

# Tanggap Kedelai Hitam terhadap Cekaman Aluminium pada Kultur Hara

## *Black Soybean Response to Aluminium Stress in the Nutrient Solution*

Hesti Pujiwati<sup>1</sup>, Munif Ghulamahdi<sup>2</sup>, Sudirman Yahya<sup>2</sup>, Sandra Arifin Aziz<sup>2</sup> dan Oteng Haridjaja<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dosen Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu  
Jl. WR. Supratman, Bengkulu 38371A, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor  
Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

<sup>3</sup>Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor  
Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia  
E-mail: hesti\_pujiwati@yahoo.co.id

---

Naskah diterima 6 Oktober 2015, direvisi 7 Juni 2016, disetujui diterbitkan 22 Juni 2016

---

### **ABSTRACT**

*Al-stress on soybean causes inhibited root growth. Root length sensitivity index might be an indicator of roots tolerance to Al-stress. Hematoxylin staining can be used to visualize the movement of Al in plant root tissues. This study was aimed to determine the tolerance level of soybean genotypes to the gradual Al concentrations. The experiment was conducted from February to April 2014, at the greenhouse in Cikabayan Experiments Garden, IPB, using a 4 x 3 factorial treatments in a completely randomized design, three replications. The first factor was the concentration of Al ie: without Al (A0); 0.5 mM Al (A1); 0.7 mM Al (A2) and 0.9 mM (A3). The second factor was the soybean varieties including: Tanggamus, Cikuray, and Ceneng. The observation of variable included root length sensitivity index based on hematoxylin staining, demonstrating the movement of Al on the tolerance and sensitive varieties. Results showed that: 1) Tanggamus was tolerance at 0.5 mM Al concentration and was moderate at 0.7 and 0.9 mM Al, 2) Cikuray was tolerance to a concentration up to 0.5 mM and was moderate at 0.7 mM Al but was sensitive to the concentration of 0.9 mM Al, 3) Ceneng was sensitive at concentration of 0.5 to 0.9 mM Al, 4) Staining hematoxylin indicated the root tissue advanced damages and darker blue color on the susceptible varieties, in comparison with the tolerant ones.*

*Keywords: Black soybean, alluminium staining, tolerance.*

### **ABSTRAK**

Cekaman Al pada tanaman menghambat pertumbuhan akar. Indeks sensitivitas panjang akar dapat dijadikan indikator toleransi akar terhadap cekaman Al. Pewarnaan hematoksilin dapat digunakan untuk melihat pergerakan Al pada jaringan akar tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui toleransi genotipe kedelai pada konsentrasi Al bertingkat. Percobaan dilaksanakan pada Februari hingga April 2014 di Rumah Kaca Kebun Percobaan Cikabayan IPB. Percobaan disusun dalam faktorial 4 x 3 menggunakan rancangan acak lengkap dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah

konsentrasi Al: tanpa Al (A0); 0,5 mM Al (A1); 0,7 mM Al (A2) dan 0,9 mM (A3). Faktor kedua adalah varietas kedelai: Tanggamus, Cikuray, dan Ceneng. Pengamatan meliputi indeks sensitivitas panjang akar dengan pewarnaan hematoksilin, pergerakan Al pada varietas toleran dan peka Al. Hasil penelitian menunjukkan varietas Tanggamus toleran hingga konsentrasi Al 0,5 mM dan moderat pada konsentrasi Al 0,7 dan 0,9 mM, varietas Cikuray toleran hingga konsentrasi 0,5 mM Al, moderat pada konsenstrasi 0,7 mM Al, dan menjadi peka pada konsentrasi 0,9 mM Al, varietas Ceneng peka pada konsentrasi 0,5 sampai 0,9 mM Al. Pewarnaan hematoksilin menunjukkan kerusakan jaringan akar lebih berat dan warna biru lebih pekat pada varietas peka dibandingkan dengan varietas toleran.

Kata kunci: Kedelai hitam, cekaman aluminium, toleransi

### **PENDAHULUAN**

Kedelai yang dibudidayakan terdiri atas dua spesies, yaitu *Glycine max* atau kedelai yang bijinya berwarna kuning, dan *Glycine soja* atau kedelai berbiji hitam. Kedelai hitam memiliki keunggulan yang lebih baik dibandingkan dengan kedelai kuning. Berdasarkan penelitian Takahashi *et al.* (2005), kedelai hitam memiliki kandungan polyphenol  $29 \pm 0,56$  mg/g, lebih tinggi dibandingkan dengan kedelai kuning dengan kandungan polyphenol  $0,45 \pm 0,02$  mg/g. Perbedaan ini terutama disebabkan karena kandungan antosianin kedelai hitam lebih tinggi dibandingkan dengan kedelai kuning. Cheng *et al.* (2011) mengemukakan bahwa nilai IC50 terhadap penghambatan DPPH pada fermentasi kedelai hitam adalah 7,5 mg/mL, memiliki nilai lebih kuat sebagai antioksidan dibandingkan dengan vitamin E (a-tocopherol, 17,4 mg/mL) dan serupa dengan vitamin C (ascorbic acid, 7,6 mg/mL).

Penelitian dan pengembangan kedelai hitam tergolong masih minim. Hasil kedelai hitam juga masih rendah. Peningkatan produksi kedelai hitam dapat ditunjang oleh peningkatan luas areal tanam hingga ke lahan-lahan marjinal (*ekstensifikasi*).

Lahan pasang surut merupakan salah satu alternatif dalam mengatasi semakin menyusutnya lahan-lahan subur di Pulau Jawa akibat konversi lahan. Luas lahan pasang surut di Indonesia diperkirakan sekitar 20,1 juta ha, dan 9,53 juta ha berpotensi untuk dijadikan sebagai lahan pertanian (Alihamsyah 2004).

Salah satu kendala budi daya kedelai di lahan pasang surut masam (pH di bawah 5,5) adalah cekaman Al. Tanah yang berkadar Al tinggi dapat menyebabkan penurunan hasil 25-80% (Singh *et al.* 2011). Keracunan Al pada tanaman menghambat pertumbuhan akar (Zhang *et al.* 2007), sehingga menghambat pertumbuhan dan hasil (Kochian *et al.* 2005). Penghambatan pertumbuhan tanaman menyebabkan akar pendek dan tebal (Miyasaka *et al.* 2007, de Macedo *et al.* 2009, Yu *et al.* 2011, Delhaize *et al.* 2012, Li *et al.* 2012).

Pewarnaan hematoksilin dapat digunakan sebagai indikator awal pengaruh keracunan Al pada akar muda dalam larutan hara (Cancado *et al.* 1999). Hematoksilin menjadi biru ketika membentuk kompleks dengan Al, sehingga penetrasi dan retensi ion dalam akar dapat dinilai (Polle *et al.* 1978). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat toleransi genotipe kedelai hitam pada konsentrasi Al bertingkat.

## BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan pada Februari hingga April 2014 di Rumah Kaca Kebun Percobaan Cikabayan dan Laboratorium Agronomi dan Hortikultura IPB. Genotipe kedelai digunakan untuk seleksi toleran cekaman Al adalah Cikuray dan Ceneng. Varietas Tanggamus digunakan sebagai pembanding yang memperlihatkan pertumbuhan dan produktivitas tertinggi pada lahan sulfat masam (Ghulamahdi *et al.* 2009).

Komposisi bahan kimia yang digunakan sebagai larutan hara berdasarkan Soepandi (2003) yakni konsentrasi 1/3 strength terdiri atas 1,5 mM  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ; 1,0 mM  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; 1,0 mM KCl; 0,4 mM  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; 1,0 mM  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ; 0,50 ppm  $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ; 0,02 ppm  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ; 0,05 ppm  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; 0,50 ppm  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ; 0,1 ppm  $(\text{NH}_4)_2\text{MgO}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dan 0,068 mM  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Aluminium diberikan dalam bentuk  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , sedangkan Fe diberikan dalam bentuk  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

Percobaan faktorial 4 x 3 disusun mengikuti rancangan acak lengkap dengan tiga ulangan. Faktor

pertama adalah konsentrasi Al: tanpa Al (A0); 0,5 mM Al (A1); 0,7 mM Al (A2) dan 0,9 mM (A3). Faktor kedua adalah varietas kedelai: Cikuray, Ceneng, dan Tanggamus (sebagai pembanding).

Benih kedelai dikecambahkan pada media pasir selama 5 hari. Kriteria tanaman yang akan digunakan saat transplanting adalah berdasarkan keseragaman panjang akar dan tinggi tanaman. Bibit pada media pasir dipindahkan secara hati-hati, dibilas dengan air destilata, dijepit dengan busa dan ditempatkan pada styrofoam yang sudah dilubangi. Setiap pot yang berisi 2 l larutan, ditanami lima bibit kedelai. Aerator digunakan untuk memperoleh kondisi oksidasi.

Tanaman dipindahkan ke media larutan hara dengan pH 4. Perlakuan cekaman Al dan Fe diberikan setelah tanaman dipelihara selama 2 hari. Larutan dipertahankan pada pH 4 menggunakan NaOH 1 N dan HCl 1 N, sedangkan volume larutan dipertahankan melalui penambahan sejumlah air bebas ion yang diuapkan.

Pengamatan panjang akar dilakukan pada umur 14 HST untuk melihat penghambatan perpanjangan akar akibat cekaman Al. Penetapan kriteria toleran dan peka menggunakan indeks sensitivitas (S) berdasarkan peubah yang diamati (Fisher and Maurer 1978), yakni:

$$S = \frac{1 - (Y/Y_p)}{1 - (X/X_p)}$$

Y = Nilai rata-rata peubah tertentu pada varietas yang mendapat cekaman

$Y_p$  = Nilai rata-rata peubah tertentu pada varietas yang tidak mendapat cekaman

X = Nilai rata-rata peubah tertentu pada semua variabel yang mendapat cekaman

$X_p$  = Nilai rata-rata peubah tertentu pada semua varietas yang tidak mendapat cekaman

Kriteria toleransi: toleran jika  $S < 0,5$ ; agak toleran jika nilai  $0,5 < S \leq 1$ ; peka jika nilai  $S \geq 1$ .

Setelah diperoleh genotipe yang toleran dan peka, dilanjutkan dengan uji pewarnaan hematoksilin yang merupakan prosedur pewarnaan secara fisiologis menggunakan cairan hematoksilin. Setelah diberi cekaman Al, kecambah dibilas dengan air destilata selama 30 menit, direndam dalam larutan hematoksilin selama 15 menit (Pole *et al.* 1978) dan dibilas kembali. Bagian ujung akar yang berwarna ungu (sekitar 2-3 mm) dipotong melintang di bawah mikroskop untuk memperoleh data distribusi Al. Pengamatan menggunakan mikroskop Olympus tipe BX 51 yang terhubung dengan kamera mikroskop Olympus tipe DP 25.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis indeks sensitivitas (S) panjang akar menunjukkan nilai yang beragam. Umumnya nilai S meningkat dengan meningkatnya konsentrasi cekaman. Penelusuran nilai tersebut pada setiap perlakuan cekaman dilakukan untuk memperoleh ambang konsentrasi toleransi (*threshold*) kedelai terhadap cekaman Al. Matsumoto dan Motoda (2012) dan Brian *et al.* (2013) menyatakan bahwa penghambatan perpanjangan akar adalah gejala awal cekaman Al pada tanaman dan antargenotipe memberikan respon yang berbeda. Indeks sensitivitas kedelai hitam (Cikuray dan Ceneng) dan Tanggamus sebagai pembanding disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan genotipe Tanggamus dan Cikuray pada cekaman 0,5 mM tergolong toleran dengan nilai S 0,27 dan 0,39, sedangkan genotipe Ceneng tergolong peka dengan nilai S 1,34. Cekaman 0,7 mM, menyebabkan toleransi Tanggamus dan Cikuray menjadi moderat dengan nilai S 0,59 dan 0,85, sedangkan Ceneng tergolong peka dengan nilai S 1,01. Pada cekaman 0,9 mM, genotipe Tanggamus tergolong moderat dengan nilai S 0,96, sedangkan genotipe Cikuray menjadi peka dengan nilai S 1,03. Genotipe Ceneng tergolong peka dengan nilai S 1,08. Smith *et al.* (2011) menyatakan bahwa perbedaan tanaman toleran cekaman Al dikaitkan dengan perbedaan dalam mengikat dan kompartementasi Al pada akar. Tanaman toleran Al mengakumulasi Al pada apoplast, sedangkan yang sensitif secara simplast.

Indeks sensitivitas (Tabel 1) menunjukkan bahwa pada cekaman 0,5 mM Al, Tanggamus dan Cikuray termasuk genotipe toleran dan Ceneng termasuk genotipe peka. Tabel 2 menunjukkan bahwa cekaman Al berpengaruh nyata terhadap bobot tajuk, akar, dan tajuk + akar. Bobot tajuk genotipe Ceneng nyata lebih rendah (0,24 g) dibandingkan varietas Cikuray (0,28 g) tetapi tidak berbeda nyata dengan varietas Tanggamus (0,26 g). Bobot akar tertinggi terdapat pada varietas Cikuray (1,10 g) tetapi tidak berbeda nyata dengan varietas Tanggamus dan varietas Ceneng (masing-masing sebesar 0,08 dan 0,07 g). Bobot tajuk + akar terendah terdapat pada varietas Ceneng (0,32 g) yang nyata lebih rendah dibandingkan dengan varietas Cikuray (0,38 g) tetapi tidak berbeda nyata dengan varietas Tanggamus (0,35 g).

Tabel 1. Indeks sensitivitas panjang akar kedelai.

Perlakuan Al	Tanggamus	Cikuray	Ceneng
0,5 mM	0,27	0,39	1,34
0,7 mM	0,59	0,85	1,01
0,9 mM	0,96	1,03	1,08

Cekaman Al menghambat pertumbuhan biomas kedelai pada larutan hara. Besarnya pengaruh cekaman Al terhadap pembentukan bahan kering disebabkan karena Al menghambat penyerapan dan penggunaan hara. Menurut Pineros *et al.* (2005) dan Kochian *et al.* (2005), genotipe toleran mempunyai kemampuan untuk menekan pengaruh buruk keracunan Al dengan cara meningkatkan pH di daerah perakaran (rhizosfer), mengeluarkan asam organik melalui akar untuk mengikat Al<sup>3+</sup>, dan menghindari pengaruh Al terhadap dinding sel serta membran. Selain itu, genotipe toleran juga dapat mengubah kondisi daerah perakaran, sehingga terjadi imobilisasi Al di permukaan dinding sel, sehingga Al terikat pada senyawa pektin atau komponen bermuatan negatif pada jaringan epidermis dan tudung akar. Kondisi ini menyebabkan terbentuknya *mucilage* pada ujung akar, sehingga mencegah Al masuk ke dalam sel (Ye *et al.* 2011).

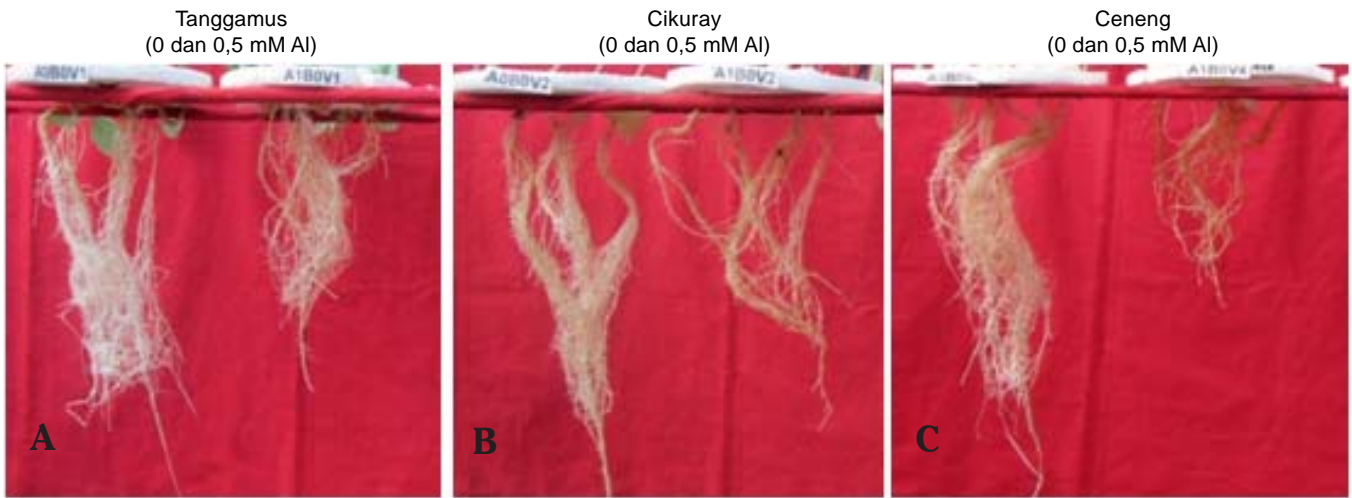
Gambar 1 memperlihatkan penampilan akar tanaman setelah 14 hari dalam larutan hara yang diberi cekaman Al 0,5 mM dibandingkan dengan kontrol. Tanaman toleran Al (Tanggamus dan Cikuray) memperlihatkan akar yang lebih panjang dibandingkan dengan tanaman peka (Ceneng). Tanaman peka Al mengalami penghambatan pertumbuhan dan perkembangan tanaman, karena terhambatnya pertumbuhan perakaran. Gejala pertama yang tampak dari keracunan Al adalah sistem perakaran yang tidak berkembang (pendek dan tebal) akibat penghambatan perpanjangan sel. Hal ini berakibat pada terhambatnya penyerapan hara dan pembelahan sel (Marchner 2012).

Kemampuan genotipe Tanggamus dan Cikuray menahan Al pada akar diduga berhubungan dengan derajat imobilisasi Al dalam sel. Genotipe Tanggamus dan Cikuray mampu menahan Al masuk ke dalam akar. Dugaan ini terbukti melalui penelusuran distribusi Al dengan pewarnaan hematoksilin. Distribusi Al akar kedelai dengan perlakuan perendaman Al pada konsentrasi Al 0,5, 0,7 dan 0,9 mM yang difoto melalui mikroskop Olympus tipe BX 51 yang terhubung dengan kamera mikroskop Olympus tipe DP 25 pada pembesaran 40x dapat dilihat pada Gambar 2. Distribusi

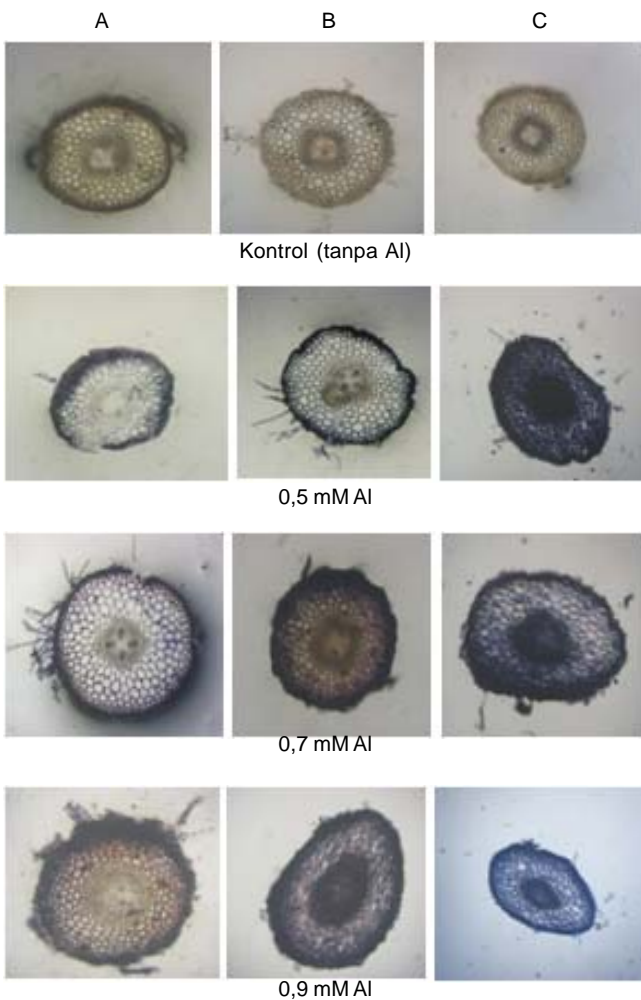
Tabel 2. Pengaruh cekaman Al terhadap bobot tajuk, bobot akar, dan bobot tajuk + akar tanaman kedelai varietas yang berbeda.

Varietas	Bobot tajuk (g)	Bobot akar (g)	Bobot tajuk + akar (g)
Tanggamus	0,266 bc	0,085 ab	0,350 bc
Cikuray	0,282 b	0,100 a	0,382 b
Ceneng	0,246 c	0,079 ab	0,326 c

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji 5% DMRT



Gambar 1. Genotipe toleran (A dan B) dan genotipe peka Al (C).



Gambar 2. Distribusi Al akar kedelai pada konsentrasi Al bertingkat, pada varietas Tanggamus (A), Cikuray (B), dan Ceneng(C).

Al pada genotipe Ceneng (peka) terlihat merata sampai ke bagian tengah akar yang memiliki intensitas pewarnaan yang lebih pekat (ungu kehitaman). Sementara genotipe Tanggamus dan Cikuray (toleran) mampu menghalangi masuknya Al sampai ke tengah akar dan hanya mengakumulasi Al pada bagian epidermis akar. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Soepandi *et al.* (2000) yang menunjukkan perbedaan daya toleransi tanaman kedelai terhadap Al. Genotipe peka mengakumulasi Al lebih banyak pada bagian ujung akar dibanding genotipe toleran sehingga mudah terwarnai.

Genotipe toleran diduga memiliki kemampuan mencegah Al agar tidak menembus membran plasma dan masuk ke simplast atau tempat lain yang peka terhadap Al pada sitoplasma akar. Dalam keadaan tercekam Al, kandungan Al apoplast kedelai toleran lebih rendah. Hal ini diduga akibat kapasitas tukar kation (KTK) akar lebih rendah dibandingkan dengan genotipe peka. Rendahnya muatan negatif dinding sel genotipe toleran menyebabkan interaksi Al dengan dinding sel genotipe toleran lebih rendah dibandingkan genotipe peka (Kochian *et al.* 2005), sehingga konsentrasi Al pada akar genotipe toleran juga lebih rendah.

### KESIMPULAN

Varietas Tanggamus toleran hingga konsentrasi Al 0,5 mM dan menjadi moderat pada 0,7 dan 0,9 mM Al dengan mengakumulasi Al pada apoplast. Varietas Cikuray toleran hingga konsentrasi 0,5 mM Al menjadi moderat pada konsentrasi 0,7 mM Al, dan menjadi peka pada konsentrasi 0,9 mM Al, dengan mengakumulasi Al pada apoplast. Varietas Ceneng peka pada konsentrasi

0,5 sampai 0,9 mM Al dengan mengakumulasi Al pada simplest.

Pewarnaan hematoksilin menunjukkan kerusakan jaringan akar yang lebih berat dan warna biru lebih pekat pada varietas peka dibandingkan dengan varietas toleran.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kemenristek Dikti yang telah membiayai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Disertasi Doktor pada tahun 2015.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alihamsyah, T. 2004. Potensi dan pendayagunaan lahan rawa untuk peningkatan produksi padi dan beras Indonesia. Dalam. F. Kasrino, E. Pasandaran, dan AM. Padi (Penyunting). Badan Litbang Pertanian.
- Brian, M., M. Zhou, D. Sun, and C. Li. 2013. Molecular approaches unravel the mechanism of acid soil tolerance in plants. *Crop J.* 1:91-104.
- Cancado, G.M.A., L.L. Loguercio, P.R. Martins, S.N. Parentoni, E. Paiva, A Borem, and M.A. Lopes. 1999. Hematoxylin staining as a phenotypic index for aluminum tolerance selection in tropical Maize (*Zea mays* L.). *Theor Appl Genet.* 99:747-754.
- Cheng, K.C., J.T Lin, and W.H. Liu. 2011. Extracts from fermented black soybean milk exhibit antioxidant and cytotoxic activities. *Food Technol. Biotechnol.* 49(1):111-117.
- Delhaize, E., J.F. Ma, and P.R. Ryan. 2012. Transcriptional regulation of aluminium tolerance genes. *Review . Trends in Plant Science* 17(6):341-348.
- de Macedo, C.E., V.V.S. Jan, J.M. Kinet, and S. Lutts. 2009. Effect of aluminium on root growth and apical root cells in rice (*Oryza sativa* L.) kultivars. Reliability of screening test to detect Al resistance at the seedling stage. *Acta Physiol. Plant* 31:1255-1262. Springer.
- Fisher, Maurer. 1978. Drought stress in spring wheat cultivar: grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29: 897-912.
- Ghulamahdi, M., M. Melati, and D. Sagala D. 2009. Production of soybean varieties under saturated soil cultur on tidak swamps. *J. Agron. Indonesia* 37(3):226-232.
- Kochian, L.V., M.A. Pineros, and O.A. Hoekenga. 2005. The physiology, genetics and molecular biology of plant aluminum resistance and toxicity. *Plant and Soil* 274:175-195.
- Li, T., P. Yang, A. Zhang, X. Zou, L. Peng. R. Wanmg. J. Yang, and Y. Qi Y. 2012. Differential responses of the diazotrophic community to aluminium-tolerant and aluminium-sensitive soybean genotypes in acidic soil. *European Journal of Soil Biology* 53:76-85.
- Matsumoto, H. and H. Motoda. 2012. Aluminum toxicity recovery processes in root apices. Possible assoation with oxidative stress. *Plant Sci. J.* 185-186: 1-8.
- Marchner. 2012. Mechanism of adaptation plant on acis soil. *Plant and Soil.* 134:1-20.
- Miyasaka SC, Hue NV, and Dunn MA. 2007. Aluminium. In: Barker AV, Pilbeam DJ (Eds). *Hand Book of Plant nutrition.* CRC Press.
- Pineros, M.A., J.E. Shaff, H.S. Manslank, V.M.C. Alves, and L.V. Kochian. 2005. Aluminum resistance in maize cannot be solely explain by root organic acid exudation. A comparative physiological study. *Plant physiology* 137:231-241.
- Polle, E., C.F. Konzak, and J.A. Kittrick. 1878. Visual detection of Al tolerance levels in wheat by hematoxylin staining of seedling roots. *Crop Sci.* 18:823-827
- Singh, D., N.P. Singh, S.K. Chauhan, and P. Singh. 2011. Developing aluminium tolerant crop plants using biotechnological tool. *Curr. Sci.* 100:1807-1813.
- Smith, E., D. Naik, and J.R. Cumming. 2011. Genotypic variation in aluminum resistance, cellular aluminum fraction, callosa and pectin formation and organic acid accumulation in roots of populus hybrids. *Environ. Exp. Bot.* 72:182-193.
- Soepandi, D., M. Jusuf, dan S. Aisah. 2000. Toleransi terhadap aluminium pada akar kedelai. *Deteksi Visual Penetrasi Aluminium dengan Metode Pewarnaan Hematoksilin.* *Comm. Ag.* 6(1):25-32.
- Takahashi, R., R. Ohmori, C. Kiyose, Y. Momiyama, F. Ohsuzu, and K. Kondo. 2005. Antioxidant activities of black and yellow soybeans againts low density lipoprotein oxidation. *J. Agric. Food Chem.* 53:4578-4582.
- Ye, Y., W. Qiaolan, G. Mingjian, G. Zaihua, and Z. Zhuqing. 2011. Al induced root cell wall chemical components differences of wheat (*Triticum aestivum* L.) differing in Al tolerance. *Affric. J. Agric. Research* 10:6762-6772.
- Yu, H.N., P. Liu, Z.Y. Wang, W.R. Chen, and G.D. Xu. 2011. The effect of aluminium treatment on the root growth and cell untrastructure of two soybean genotypes. *Crop Protection* 30:323-328.
- Zhang, J., Z. He, H. Tian, G. Zhu and X. Peng. 2007. Identification of aluminium-responsive genes in rice cultivars with deferent aluminium sensitivities. *Exp. Bot.* 58:2268-2278.

