

Jurnal

ISSN 0216-9959

Penelitian Pertanian

Tanaman Pangan

Akreditasi: 200/AU1/P2MBI/08/2009

Volume 28

Nomor 3

2009

Padi Toleran Keracunan Besi

Suhartini dan Makarim

Patotipe *Xanthomonas oryzae* pada Padi

Sudir et al.

Rice Production in Terraced Paddy Field Systems

Sukristiyonubowo and Tuherkih

Pupuk NPK Lambat Urai pada Padi

Gani

Pengendalian Patogen Benih *Aspergillus Flavus* pada Jagung

Pakki

Efisiensi Penggunaan Pupuk NPK pada Jagung

Musfal et al.

Stabilitas dan Hasil Galur Harapan Kedelai

Krisnawati dan Adie

Kerapatan Trikoma dan Penggerek Polong Kedelai

Suharsono

Kacang Tanah Toleran Lahan Masam

Trustinah et al.

Pengendalian Racun pada Umbi dan Ceriping Gadung

Djaafar et al.



PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TANAMAN PANGAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN

Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan

Akreditasi: 200/AU1/P2MBI/08/2009

Penanggung Jawab

Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan
Prof. Dr. Suyanto

Dewan Redaksi

A.K. Makarim
Sumarno
Zulkifli Zaini
Bambang Suprihatno
Made Oka Adnyana
M. Machmud
M. Muchlis Adie

Redaksi Pendamping

Aan Andang Daradjat
Hendarsih
Husin Mohamad Toha
Astanto Kasno
Nasir Saleh
A. Sudaryono
I G.P. Sarasutha
Achmad Faried Fadhly
Johanis Tandiabang

Mitra Bestari

Aunu Rauf (Institut Pertanian Bogor)
Bonar Sinaga (Institut Pertanian Bogor)

Redaksi Pelaksana

Hermanto
Sunihardi

Alamat

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan
Jalan Merdeka 147, Bogor 16111
Telp.: (0251) 8334089, 8332537, 8311432
Fax: (0251) 8312755
E-mail: crifc3@indo.net.id
www.puslittan.bogor.net

Pengantar

Pada akhir Oktober 2009 *Jurnal Penelitian Tanaman Pangan* (PP) telah mendapat akreditasi untuk kedua kalinya. Artinya, upaya redaksi untuk memperbaiki mutu tulisan yang diterbitkan dalam jurnal ilmiah primer ini telah membuahkan hasil, sebagaimana tercermin dari makin membaiknya nilai akreditasi, dari yang semula C meningkat menjadi B. Ke depan, redaksi akan terus berupaya meningkatkan mutu Jurnal PP agar dapat menjadi jurnal ilmiah yang terbaik, minimal di lingkungan Badan Litbang Pertanian.

Dalam jurnal ilmiah nomor ini disajikan 10 tulisan hasil penelitian dari berbagai aspek, empat di antaranya mengenai pemupukan. Pengalaman menunjukkan bahwa peningkatan produksi pertanian, terutama tanaman pangan, tidak dapat dipisahkan dari pupuk. Namun, penggunaan pupuk dalam bentuk, cara, dan waktu yang tidak tepat terbukti mencemari lingkungan dan inefisiensi.

Redaksi

Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan merupakan publikasi yang memuat makalah ilmiah primer hasil penelitian tanaman pangan (padi dan palawija).

Redaksi mengutamakan makalah dari peneliti lingkup Puslitbang Tanaman Pangan dan menerima makalah dari semua institusi penelitian tanaman pangan lainnya di Indonesia, termasuk perguruan tinggi, LIPI dan BATAN. Makalah yang dikirimkan hendaknya sudah mendapat persetujuan dari pimpinan instansi masing-masing.

Ketentuan penulisan makalah untuk dapat dimuat di jurnal ini tertera dalam "Petunjuk bagi Penulis" di halaman terakhir.

Akreditasi: 200/AU11/P2MBI/08/2009

Jurnal Penelitian Pertanian

Tanaman Pangan

ISSN 0216-9959

Volume 28

Nomor 3

2009

DAFTAR ISI

Teknik Seleksi Genotipe Padi Toleran Keracunan Besi	125
<i>Tintin Suhartini dan Abdul Karim Makarim</i>	
Identifikasi Patotipe <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> , Penyebab Penyakit Hawar Daun Bakteri di Sentra Produksi Padi di Jawa	131
<i>Sudir, Suprihanto, dan Triny S. Kadir</i>	
Effect of Rice Straw Addition on Rice Production in Terraced Paddy Field Systems	139
<i>Sukristiyonubowo and Enggis Tuherkih</i>	
Keunggulan Pupuk Majemuk NPK Lambat Urai untuk Tanaman Padi Sawah	148
<i>Anischan Gani</i>	
Efektivitas Amonia, Propionic Acid, dan Ekstrak Daun Cengkeh dalam Pengendalian Patogen Benih <i>Aspergillus flavus</i> pada Jagung <i>Syahrir Pakki</i>	158
Efisiensi Penggunaan Pupuk NPK melalui Pemanfaatan Cendawan Mikoriza Arbuskular pada Jagung	165
<i>Musfal, Delvian, dan A. Jamil</i>	
Stabilitas dan Hasil Beberapa Galur Harapan Kedelai	170
<i>Ayda Krisnawati dan M. Muchlish Adie</i>	
Hubungan Kerapatan Trikona dengan Intensitas Serangan Penggerek Polong Kedelai	176
<i>Suharsono</i>	
Toleransi Genotipe Kacang Tanah terhadap Lahan Masam	183
<i>Trustinah, A. Kasno, dan A. Wijanarko</i>	
Pengaruh <i>Blanching</i> dan Waktu Perendaman dalam Larutan Kapur terhadap Kandungan Racun pada Umbi dan Ceriping Gadung	192
<i>Titiek F. Djaafar, Siti Rahayu dan Murdijati Gardjito</i>	
Indeks Judul	199
Indeks penulis	200

PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TANAMAN PANGAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BOGOR, INDONESIA

Toleransi Genotipe Kacang Tanah terhadap Lahan Masam

Trustinah, A. Kasno, dan A. Wijnarko

Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian

Jl. Raya Kendalpayak km 7, Malang, Jawa Timur

ABSTRACT. Tolerance of Groundnut Genotypes to Acid Soil. Acidity, poor fertility and Al toxicity of the acid soil is a major constraint for groundnut production. Screening and selection of genotypes to identify genotypes tolerant to acid soils is considered as a reasonable solution to this problem. Screening were conducted in 2006. At the laboratory, screening were using nutrient solution and hematoxilin staining to detect Al-tolerant at seedling stage. The first step was to find the Al concentration suitable for the screening (30, 40, 50, 60, and 70 ppm at pH 4.0), and the second step was screening of 225 groundnut genotypes in three environments: L1 (0 ppm Al, pH neutral), L2 (0 ppm Al, pH 4), and L3 (60 ppm Al, pH 4). Selected genotypes were evaluated in the acid soil. Field evaluation of 50 groundnut genotypes was conducted in dry season of 2007 in Jasinga (West Java) using environments (E1 and E2). E1 was acid environment and E2 was acid environment with additional of lime. Randomized block design was used for each environment and 50 selected genotypes from the second step screening in laboratory were used as treatments. Stress Tolerance Index (STI) was used to identify the groundnut tolerant. Groundnut genotypes varied greatly for the tolerance to Al and acidity both in seedling or reproductive stages. Critical concentration of Al between 60-70 ppm was significant to reduce root length and root dry weight. Evaluation of 225 groundnut genotypes at 60 ppm Al, pH 4, indicated that all genotypes showed red to brown root color, with the tolerant score of 4 to 5, indicating the accumulation of aluminium in the root. Based on stress tolerance index for root length and root weight, 50 genotypes were selected as tolerant genotypes at seedling stage. Response tolerance of groundnut genotypes to acid soil varied, with mean pod yield in E1 (pH 4.4 Al saturation 91.5%) and E2 (2 t/ha lime addition, pH 5.4, Al saturated 61.1%) was 1.27 t/ha and 1.44 t/ha, respectively. MLGA 0297 and MLGA 0112 were two genotypes with the highest yield and better stress tolerance index in the two environments.

Key words: Groundnut, acid soil, tolerance

ABSTRAK. Penyebaran lahan kering masam di Indonesia cukup luas yang umumnya berkadar hara rendah. Keracunan aluminium (Al) merupakan penyebab buruknya pertumbuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan genotipe kacang tanah yang toleran kemasaman tanah. Penelitian di laboratorium pemuliaan Balitkabi dilakukan pada tahun 2006 dalam dua tahap. Tahap pertama menentukan konsentrasi Al yang sesuai untuk penyaringan bahan genetik (0 ppm Al, pH netral, berikutnya konsentrasi Al 30, 40, 50, 60, dan 70 ppm masing-masing pada pH 4,0). Tahap kedua ditujukan untuk menilai toleransi genotipe kacang tanah terhadap cekaman Al. Sebanyak 225 genotipe kacang tanah dievaluasi pada tiga lingkungan: L1 (0 ppm Al, pH netral), L2 (0 ppm Al, pH 4), L3 (60 ppm Al, pH 4), dan dilakukan pewarnaan akar dengan menggunakan hematoxilin. Sebanyak 50 genotipe hasil penelitian di laboratorium diuji pada lahan masam di lapang. Penelitian lapang dilakukan pada MK 2007 di lahan masam Jasinga (Bogor) dengan kandungan Al tinggi di dua lingkungan, E1 (lingkungan masam) dan E2 (lingkungan masam dengan penambahan kapur). Rancangan percobaan acak kelompok dengan dua ulangan. Perlakuan adalah 50 genotipe hasil pengujian di laboratorium. Indeks toleransi cekaman (ITC) atau *Stress tolerance index* (STI) digunakan sebagai tolok ukur penilaian

toleransi suatu genotipe. Genotipe kacang tanah yang diuji menunjukkan keragaman dan perbedaan toleransi terhadap cekaman aluminium pada stadia perkecambahan. Pemberian larutan Al 60-70 ppm menurunkan panjang akar dan bobot kering akar perkecambahan kacang tanah. Dari 225 genotipe yang dievaluasi pada pH4 dan Al 60 ppm tidak terdapat genotipe yang akarnya benar-benar bebas dari penetrasi aluminium dengan skor pewarnaan berkisar antara 3,05-4,45. Dengan menggunakan indeks toleransi cekaman untuk panjang akar dan bobot akar, terpilih 50 genotipe kacang tanah yang toleran cekaman Al pada stadia kecambah. Sebanyak 50 genotipe yang diuji menunjukkan keragaman pada hasil dan terdapat interaksi antara genotipe dengan lingkungan. Hasil polong pada lingkungan E1 (masam, pH tanah 4,4, dan kejenuhan Al 91,5%) dan E2 (pemberian dolomit 2 t/ha, pH tanah 5,4, kejenuhan Al 61,1%) masing-masing adalah 1,27 dan 1,44 t/ha. Terdapat dua genotipe yang konsisten memiliki nilai indeks toleransi cekaman dan hasil tertinggi pada lingkungan masam (E1 dan E2), yaitu MLGA 0297 dan MLGA 0112 dengan hasil 2,11-2,21 t/ha.

Kata kunci: Kacang tanah, lahan masam, toleran

Lahan kering masam di Indonesia tersebar pada wilayah beriklim basah seperti Sumatera, Kalimantan, dan Papua (Prasetyo dan Suriadikarta 2006, Mulyani 2006). Tanah tersebut umumnya kurang potensial untuk tanaman pangan, karena selain tingkat kesuburannya rendah juga berlereng curam dan bersolum dangkal. Lahan kering masam umumnya memiliki pH rendah (<5,5) yang berkaitan dengan kadar Al tinggi, fiksasi P tinggi, kandungan basa dapat ditukar dan KTK rendah, kandungan besi dan mangan mendekati batas meracuni, peka erosi, dan miskin elemen biotik. Untuk mengatasi kemasaman tanah biasanya dilakukan pengapuran yang terutama bertujuan untuk meningkatkan pH dan menurunkan Al-dd tanah (Rosolem *et al.* 1999). Cara lain untuk mengatasi keracunan Al adalah dengan pemberian bahan organik ke dalam tanah, karena adanya bahan organik yang dapat larut, terutama asam fulvik yang biasanya terdapat pada bahan organik dapat mengurangi keracunan Al (Hairiah *et al.* 2000). Pendekatan lain yang dapat dilakukan adalah penggunaan varietas toleran. Gabungan penggunaan varietas tahan dan pengapuran merupakan strategi yang efektif untuk meningkatkan produktivitas lahan masam.

Kacang tanah paling adaptif di lahan masam dibandingkan dengan tanaman pangan lainnya (Makmun *et al.* 1996, Trustinah *et al.* 2008). Namun,

produktivitas komoditas ini di Sumatera, Kalimantan, dan Papua masih rendah, yang berkaitan dengan rendahnya toleransi kacang tanah terhadap kemasaman tanah. Beberapa cara telah dilakukan untuk mengevaluasi toleransi kacang tanah terhadap kemasaman tanah, baik di laboratorium dan rumah kaca maupun di lapang. Identifikasi genotipe toleran dapat dilakukan langsung di lahan kering masam, namun untuk jumlah genotipe yang banyak memerlukan waktu dan biaya yang besar. Pendekatan alternatif dilakukan pada lingkungan terkendali dengan menggunakan metode pewarnaan pada percobaan pot dengan menggunakan tanah masam atau larutan nutrisi yang mengandung Al sebagaimana yang telah dilakukan pada jagung (Giaveno and Filho 2002), white clover (Voigt and Staley 2004), dan lucerne (Zhang *et al.* 2004). Deteksi visual dengan pewarnaan juga memungkinkan mengukur penetrasi Al ke dalam akar secara cepat dan dapat menentukan tingkat toleransi akar, di antaranya dengan menggunakan pewarna hematoxilin. Selanjutnya, pengujian di lapang telah dilakukan pula untuk mengevaluasi nilai ekonomi usahatani kacang tanah pada lingkungan masam yang sesungguhnya dan lingkungan masam yang dimodifikasi (Giaveno and Filho 2000, Hede *et al.* 2001, Narasimhamoorthy *et al.* 2007).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan genotipe kacang tanah yang toleran terhadap kemasaman tanah. Genotipe tersebut diharapkan dapat dikembangkan dan digunakan sebagai tetua untuk perbaikan kacang tanah di lahan masam.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada tahun 2006-2007 yang meliputi: (1) evaluasi genotipe kacang tanah toleran kemasaman dan aluminium pada stadia kecambah, dan (2) evaluasi genotipe kacang tanah toleran kemasaman di lapang. Pengujian lapang dilakukan pada lahan masam di Jasinga, Jawa Barat, dengan kandungan Al yang tinggi.

Stadia Kecambah

Penelitian dilakukan di laboratorium pemuliaan Balitkabi pada tahun 2006 dalam dua tahap dengan menggunakan larutan $AlCl_3$. Tahap pertama menentukan konsentrasi yang sesuai untuk penyaringan bahan genetik. Tahap kedua adalah penyaringan bahan genetik pada konsentrasi larutan $AlCl_3$ hasil penelitian tahap I. Penelitian tahap pertama menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan tiga ulangan. Faktor I adalah konsentrasi Al (0 ppm Al pada pH 7,0, berikutnya konsentrasi Al 30, 40, 50, 60, dan 70 ppm masing-masing

pada pH 4,0. Faktor II adalah delapan varietas kacang tanah. Penelitian tahap kedua dilakukan pada tiga lingkungan dengan menggunakan rancangan acak kelompok dengan dua ulangan. Lingkungan I (L1) adalah 0 ppm Al, pH netral; lingkungan 2 (L2) adalah 0 ppm Al, pH 4; dan lingkungan 3 (L3) adalah konsentrasi larutan 60 ppm Al, pH 4. Sebagai perlakuan adalah 225 genotipe kacang tanah.

Sebanyak 25 biji kacang tanah yang telah disterilisasi dikecambahkan dalam toples plastik transparan ukuran 10 cm x 20 cm yang dialas kain tile dan diisi larutan Al sesuai dengan tingkat cekaman. Selanjutnya dikecambahkan pada suhu 25°C. Jika terjadi pengurangan air dalam toples akibat diserap biji maka air ditambah lagi sampai batas yang telah ditentukan. Hal yang sama dilakukan pada perlakuan pembandingan yang hanya menggunakan aquadest. Volume cairan dipertahankan konstan selama proses perkecambahan. Pengamatan meliputi panjang akar, bobot akar, bobot kering kecambah, panjang hipokotil, panjang epikotil, dan jumlah daun pada umur 10 hari, dan skor pewarnaan akar setelah diberi penanda hematoxilin. Penandaan hematoxilin dilakukan dengan cara perendaman pada 0,2% (w/v) larutan hematoxilin dan 0,02% (w/v) larutan KIO_3 selama 10 menit. Kemudian diberi skor dengan mengacu kepada Koesrini (2001). Skor 1 bila warna kecambah > 75% berwarna terang, skor 2 bila 50-75% berwarna terang, skor 3 bila 25-50% berwarna terang, skor 4 bila < 25% berwarna terang, dan skor 5 bila intensitas warna kecambah 100% gelap.

Toleransi genotipe kacang tanah terhadap cekaman pH dan Al pada stadia kecambah mengacu pada Fernandez (1993) dengan rumus *stressed tolerance index* (STI) = $(Y_p)(Y_s)/(Y_p)^2$. STI, Y_p , Y_s , dan Y_p^2 masing-masing adalah *stressed tolerance index* (indeks toleransi terhadap cekaman/ITC), penampilan karakter tanpa cekaman, penampilan karakter dengan cekaman, dan penampilan karakter tanpa cekaman kuadrat dari rata-rata semua genotipe. Semakin tinggi nilai STI semakin toleran aksesi dan menunjukkan nilai yang tinggi untuk sifat tersebut.

Pemilihan genotipe toleran pada pengujian kedua di laboratorium dilakukan berdasarkan beberapa karakter utama secara serentak dengan menggunakan indeks seleksi Smith-hazel dalam Bernardo (2002).

$$I = \sum b_i X_i$$

$$b = P^{-1}Ga$$

di mana I adalah total indeks, b_i adalah indeks koefisien relatif untuk peubah ke i , X_i nilai fenotipik peubah ke- i ; b adalah vektor indeks koefisien relatif; P^{-1} adalah matriks kebalikan ragam-peragam fenotipik; G adalah matriks

ragam-peragam genotipik; dan a adalah vektor pembobot nilai ekonomi suatu sifat. Nilai pembobot ekonomi 1 bila penting, 0 bila tidak penting, atau lebih besar dari 0 dan kurang dari 1 bila dinilai agak penting.

Batas seleksi (bs) dihitung dengan $bs = Y' + k.sd$, di mana Y' , k dan sd masing-masing adalah rata-rata sifat genotipe yang diamati, k adalah intensitas seleksi baku (bernilai 1,16 untuk intensitas seleksi 30%), dan sd adalah simpangan baku. Genotipe yang memiliki nilai lebih besar dari nilai bs dan lebih besar dari nilai varietas pembandingan dipilih sebagai genotipe yang toleran terhadap cekaman pada stadia kecambah.

Kecambah dan Reproduksi

Sebanyak 50 genotipe terpilih dari pengujian di laboratorium dievaluasi toleransinya di lapang pada MK 2007. Penelitian dilaksanakan di Jasinga, Jawa Barat, yang mewakili lingkungan masam dengan kandungan Al tinggi (E1 dan E2). E1 adalah lingkungan tercekam atau masam dengan pH 4,2 dan kejenuhan Al 91,5%. E2 adalah lingkungan masam dengan penambahan 2 t dolomit/ha. Pengujian pada masing-masing lingkungan (E1 dan E2) menggunakan rancangan acak kelompok dengan dua ulangan.

Tanah diolah sampai gembur, bersih dari gulma, dan dibuat petakan/bedengan dengan lebar 4 m. Kacang tanah ditanam dalam duabaris sepanjang 4 m (ukuran petak dua baris sepanjang 4 m). Jarak tanam 40 cm x 10 cm, satu biji per lubang. Tanaman dipupuk dengan 50 kg urea + 100 kg SP36 + 100 kg KCl/ha. Pupuk diberikan seluruhnya pada saat tanam secara larikan.

Pengendalian gulma dilakukan pada saat tanaman berumur 15 dan 30 hari setelah tanam (HST), dan tanaman selama masa pertumbuhan diusahakan bebas dari gulma. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan secara intensif, sejak tanaman berumur 3 minggu hingga menjelang 11 minggu agar diperoleh pertumbuhan yang optimal. Skor pertumbuhan 1 sampai dengan 5 diamati pada umur tanaman 3-4 minggu setelah tanam. Skor 1

= toleran, pertumbuhan normal, daun hijau dan subur; skor 2 = agak toleran, pertumbuhan tanaman agak normal, kurang subur; skor 3 = agak rentan, tanaman kurang subur, daun menguning; skor 4 = rentan, tanaman kerdil, daun menguning, dan skor 5 = sangat rentan, tanaman sangat kerdil, daun kecoklatan, tanaman mati sebelum berbunga.

Terhadap lima tanaman contoh kompetitif diamati jumlah polong, bobot polong, bobot biji, tinggi tanaman, panjang akar, dan bobot kering akar. Parameter yang diamati pada petak perlakuan adalah jumlah tanaman tumbuh, jumlah tanaman dipanen, bobot polong kering, hasil biji, dan bobot 100 biji. Besarnya indek toleransi terhadap cekaman lingkungan dihitung mengikuti cara Fernandez (1993). Hasil polong digunakan sebagai tolak ukur. Data dianalisis dengan program MSTATC.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Stadia Kecambah

Konsentrasi larutan Al berpengaruh sangat nyata terhadap panjang dan bobot kering akar, dan tidak nyata untuk panjang epikotil, hipokotil, jumlah daun, dan tidak terdapat interaksi antara konsentrasi larutan Al dengan varietas. Semakin tinggi konsentrasi Al yang diberikan maka panjang akar, jumlah akar, dan bobot kering kecambah semakin menurun (Tabel 1). Di antara sifat-sifat kuantitatif yang diamati, panjang akar menunjukkan penurunan yang sangat besar dibandingkan dengan panjang hipokotil, panjang epikotil, bobot kering akar, dan bobot kering kecambah. Pemberian Al 60-70 ppm memberikan pengaruh yang besar terhadap penurunan panjang akar (43,8%) dan bobot kering akar (26-30%) (Tabel 2 dan Gambar 1). Varietas yang diuji menunjukkan keragaman untuk sifat panjang akar dan bobot kering akar. Pada konsentrasi Al 60 ppm, panjang akar berkisar antara 3,0-4,1 cm atau terjadi penurunan 16-58% dibandingkan dengan kondisi tanpa Al. Terjadi

Tabel 1. Panjang akar, panjang hipokotil, panjang epikotil, jumlah daun, jumlah akar, bobot kering kecambah, dan bobot kering akar dari rata-rata delapan varietas kacang tanah pada konsentrasi Al bertingkat. Malang. 2006.

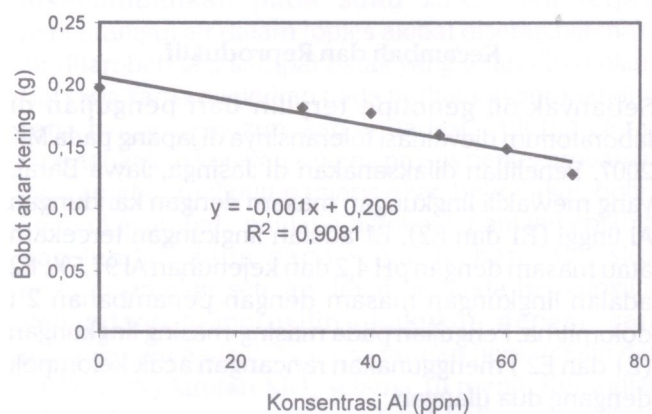
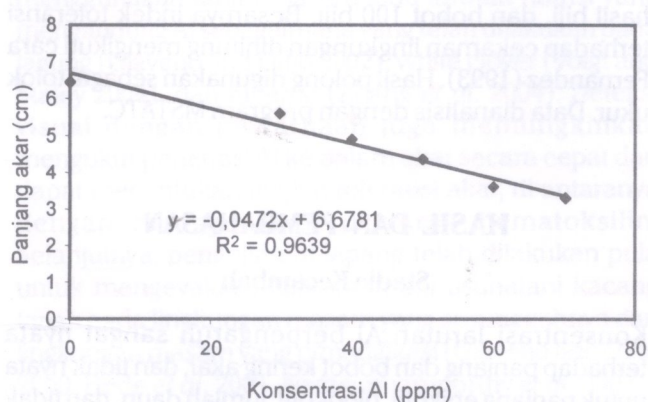
Konsentrasi Al (ppm)	Panjang akar (cm)	Panjang hipokotil (cm)	Panjang epikotil (cm)	Jumlah daun	Jumlah akar	Bobot kering kecambah (g)	Bobot kering akar (g)
0	6,4 a	2,5	5,4	9	27 a	1,921 a	0,199 a
30	5,6 ab	2,4	5,6	9	29 a	1,863 ab	0,182 ab
40	4,9 bc	2,5	5,4	8	27 a	1,839 abc	0,177 bc
50	4,4 cd	2,4	5,2	8	25 a	1,815 abc	0,160 cd
60	3,6 de	2,7	5,3	9	25 a	1,808 bc	0,148 d
70	3,3 e	2,4	5,2	9	19 ab	1,734 c	0,128 e

Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada batas peluang 0,01.

Tabel 2. Penurunan nilai perkecambahan¹⁾ kacang tanah pada berbagai konsentrasi Al dibandingkan dengan perlakuan 0 ppm Al pada pH 7,0. Malang, 2006.

Konsentrasi Al (ppm)	Panjang akar (cm)	Panjang hipokotil (cm)	Panjang epikotil (cm)	Jumlah daun	Jumlah akar	Bobot kering kecambah (g)	Bobot kering akar (g)
30	12,5	4,0	0,0	0,0	0,0	3,0	8,5
40	23,4	0,0	0,0	11,1	0,0	4,3	11,1
50	31,3	4,0	3,7	11,1	7,4	5,5	19,6
60	43,8	-8,0	1,9	0,0	7,4	5,9	25,6
70	41,1	0,0	7,1	0,0	34,5	6,9	29,7

¹⁾ Selisih panjang, jumlah bobot kering parameter kecambah dari perlakuan masing-masing konsentrasi Al dari perlakuan 0 ppm Al pH 7,0.



Gambar 1. Hubungan antara berbagai konsentrasi Al (ppm) dengan panjang akar (kiri), dan bobot kering akar (kanan) tanaman kacang tanah. Malang 2006.

pengurangan bobot kering akar sebesar 15-33% (Tabel 3). Berdasarkan data ini maka konsentrasi larutan Al 60 ppm digunakan untuk menyeleksi genotipe kacang tanah toleran terhadap kemasaman dan aluminium pada stadia kecambah.

Akar merupakan bagian tanaman yang pertumbuhannya sangat dipengaruhi oleh ion Al. Oleh karenanya penilaian panjang akar pada kondisi tidak tercekam dan tercekam Al banyak digunakan sebagai kriteria seleksi. Penelitian lain melaporkan bahwa tingkat konsentrasi Al yang berpengaruh terhadap perakaran berbeda pada setiap komoditas. Dari tiga konsentrasi yang diuji pada kacang tanah, Saleh (2004) mendapatkan Al dengan konsentrasi 60 ppm dapat digunakan untuk skrining toleransi terhadap Al. Pada padi, konsentrasi Al 45 ppm telah memperlihatkan gejala keracunan pada galur rentan (Farid *et al.* 1997 dalam Wurnas *et al.* 2002).

Tanggap 225 genotipe kacang tanah pada tiga lingkungan yakni, pH 7 tanpa larutan Al; pH 4 tanpa larutan Al; dan pH 4 dengan larutan Al 60 ppm terhadap karakter perkecambahan kacang tanah beragam dan terdapat interaksi antara genotipe dengan lingkungan. Pada larutan pH 4 tanpa larutan Al, kacang tanah dapat berkecambah normal sebagaimana pada larutan

dengan pH 7. Jumlah biji yang dapat berkecambah dan pertumbuhan kecambah tidak terhambat, yang ditunjukkan oleh pertumbuhan perakaran dan bagian atas tanaman (hipokotil, epikotil, dan daun) yang baik. Intensitas cekaman rendah, rata-rata 0,03.

Pada larutan pH 4 dengan konsentrasi Al 60 ppm, pertumbuhan kecambah mulai terhambat yang ditunjukkan oleh akar yang lebih pendek, jumlah akar berkurang, epikotil lebih pendek, dan jumlah daun lebih sedikit dengan indeks cekaman berkisar antara 0,05-0,22 (Tabel 4). Dari beberapa peubah yang diamati panjang akar mengalami cekaman paling besar.

Dengan menggunakan pewarnaan hematoxilin, seluruh akar pada perlakuan normal (pH 4 tanpa Al) menunjukkan warna terang dengan skor pewarnaan 1. Pada perlakuan pH 4 dan Al 60 ppm, skor pewarnaan berkisar antara 3,05-4,45 dengan skor rata-rata 3,9. Sebagian besar genotipe memiliki skor pewarnaan 4-5. Dengan kata lain, pada genotipe kacang tanah yang dievaluasi tidak terdapat akar yang benar-benar bebas dari penetrasi aluminium. Terdapat enam genotipe dengan skor 3,05-3,15, yaitu MLGA 0047, MLGA 0052, MLGA 0301, MLGA 0031, MLGA 0254, dan MLGA 0286 (Tabel 5).

Tabel 3. Panjang akar, bobot kering akar, penurunan panjang akar, dan bobot kering akar delapan varietas kacang tanah pada konsentrasi Al 0 ppm dan 60 ppm. Malang, 2006.

Varietas	Panjang akar (cm)		Penurunan panjang akar (%)	Bobot kering akar (g)		Penurunan bobot kering akar (%)
	0 ppm	60 ppm		0 ppm	60 ppm	
Bima	5,5	3,0	45,5	0,187	0,127	32,1
Badak	8,2	3,4	58,5	0,197	0,167	15,2
Jerapah	6,8	3,6	46,6	0,187	0,153	18,2
Kancil	6,5	4,1	36,9	0,217	0,153	29,5
Komodo	7,1	3,3	53,5	0,207	0,153	26,1
Tapir	4,8	4,0	16,0	0,187	0,133	28,9
Tupai	6,9	3,6	47,9	0,187	0,153	18,2
Turangga	5,7	3,9	32,1	0,220	0,147	33,2
Rata-rata	6,4	3,6	42,1	0,198	0,148	25,2

Tabel 4. Parameter perkecambahan, ringkasan analisis ragam, dan intensitas cekaman perkecambahan kacang tanah terhadap kemasaman tanah dan aluminium. Malang 2006.

Lingkungan	Panjang (cm)			Jumlah		Bobot kering (g)	
	akar	hipokotil	epikotil	akar	daun	kecambah	akar
L1 = pH 7	5,16a	2,42a	5,43a	31,6a	9,2a	1,99 a	0,21ab
L2 = pH 4	5,11a	2,34 b	4,93 b	28,9 b	8,8 b	1,99 a	0,22 b
L3 = pH 4, Al 60 ppm	4,01 b	2,31 b	4,53 c	27,5 b	8,3 c	1,97 b	0,21a
Lingkungan (L)	**	*	*	*	*	tn	tn
Genotipe (G)	**	**	**	**	*	*	*
G x L	*	**	**	**	**	*	*
Intensitas cekaman pH dan Al	0,21	0,01	0,08	0,04	0,06	0,00	-0,05

* dan ** masing-masing nyata pada batas peluang 0,01 dan 0,05, tn tidak nyata.

Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada batas peluang 0,01.

Nilai pertumbuhan perakaran dengan menggunakan indeks toleransi cekaman (*stress tolerance index*, STI) untuk panjang akar pada pengujian ini berkisar antara 0-2,42 dan bobot akar 0,16-1,83. Dengan menggunakan seleksi secara serentak untuk STI, indeks seleksi sifat panjang akar dan bobot akar menurut Smith-hazel dalam Bernardo (2002) berkisar antara 0,18-2,38. Berdasarkan batas seleksi sebesar 30%, terpilih 14 genotipe yang tergolong toleran dengan nilai indeks di atas 1,08. Genotipe-genotipe tersebut adalah MLGA 0231, MLGA 0190, MLGA 0176, MLGA 0033, MLGA 0218, MLGA 0093, MLGA 0227, MLGA 0493, MLGA 0365, MLGA 0338, MLGA 0471, MLGA 0354, MLGA 0393, dan MLGA 0477 (Tabel 5).

Terdapat korelasi yang erat dan positif antara total indeks dengan panjang akar ($r = 0,15^*$), jumlah akar ($0,34^{**}$), dan bobot akar ($0,33^{**}$). Berarti semakin besar total indeks akan diikuti oleh peningkatan panjang akar, jumlah akar, dan atau bobot akar. Dengan pewarnaan hematoksilin terlihat korelasi yang negatif untuk panjang akar, jumlah akar, dan bobot akar. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi skor pewarnaan hematoksilin

(penyerapan Al di akar) akan diikuti oleh penurunan panjang akar, jumlah akar, dan atau bobot akar. Dari kedua metode tersebut terlihat bahwa beberapa genotipe memiliki pertumbuhan perakaran yang baik dengan penyerapan Al yang tinggi di akar, sementara beberapa genotipe menyerap sedikit Al dengan pertumbuhan perakaran yang tidak terlalu baik.

Menurut Yost (2000), keracunan Al atau Mn pada pH rendah dikarenakan adanya mekanisme toleransi (adanya elemen racun dalam tanaman) dan penghindaran (pencegahan elemen) racun masuk ke dalam tanaman. Hasil penelitian Giaveno dan Filho (2000) menunjukkan bahwa pewarnaan hematoksilin merupakan prosedur yang berguna untuk menyeleksi jagung toleran Al pada stadia perkecambahan karena dapat mengevaluasi dalam jumlah yang banyak tanpa merusak ujung akar. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Cancado *et al.* (1999) di mana terdapat korelasi negatif antara pewarnaan hematoksilin dengan pertumbuhan perakaran. Dengan demikian, penggabungan kedua metode tersebut dapat saling melengkapi dalam pemilihan genotipe toleran pada stadia perkecambahan.

Tabel 5. Indeks toleransi terhadap cekaman, total indeks, dan skor pewarnaan Al pada perkecambahan genotipe kacang tanah terpilih pada perlakuan pH 4 dan Al 60 ppm. Malang 2006.

Genotipe	Panjang akar (cm)	Bobot akar (g)	Indeks toleran cekaman (STI) ^{a)}		Total indeks ^{b)}	Skor pewarnaan ^{c)}		Keterangan
			Panjang akar	Bobot akar		Tanpa Al	Al 60 ppm	
MLGA 0365	4,2	0,29	8,01	1,2	1,78	1	4,25	Toleran
MLGA 0338	5,2	0,31	1,37	1,83	1,67	1	4,15	Toleran
MLGA 0231	4,9	0,3	1,75	1,36	1,31	1	3,75	Toleran
MLGA 0471	4,1	0,22	1,01	1,43	1,30	1	4,35	Toleran
MLGA 0354	3,8	0,29	0,67	1,38	1,23	1	4,1	Toleran
MLGA 0190	3,0	0,27	0,88	1,32	1,20	1	3,9	Toleran
MLGA 0477	3,5	0,33	0,62	1,35	1,20	1	4,45	Toleran
MLGA 0176	4,6	0,25	0,71	1,33	1,19	1	4,35	Toleran
MLGA 0033	4,3	0,24	1,40	1,20	1,15	1	3,85	Toleran
MLGA 0218	3,3	0,23	1,37	1,17	1,12	1	4,15	Toleran
MLGA 0093	3,9	0,22	0,50	1,27	1,12	1	4,45	Toleran
MLGA 0493	4,4	0,24	0,94	1,20	1,10	1	4,35	Toleran
MLGA 0393	4,6	0,27	0,78	1,20	1,09	1	3,9	Toleran
MLGA 0227	4,7	0,25	1,05	1,17	1,09	1	4,35	Toleran
MLGA 0204	5,2	0,25	1,20	1,13	1,07	1	3,5	Toleran
MLGA 0356	4,6	0,28	0,82	1,18	1,07	1	4,35	Toleran
MLGA 0274	4,1	0,23	0,99	1,12	1,04	1	4	Toleran
MLGA 0297	4,9	0,28	1,47	1,06	1,03	1	4,3	Toleran
MLGA 0299	3,3	0,23	0,57	1,12	1,00	1	3,65	Toleran
MLGA 0292	4,4	0,25	0,67	1,11	1,00	1	3,5	Toleran
MLGA 0305	4,3	0,25	0,95	1,08	1,00	1	3,65	Toleran
MLGA 0047	3,8	0,21	0,64	0,90	0,82	1	3,05	Sedang
MLGA 0254	3,8	0,21	0,99	0,86	0,82	1	3,15	Sedang
MLGA 0301	4,8	0,22	0,93	0,83	0,79	1	3,1	Sedang
MLGA 0031	3,8	0,25	0,59	0,78	0,71	1	3,15	Sedang
MLGA 0052	4,4	0,22	0,49	0,73	0,66	1	3,05	Sedang
MLGA 0286	2,9	0,18	0,36	0,73	0,65	1	3,15	Sedang
Rata-rata	4,01	0,21	0,80	0,89	0,79	1	3,9	
Batas seleksi 30%	4,74	0,22	1,44	1,02	1,08			

^{a)} Fernandez (1993), ^{b)} Smith-hazel dalam Bernardo (2002)

Stadia Reproduksi

Tanggap 50 genotipe kacang tanah yang diuji terhadap kemasaman tanah beragam, yang ditandai oleh pertumbuhan normal dengan daun berwarna hijau segar hingga agak rentan yang ditunjukkan oleh pertumbuhan tanaman yang kurang baik dan daun menguning. Lingkungan berpengaruh nyata terhadap hasil kacang tanah. Genotipe yang diuji menunjukkan keragaman untuk hasil dan terdapat interaksi antara genotipe dengan lingkungan. Hasil polong pada lingkungan E1 (masam, pH tanah 4,4 dan kejenuhan Al 91,5%) dan E2 (pemberian dolomit 2t/ha, pH 5,4 kejenuhan Al 61,1%) masing-masing adalah 1,27 t dan 1,44 t/ha (Tabel 7). Pemberian kapur dengan takaran 2 t dolomit/ha dapat meningkatkan pH tanah dari 4,4 menjadi 5,4 dan menurunkan kejenuhan Al dari 91,5% menjadi 61,1%, serta meningkatkan ketersediaan K dari 0,29 menjadi 0,53 me/100 g, Ca dari 0,96 menjadi 6,92 me/100 g, dan Mg dari 0,41 menjadi 06,92 me/100 g (Tabel 6).

Tabel 6. Hasil analisis tanah pada perlakuan tanpa kapur dan dengan pengapuran. Jasinga, MK 2007.

	Tanpa kapur	Dengan kapur
pH H ₂ O	4,4	5,4
pH KCl	4,2	4,2
K-dd (me/100 g)	0,29	0,53
Na-dd (me/100 g)	0,41	0,30
Ca-dd (me/100 g)	0,96	6,92
Mg-dd (me/100 g)	0,41	1,91
Al-dd (me/100 g)	22,4	15,2
H-dd (me/100 g)	0	0
Kejenuhan Al (%)	91,54	61,14

Tabel 7. Kisaran hasil, rata-rata skor pertumbuhan 50 genotipe kacang tanah. Jasinga, MK 2007.

Lingkungan	Skor pertumbuhan		Hasil (t/ha)	
	Kisaran	Rata-rata	Kisaran	Rata-rata
E1 (masam)	1-3	2,14	0,55-2,21	1,27
E2 (masam + kapur)	1-2	1,84	0,59-2,16	1,44

Pada lingkungan E1 (kondisi masam) tanaman kacang tanah menunjukkan tanggap yang beragam, dari rentan hingga toleran dengan skor pertumbuhan 1-3 (Tabel 7). Gejala keracunan ditandai oleh ujung daun kecoklatan tetapi tidak sampai mengering dan pertumbuhan vegetatif masih normal dengan skor pertumbuhan 1-3. Hasil polong berkisar antara 0,55-2,21 t/ha. Terdapat sembilan genotipe yang hasilnya di atas hasil rata-rata 1,27 t/ha, yaitu MLGA 0122, MLGA 0297, MLGA 0354, MLGA 0190, MLGA 0306, MLGA 0292, MLGA 0218, MLGA 0305, dan MLGA 0393. Dua di antaranya memberikan hasil di atas batas seleksi pada kondisi

masam, yakni MLGA 0122 dan MLGA 0297, masing-masing dengan hasil 2,21 t dan 2,17 t/ha (Tabel 8).

Penambahan dolomit sebanyak 2 t/ha mampu meningkatkan pH tanah dari 4,4 menjadi 5,4 dan menurunkan kejenuhan Al dari 91,5% menjadi 61,1%, namun belum dapat menurunkan cekaman secara nyata. Hasil polong berkisar antara 0,59-2,16 t/ha dengan rata-rata 1,44 t/ha. Terdapat 13 genotipe yang hasilnya di atas hasil rata-rata 1,44 t/ha. Tujuh genotipe memberi hasil di atas batas seleksi 1,83 t/ha, yakni MLGA 0297, MLGA 0122, MLGA 0292, MLGA 0004, MLGA 0301, MLGA 0093, dan MLGA 0306 (Tabel 9).

Tabel 8. Skor pertumbuhan, tinggi tanaman, panjang akar, jumlah polong, dan hasil polong kacang tanah terpilih pada lingkungan masam tanpa kapur (E1). Jasinga, MK 2007.

Genotipe	Skor pertumbuhan ¹⁾	Tinggi tanaman (cm)	Panjang akar (cm)	Bobot akar (cm)	Jumlah polong/tanaman	Bobot polong/tanaman (g)	Hasil polong E1 (t/ha)
MLGA 0122	2	56,0	16,9	12	13,8	8,05	2,21
MLGA 0297	2	64,7	18,3	13	13,9	6,10	2,17
MLGA 0354	1	53,1	17,5	14	16,1	8,10	1,70
MLGA 0190	2	51,1	17,5	12	14,1	8,70	1,68
MLGA 0306/Landak	2	63,9	13,5	13	14,5	5,55	1,65
MLGA 0292	3	42,4	17,2	12	14,9	5,85	1,64
MLGA 0218	2	50,0	15,9	13	16,2	8,45	1,40
MLGA 0305	2	39,9	14,7	9	9,2	4,50	1,33
MLGA 0393	3	42,4	13,7	8	13,7	7,30	1,32
Rata-rata							1,27
Batas seleksi 30%							1,90

¹⁾ 1 = toleran, pertumbuhan normal, daun hijau dan subur;
2 = agak toleran, pertumbuhan tanaman agak normal, kurang subur;
3 = agak rentan, tanaman kurang subur, daun menguning

Tabel 9. Skor pertumbuhan, tinggi tanaman, panjang akar, jumlah polong, dan hasil polong 13 genotipe kacang tanah pada lingkungan masam dengan penambahan kapur (E2). Jasinga, MK 2007.

Genotipe	Skor pertumbuhan ¹⁾	Tinggi tanaman (cm)	Panjang akar (cm)	Bobot akar (cm)	Jumlah polong/tanaman	Hasil polong (t/ha)
MLGA 0297	2	56,9	15,5	4,35	8	2,16
MLGA 0112	2	51,6	12,7	6,40	8	2,11
MLGA 0292	2	50,5	15,7	3,90	10	2,10
MLGA 0004	2	51,3	14,6	3,70	13	1,97
MLGA 0301	2	38,0	14,1	6,10	8	1,94
MLGA 0093	2	43,1	14,7	5,50	11	1,90
MLGA 0306/Landak	2	56,2	14,9	4,40	11	1,88
MLGA 0298	2	50,6	14,4	4,35	14	1,73
MLGA 0354	1	47,8	17,3	4,50	9	1,64
MLGA 0190	2	37,2	11,6	6,20	10	1,63
MLGA 0393	2	38,4	14,6	4,10	10	1,57
MLGA 0471	2	40,8	16,9	5,75	15	1,53
MLGA 0176	2	43,8	14,6	5,15	11	1,52
Rata-rata						1,44
Batas seleksi 30%						1,83

¹⁾ 1 = toleran, pertumbuhan normal, daun hijau dan subur;
2 = agak toleran, pertumbuhan tanaman agak normal, kurang subur.

Nilai indeks toleransi cekaman (STI) pada pengujian ini berkorelasi positif dengan hasil kacang tanah pada kondisi setelah penambahan kapur (E2) dan kondisi tercekam (E1, tanpa penambahan kapur), masing-masing dengan koefisien korelasi 0,89** dan 0,82**. Dengan demikian, genotipe yang toleran dan berpenampilan baik ditunjukkan oleh besarnya nilai indeks toleransi cekaman (STI). Nilai STI pada kondisi setelah diberi kapur dibandingkan sebelum diberi kapur (E2 vs E1) berkisar antara 1,31-3,28. Berdasarkan nilai indeks toleransi cekaman tersebut, terdapat dua genotipe yang konsisten memiliki nilai STI dan hasil tertinggi pada lingkungan masam (E1 dan E2). Kedua genotipe tersebut adalah MLGA 0297 dan MLGA 0122 dengan hasil 2,11-2,21 t/ha (Tabel 10). Selain itu terdapat empat genotipe yang tergolong toleran pada lahan masam yakni MLGA 0292, MLGA 0190, MLGA 0001, dan MLGA 0306. MLGA 0306 adalah varietas Landak yang merupakan varietas kacang tanah yang ditujukan untuk lahan masam (Suhartina 2005). Pada tanaman jagung, The *et al.* (2001) menilai keuntungan relatif penggunaan varietas jagung toleran dibandingkan dengan penggunaan pupuk dan bahan organik di lahan masam. Terlihat secara nyata penurunan Al-dd dan kenaikan pH, Ca, dan Mg. Pemberian pupuk, kotoran ayam, dan bahan organik juga meningkatkan hasil biji. Pemberian bahan organik setidaknya sebagai substitusi untuk aplikasi pengapuran, terutama pada jagung yang sensitif terhadap kemasaman, sedangkan penggunaan genotipe toleran diharapkan dapat mengurangi kebutuhan aplikasi kapur.

KESIMPULAN

Dari pengujian tersebut dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Terdapat keragaman dan perbedaan toleransi di antara genotipe tanaman kacang tanah yang diuji, baik pada tingkat perkecambahan maupun pada stadia perkecambahan hingga stadia reproduktif di lapang.
- Di antara karakter perkecambahan, panjang akar mengalami cekaman paling besar dan tidak terdapat genotipe yang akarnya benar-benar bebas dari penetrasi aluminium, dan panjang akar dapat digunakan sebagai tolak ukur toleransi.
- Pemberian kapur dengan takaran 2 t dolomit/ha dapat meningkatkan pH tanah, menurunkan kejenuhan Al, dan meningkatkan ketersediaan K, Ca, dan Mg.

Tabel 10. Hasil, indeks toleransi cekaman, dan kehilangan hasil kacang tanah pada dua lingkungan tumbuh (E1 dan E2). Jasinga, MK 2007.

Genotipe	Hasil (t/ha)		STI E1-E2	Keterangan
	E1	E2		
MLGA 0297	2,17	2,16	3,25	Toleran
MLGA 0112	2,21	2,11	3,24	Toleran
MLGA 0292	1,64	2,10	2,39	Toleran
MLGA 0190	1,68	1,63	1,90	Toleran
MLGA 0001	1,81	1,72	2,16	Toleran
MLGA 0306/Landak	1,65	1,88	2,15	Toleran
Rata-rata	1,27	1,44	1,31	Toleran
Batas seleksi 30%	1,90	2,12	2,06	

- Genotipe yang diuji memberikan harapan untuk dilepas sebagai varietas toleran lahan kering masam. Genotipe MLGA 0297, MLGA 0112, MLGA 0292, MLGA 0190, MLGA 0001, dan MLGA 306 tergolong toleran terhadap kemasaman tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Bernardo, R. 2002. Breeding for quantitative traits in plants. Stemma Press. Woodbury, Minnesota. p.269-272.
- Fernandez, G.C.J. 1993. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In C.G. Kuo (Eds). Adaptation of food crops to temperature and water stress. Proc. of an Inter. Symp. Taiwan, 13-18 August 1999. AVRDC. p. 257-270.
- Giaveno, C.D., and B. Miranda Filho. 2000. Rapid screening for aluminium tolerance in maize (*Zea mays* L.). Genet. Mol. Biol. 23 (4). Sao Paulo. Dec.7p.
- Giaveno, C.D. and B. Miranda Filho. 2002. Field comparison between selection methods at maize seedling stage in relation to aluminium tolerance. Sci. Agric. 59(4):397-401.
- Hairiah, K., Widiyanto, S.R. Utami, D. Suprayogo, Sunaryo, S.M. Sitompul, B. Lusiana, R. Mulia, M.V. Noordwijk, dan G. Cadisch. 2000. Pengelolaan tanah masam secara biologi; Refleksi pengalaman dari Lampung Utara. SMT Grafika Desa Putera, Jakarta. 187 p.
- Hede, A.R., I.B.Scovmand, and J. Lopez-Cesati. 2001. Acid soil and aluminium toxicity. In: Reynolds, M.P., J.I. Ortiz-Monasterio, and A. McNab (eds.). Application of physiology in wheat breeding. Mexico, D.F. CIMMYT.
- Hede, A.R., B. Skovmand, J.M. Ribaut, D. Gonzalez-de-leon, and O. Stolen. 2002. Evaluation of aluminium tolerance in a spring rye collection by hydroponic screening. Plant Breeding 121(3):241-248.
- Horst, W.J., N. Schmohl, M. Kollmeier, F. Baluska, and M. Sivaguru. 1999. Does aluminium affect root growth of maize through interaction with the cell wall plasma membrane cytoskeleton continuum? Plant and Soil 215(163-174).
- Koesrini. 2001. Studi metode skrining ketahanan terhadap aluminium pada kedelai. Tesis. UGM. Yogyakarta.

- Makmun, M.Y., M. Gamanik, dan M. Willis. 1996. Sistem produksi dan pengembangan kacang tanah di Kalimantan. p. 195-206. *Dalam*: N. Saleh, K.H. Hendroatmojo, A. Kasno, A.G. Manshuri, dan A. Winarto (Eds.). Risalah Seminar Prospek Abribisnis Kacang Tanah di Indonesia. Edisi Khusus Balitkabi No. 7.
- Mulyani, A. 2006. Potensi lahan kering masam untuk pengembangan pertanian. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 28(2):16-17.
- Narasimhamoorthy, B., E.B. Blancaflor, J.H. Bouton, M.E. Payton, and M.K. Sledge. 2007. A comparison of hydroponics, soil, and root staining method for evaluation of aluminium tolerance in *Medicago truncatula* (Barrel Medic) germplasm. *Crop Sci.* 47:321-328.
- Pan, J.W., M.Y. Zhu, and H. Chen. 2001. Aluminium-induced cell death in root-tip cells of barley. *Environmental and Experimental Botani* 46:71-79.
- Prasetyo, B.H. dan D.A. Suriadikarta. 2006. Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah Ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 25(2):39-46.
- Rosolem, C.A., J.P.T. Witacker, S. Vanzolini, and V.J. Ramos. 1999. The significance of root growth on cotton nutrition in an acidic low-P soil. *Plant and Soil* 212:185-190.
- Russel, R.S. 1988. Plant root system. Mc Graw Hill Book Company. London. 653 p.
- Saleh, M. 2004. Respon genotipe kacang tanah terhadap cekaman aluminium pada metode laboratorium. Dukungan pemuliaan terhadap industri perbenihan pada era pertanian kompetitif. *Prosiding Lokakarya PERIPI VII*. Malang. p.174-179.
- Sopandie, D., M. Yusuf, dan S. Aisah. 2000. Toleransi terhadap aluminium pada akar kedelai: Deteksi visual penetrasi aluminium dengan metode pewarnaan hematoksilin. *Comm. Ag.* 6(1):25-32.
- Suhartina. 2005. Deskripsi varietas unggul kacang-kacangan dan umbi-umbian. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang. 154p.
- Sutopo, L. 1998. Teknologi benih. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 223p.
- The, C., H. Calba, W.J. Horst, and C. Zonkeng. 2001. Maize grain yield correlated responses to change in acid soil characteristics after three years of soil amandments. *Seventh Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference*. 11-15 Februari, 2001. p.222-227.
- Trustinah, A. Kasno, A. Wijanarko, R. Iswanto, dan H. Kuswantoro. 2008. Adaptasi genotipe kacang-kacangan pada lahan kering masam. p. 200-207. *Dalam* A. Harsono, A. Taufiq, A.A. Rahmiana, Suharsono, M.M. Adie, F. Rozi, A. Wijanarko, A. Widjono, dan R. Suhoendi (Eds.). Inovasi teknologi kacang-kacangan dan umbi-umbian mendukung kemandirian pangan dan kecukupan energi. Balitkabi, Malang.
- Voigt, P.W. and T.E. Staley. 2004. Selection for aluminium and acid-soil resistance in white clover. *Crop Sci.* 44:38-48.
- Wirnas, D., A. Makmur, D. Soepandi, dan H. Aswidin Noor. 2002. Evaluasi ketenggangan galur padi gogo terhadap cekaman aluminium dan efisiensi penggunaan hara kalium. *Bulletin Agron.* (30)2:39-44.
- Yokel, R.A. 2002. Aluminium chelation principles and recent advances. *Coodination Chemistry: Reviews*. 228:97-113.
- Yost, R.S. 2000. Plant tolerance of low soil pH, soil aluminium, and soil manganese. *In* J.A. Silva, and R. Uchida (Eds.). Plant nutrient management in Hawaii's soils, approaches for tropical and subtropical agriculture. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa.
- Zhang, X., T. Garnett, K. Davies, D. Peck, A. Humphries, and G. Auricht. 2004. Genetic evaluation and improvement of acid stress tolerance in lucerne breeding. *New direction for a divers planet: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress*. Barisbane, Australia, 26 Sep-1 Oct. 2004.

Indeks Judul

Aksi Gen dan Dugaan Heritabilitas Beberapa Karakter Kuantitatif pada Populasi Galur Kacang Hijau Hasil Persilangan	118	Kombinasi Pemupukan Urea dan Pupuk Organik pada Jagung Manis di Lahan Kering	83
Analisis Input-Output Pemupukan Beberapa Varietas Jagung di Lahan kering	78	Korelasi antara Jarak Genetik Inbrida dengan Penampilan Fenotipik Hibrida Jagung	69
Analisis Lintasan Genotipik dan Fenotipik Karakter Sekunder Jagung pada Fase Pembungaan dengan Pemupukan Takaran Rendah	17	Penampilan Genotipe Kedelai dengan Dua Perlakuan Kapur di Lahan Pasang Surut Bergambut	29
Efektivitas Amonia, Propionic Acid, dan Ekstrak Daun Cengkeh dalam Pengendalian Patogen Benih <i>Aspergillus flavus</i> pada Jagung	158	Pengaruh <i>Blanching</i> dan Waktu Perendaman dalam Larutan Kapur terhadap Kandungan Racun pada Umbi dan Ceriping Gadung	192
Effect of Rice Straw Addition on Rice Production in Terraced Paddy Field Systems	139	Pengaruh Padi Transgenik yang Mengandung Gen Cry 1A(b) terhadap Populasi Serangga Nontarget di Lapangan Uji Terbatas	95
Efisiensi Penggunaan Pupuk NPK melalui Pemanfaatan Cendawan Mikoriza Arbuskular pada Jagung	165	Penampilan Genotipe Padi Gogo Toleran Kahat Fosfor pada Tanah Ultisol	109
Estimasi Jarak Genetik Galur Jagung Pulut Berbasis Marka Mikrosatelit dan Korelasinya dengan Karakter Morfologi	7	Perlakuan Penurunan Kandungan Sianida Ubi Kayu untuk Pakan Ternak	58
Hubungan Kerapatan Trikoma dengan Intensitas Serangan Penggerek Polong Kedelai	176	Produktivitas Galur Harapan Padi di Lahan Pasang Surut dan RawaLebak	34
Identifikasi Karakteristik dan Mutu Beras di Jawa Barat	43	Respon Tanaman Jagung Hibrida terhadap Fosfat Alam pada Tanah Inceptisol	89
Identifikasi Patotipe <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> , Penyebab Penyakit Hawar Daun Bakteri di Sentra Produksi Padi di Jawa	131	Stabilitas dan Adaptabilitas Genotipe Padi pada Beberapa Lingkungan Gogo Rancah	39
Karakter Agronomik dan Kandungan Isoflavon Galur Kedelai F5	23	Seleksi Genotipe Kacang Tanah Toleran Kekeringan pada Stadia Kecambah dan Reproduksi	50
Kebutuhan Hara Padi di Lahan Rawa Lebak	101	Seleksi Dini Toleransi Genotipe Jagung terhadap Kekeringan	63
Keragaan Hasil Biji Sepuluh Genotipe Jagung dan Hibrida Diallel Keturunannya pada Lahan Masam	1	Stabilitas dan Hasil Beberapa Galur Harapan Kedelai	170
Keunggulan Pupuk Majemuk NPK Lambat Urai untuk Tanaman Padi Sawah	148	Toleransi Genotipe Kacang Tanah terhadap Lahan Masam	183
		Teknik Seleksi Genotipe Padi Toleran Keracunan Besi	125

Indeks Penulis

A. Jamil	165	Marcia B. Pabendon	69
A. Kasno	183	Masdiar Bustamam	109
A. Kasno	89	Mohamad Yamin S.	39
A. Wijanarko	183	Muh. Taufik	78
Abdul Karim Makarim	101, 125	Muhammad Thamrin	78
Andi Takdir M.	7	Murdijati Gardjito	192
Anischan Gani	148	Musfal	165
Astanto Kasno	50		
Ayda Krisnawati	23, 170	N. Usyati	95
		Nasrullah	1
Bambang Kustianto	34	Nuning Argo Subekti	1
Delvian	165	Prihadi Wibowo	43
Dja'far Shiddieq	1	Puspita Deswina	95
		Putu Suratmini	83
Eddy William	29		
Eko Sulistiono	63	Roy Efendi	63
Endang Suhartatik	101		
Enggis Tuherkih	139	S. Dewi Indrasari	43
		Satriyas Ilyas	63
H. Aswidinnoor	69	Siti Rahayu	192
Hajrial Aswidinnoor	7	Sudarsono	63
		Sudir	131
I. Hanarida Somantri	109	Suharsono	176
Inez H. Slamet-Loedin	95	Sukristiyonubowo	139
Ismail B.P.	39	Suprihanto	131
		Sutoro	17
J. Koswara	69	Syahrir Pakki	158
Jajah Koswara	7		
Joko Prasetyono	109	Tintin Suhartini	109, 125
Jumali	43	Titiek F. Djaafar	192
		Trikoesoemaningtyas	7
Koesrini	29	Triny S. Kadir	131
		Trustinah	50, 183
Lukman Hakim	118		
		Woerjono Mangoendidjojo	1
M. Muchlish Adie	23, 170		
Made J. Mejaya	69	Yuningsih	58

