip yang toleran kahat P.

Pada perlakuan cekaman ganda I (0 ppm P dan cekaman Al 45 ppm) bobot kering akar setiap genotip tidak beda nyata (Tabel 7). Persentase penurunan bobot kering akar dari perlakuan 10 ppm P dan 5 ppm P ke cekaman ganda I mencapai 82% hingga 89% dengan nilai relatif < 50%, maka pada keadaan cekaman ganda I tidak ada genotip yang tahan. Sedang pada cekaman ganda II (0,5 ppm P dan cekaman Al 45 ppm) penurunan bobot kering akar mencapai 33%-59%. Oleh karena itu, seleksi genotip dilakukan pada cekaman ganda II, pada keadaan ini terdapat keragaman genotip dalam persentase penurunan bobot kering akar dengan kisaran penurunan rata-rata 33%-59%. Pada cekaman ganda II terdapat delapan genotip padi yang mengalami penurunan bobot kering akar < 40% dari perlakuan 10 ppm P, di antaranya Limboto, Sentani dan Danau Tempe, sedangkan K36-5-1-1-1 dan NIL-C443 pada kondisi ini masih mampu meningkatkan bobot kering akar 25% dan 15%. Kedua genotip tersebut juga paling kecil penurunan bobot kering akarnya pada perlakuan 5 ppm P ke kondisi cekaman

ganda II, yaitu 10% dan 8% (Tabel 7). Dengan demikian melalui komponen bobot kering akar dapat diseleksi genotip yang paling toleran terhadap kahat P yaitu K36-5-1-1-1 dan NIL-C443; kedua genotip itu juga toleran cekaman Al serta cekaman ganda.

#### KESIMPULAN

Pada perlakuan cukup P (5 ppm dan 10 ppm P) genotip toleran cekaman Al dengan penurunan panjang akar paling kecil adalah Sentani dan K36-5-1-1-1. Berdasarkan panjang akar, Sentani dan K36-5-1-1-1 toleran terhadap cekaman ganda kahat P dan cekaman Al. Berdasarkan karakter bobot kering akar, genotip K36-5-1-1-1 dan NIL-C443 toleran cekaman Al, toleran kahat P dan toleran terhadap cekaman ganda kahat P dan cekaman Al. Diharapkan toleransi terhadap cekaman kahat P dan keracunan Al merupakan karakter yang dikendalikan secara genetik; untuk selanjutnya ketiga genotip di atas dapat dijadikan bahan tetua atau sumber gen ketahanan untuk toleransi terhadap karakter di atas.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dra Masdiar Bustamam MSc, Dr Joko Prasetyono dan Dr I Hanarida Somantri yang telah membantu terlaksananya tulisan ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdulrachman S, H Sembiring dan Suyamto. 2008.** Pemupukan Tanaman Padi, *Dalam:* AA Darajat, A Setyono, AK Makarim dan A Hasanuddin (Ed.). *Padi, Inovasi Teknologi Produksi.* Buku 2, 123-166. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Litbang Pertanian.
- Anonim. 2008.** Modul: Pemupukan padi sawah spesifik lokasi. Informasi Ringkas Bank Pengetahuan Padi Indonesia. Badan Litbang Pertanian dan IRRI. *Dalam:* [http://www.pustaka-deptan.go.id/bppi/about\\_bppi.php?staticID=01/Maret2010](http://www.pustaka-deptan.go.id/bppi/about_bppi.php?staticID=01/Maret2010).
- Hanum C, WQ Mugnisjah, Y Sudirman, D Soepandi, Komarudin I dan A Sahar. 2007.** Pertumbuhan akar kedelai pada cekaman aluminium, kekeringan dan cekaman ganda aluminium dan kekeringan. *Agritrop* 26(1), 13-18.
- Hidayat A dan A Mulyani. 2002** Lahan kering Untuk Pertanian. *Dalam:* A Adimihardja, Mappaona dan A Saleh (Ed.). *Pengelolaan Lahan kering untuk Meningkatkan Produksi Pertanian Berkelanjutan*, 1-34. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- IRRI. 1996.** Standard Evaluation System for Rice. INGER, Genetik Resources Center. 4<sup>th</sup> Edition. July 1996.
- Khatiwada SP, D Senadhira, AL Carpena, RS Zeigler**



- dan PG Fernandez. 1996. Variability and genetics of tolerance for aluminum toxicity in rice. *Theoretical Applied Genetic* 93, 738-744.
- Ma JF, RR Peter and D Emmanuel. 2001. Aluminium tolerance in plants and the complexing role of organic acids. *TRENDS in Plant Science* 6(6), 273-276.
- Nasution I dan T Suhartini. 1991. Evaluasi metode uji ketahanan kultivar padi gogo terhadap tanah masam. *Prosiding Lokakarya Penelitian Komoditas dan Studi Khusus*, 65-80. Bogor 13 Mei 1991. M Machmud, M Kosim Kardin dan L Gunarto (Ed.). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Polle EA and CF Konzak. 1990. Genetics and breeding of cereals for acid soils and nutrient efficiency. In: VC Baligar and RR Duncan (Eds.). *Oop as Enhancers of Nutrient Use*, 81-131. Academic Press, San Diego.
- Suhartini T, J Prasetyono, M Bustamam dan IH Somantri. 2009. Penampilan genotipe padi gogo toleran kahat fosfor pada tanah ultisol. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman pangan* 28(2), 109-117.
- Soepandie D, M Jusuf, S Anwar dan Supijatno. 2000. Physiological basis of differential aluminium tolerance in soybean genotypes. *Proceedings of the Workshop on Research and Development of Soybean Production in Indonesia*, 105-110. Jakarta 6-7 August 2000. Gunawan, LW Sunarlim, N Handayani, T Soegiarto, B Adil, W Priyanto, B Suwarno (Eds). BPTP Publisher Place, Jakarta.
- Sivaguru M, B Fransitisk, V Dieter, HF Huber and JH Walter. 1999. Impact of aluminium on the cytoskeleton of the maize root apex. Short term effects on the the distal part of the transition zone. *Plant Physiology* 199, 1073-1082.
- Suhartatik E, B Abdullah, O Sudarman dan Pulung. 2006. Pemupukan NPK pada Padi Tipe bam. Dalam: B Suprihatmo, A Gani, IN Widiarta dan Hermanto (Ed.). *Inovasi Teknologi Padi*. **Buku 2**, 339-352. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Badan Litbang Pertanian.
- Subagyo HN, Saharta dan AB Siswanto. 2000. Tanah-tanah Pertanian di Indonesia. Dalam: A Adimihardja, Mappaona dan A Saleh (Ed.). *Sumber Daya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya*, 21-65. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Litbang Pertanian,
- Tejoyuwono N. 2006. Ultisol, Fakta dan Implikasi Pertaniannya. *Repro: Ilmu Tanah*. Universitas Gajahmada. Dalam: *soil.faperta.ugm.ac.id/tj/1981/1986.pdf*.
- Widodo. 2004. Pertumbuhan dan hasil tanaman padi gogo IR64 pada pemberian batuan fosfat dan kedalaman air irigasi di tanah gambut. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia* 6(1), 43-49.
- Wissuwa M. 2003. How do plants achieve tolerance to phosphorus deficiency? Small causes with big effects. *Plant Physiology* 133,1947-1958.
- Wissuwa M and N Ae. 2001. Genotypic variation for tolerance to phosphorus deficiency in rice and the potential for its exploitation in rice improvement. *Plant Breeding* 120(1), 43-48.
- Yoshida S. 1981.** *Fundamentals of Rice Crop Science*. IRRI, Los Banos. Philippines.