

Pertumbuhan Akar Kedelai pada Cekaman Aluminium, Kekeringan dan Cekaman Ganda Aluminium dan Kekeringan

CHAIRANI HANUM ¹, WAHYU Q. MUGNISJAH ², SUDIRMAN YAHYA ²,
DIDI SOPANDY ², KOMARUDIN IDRIS ³, DAN ASMARLAILI SAHAR ⁴

¹) Departemen Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara
Jl. Prof. A. Sofyan No.3 Kampus USU Medan (SUMUT). E-mail: Chairani_as@yahoo.com

²) Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga. Bogor.

³) Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jl. Meranti Kampus IPB. Darmaga. Bogor.

⁴) Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara
Jl. Prof. A. Sofyan No.3 Kampus USU Medan (SUMUT)

ABSTRACT

The Growth of Soybean Root at Aluminium Toxicity, Drought Stress, and Double Stress Aluminium Toxicity and Drought Stress

The objective of this research was to study the change of vegetative growth of root on some genotypes soybean of aluminium toxicity, drought stress, and double stress (Al toxicity and drought stress). Research in rooting system of soybean is hoped to get more attention, especially for supporting concept of new plant type for high yielding potential. Six genotypes of soybean (Slamet, Sindoro, Dieng, Sinyonya, Lumut, and Wilis), treated with aluminium saturated (Al 25%, Al 50%, and Al 75%) and field capacity (80% FC and 40% FC). Response of growth vegetative identified perception by root dry weight. Result of the study show that only one from six that is genotype Wilis was tolerant at aluminium toxicity, drought stress, and double stress.

Keywords: soybean, Al toxicity, drought stress, double stress, tolerant.

PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah penduduk dan peningkatan pendapatan turut meningkatkan kebutuhan makanan yang bernilai gizi tinggi. Bahan makanan yang bernilai gizi tinggi itu, khususnya protein yang bersumber dari nabati, didominasi oleh kedelai. Kebutuhan kedelai sejak beberapa tahun ini terus meningkat mencapai lebih kurang 2 juta ton per tahun, sementara produksi dalam negeri baru mencapai 1.2 juta ton per tahun (BPS, 2001). Pada saat ini kemungkinan perluasan areal produksi kedelai terbesar adalah pada lahan kering di luar Pulau Jawa. Namun, usaha perluasan areal pertanaman pada areal bukaan baru sering menghadapi faktor pembatas ekologi, antara lain, tingginya tingkat kemasaman dan kandungan Al tanah. Kandungan Al yang tinggi dapat mengganggu pertumbuhan kedelai dan merusak

perakaran tanaman sehingga mengakibatkan tidak efisiennya akar menyerap unsur hara dan air (Ma *et al.*, 2000).

Gejala pertama yang tampak dari keracunan Al adalah sistem perakaran yang tidak berkembang (pendek dan tebal) sebagai akibat penghambatan perpanjangan sel. Beberapa pengaruh buruk keberadaan Al tersebut antara lain: terjadi gangguan penyerapan hara, bergabung dengan dinding sel, dan menghambat pembelahan sel. Gangguan penyerapan hara pada tanah masam disebabkan dua hal yang saling berkaitan yaitu efek langsung dari penghambatan perpanjangan dan perkembangan sel akar dan adanya pengaruh tidak langsung terhadap ketersediaan hara melalui pembentukan kompleks-Al, kompetisi hara mineral dan penutupan "*binding site*" (Marschner, 1992). Gejala keracunan Al yang paling

mudah dapat dilihat adalah penghambatan pertumbuhan akar. Penghambatan pertumbuhan akar telah banyak dilaporkan seperti pada padi (Nasution & Suhartini, 1991), kedelai (Ferrufino *et al.*, 2000; Soepandi *et al.*, 2000), gandum (Delhaiz & Ryan, 1993), dan jagung (Sivaguru *et al.*, 1999).

Oleh karena itu parameter panjang akar biasanya dapat digunakan untuk menilai ketenggangan tanaman terhadap keracunan Al (Delhaiz & Ryan, 1995). Terdapat perbedaan tanggap genotipe kedelai sebagai respon terhadap cekaman aluminium. Bushamuka & Zobel (1998) membandingkan perkembangan akar bagian basal dan ujung beberapa varietas jagung dan kedelai yang diberi perlakuan kapur dan tanpa kapur. Varietas yang peka perkembangan akarnya terganggu, sedangkan varietas yang toleran tidak terpengaruh oleh keberadaan Al. Sanzonowicz *et al.* (1998) menambahkan bahwa kejenuhan Al yang tinggi akan menghambat perpanjangan akar lateral kedelai. Michelle *et al.* (2003) juga menggunakan model pertumbuhan perakaran untuk dapat menguji ketenggangan *Picea abies* terhadap keracunan Al.

Defisit air berasosiasi dengan beberapa proses fisiologi yang berhubungan dengan pertumbuhan yang dapat menyebabkan kematian. Pengaruh cekaman kekeringan pada tanaman kedelai beragam bergantung pada varietas, besar dan lamanya cekaman, dan masa pertumbuhan tanaman. Karakter morfologi atau fenotipik yang umum untuk menduga tingkat toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan dapat diketahui dengan mengamati perkembangan perakaran yang dapat digunakan untuk membedakan tanaman yang tahan atau tanaman peka (Vallejo & Kelly, 1998). Gangguan penyerapan hara pada tanah masam disebabkan dua hal yang saling berkaitan yaitu efek langsung dari penghambatan perpanjangan dan perkembangan sel akar dan adanya pengaruh tidak langsung terhadap ketersediaan hara melalui pembentukan kompleks-Al, kompetisi hara mineral dan penutupan “*binding site*” (Marschner, 1992). Gejala keracunan Al yang paling mudah dapat dilihat pada penghambatan pertumbuhan akar. Penghambatan pertumbuhan akar telah banyak dilaporkan seperti pada padi (Suardi, 2002), kedelai (Ferrufino *et al.*, 2000; Soepandi *et al.*, 2000), gandum

(Delhaiz & Ryan, 1993), dan jagung (Sivaguru *et al.*, 1999). Vigor akar yang baik diharapkan dapat menduga toleransi yang baik terhadap cekaman kekeringan, aluminium, maupun cekaman ganda.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan percobaan pot yang dilaksanakan di rumah kaca IPB Cikabayan Bogor. Penelitian ini disusun dalam percobaan faktorial tiga faktor dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap. Faktor pertama adalah tingkat cekaman Al, yang terdiri dari; indeks kejenuhan Al 25%; indeks kejenuhan Al 50%; dan indeks kejenuhan Al 75%; Faktor kedua adalah tingkat kelembaban tanah, yang terdiri 2 taraf yaitu: kadar air tanah 80% kapasitas lapang (K_1) dan kadar air tanah tanah 40% kapasitas lapang (K_2); Faktor ketiga adalah varietas kedelai terdiri 6 taraf : Slamet (V_1); Sindoro (V_2), Wilis (V_3) Sinyonya (V_4), Dieng (V_5); dan Lumut (V_6). Perlakuan cekaman kekeringan dilakukan dengan metode penimbangan. Jumlah air yang ditambahkan sesuai dengan perlakuan, yaitu dengan cara menimbang 10% sampel dari jumlah pot, kemudian diberi tambahan air sesuai dengan kekurangannya. Peubah yang diamati dalam penelitian ini adalah bobot kering akar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perlakuan cekaman Al pada indeks kejenuhan Al 25% dan Al 50% menurunkan bobot kering akar 5 genotipe kedelai dan meningkatkan bobot kering akar Wilis. Besar kecilnya penurunan bobot kering akar bergantung pada jenis genotipe (Tabel 1).

Foy (1983) melaporkan penemuannya bahwa konsentrasi Al yang rendah pada tanah dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Watanabe *et al.* (1997) juga menemukan adanya peningkatan pertumbuhan pada spesies asli tanah masam pada keberadaan Al konsentrasi rendah. Walaupun mekanisme peningkatan pertumbuhan tanaman akibat keberadaan Al konsentrasi rendah belum begitu jelas.

Kemampuan genotipe Wilis untuk tidak terganggu pada cekaman Al, diduga disebabkan kemampuan perakaran genotipe ini untuk beradaptasi dengan lingkungan tumbuhnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan

Blum (1996) bahwa tanaman yang mampu beradaptasi pada Al tinggi disebabkan oleh tanaman tersebut yang memiliki suatu mekanisme tertentu untuk menekan pengaruh buruk Al sehingga tidak mengganggu serapan hara dan air, juga mampu mengefisienkannya. Efisiensi ini dapat dalam proses absorpsi, reduksi, translokasi, dan redistribusi hara.

Penurunan pertumbuhan akar pada enam genotipe pada indeks kejenuhan Al 75% disebabkan oleh penghambatan pertumbuhan perakaran kelima genotipe akibat terbentuknya ikatan antara Al dengan membran plasma akar (Matsumoto *et al.*, 1992), dan pada dinding sel akar (Matsumoto *et al.*, 1997), serta dapat menggantikan kedudukan Ca pada lamella tengah (Marschner, 1995) yang kesemuanya menyebabkan penghambatan pembelahan sel dan fungsi akar. Terhambatnya pembentukan akar pada tanaman yang mengalami cekaman Al juga telah dilaporkan Bennet *et al.* (1991). Penurunan panjang akar dan viabilitas sel juga telah dilaporkan oleh Matsumoto (1997). Menurut Rengel (1997), 99% Al yang terakumulasi dalam sel terdapat pada dinding dan membran sel, berikatan dengan senyawa-senyawa seperti fosfolipid yang terdapat di membran sel sehingga mengganggu permeabilitas membran dan mengganggu penyerapan hara yang diatur oleh pompa proton. Rusaknya perakaran mengakibatkan terhambatnya absorpsi hara dan air dari dalam tanah. Pertumbuhan perakaran yang tidak sempurna menyebabkan sistem perakaran menjadi lebih dangkal dan menjadi lebih peka terhadap kekeringan. Oleh karenanya, kedelai yang ditanam pada tanah dengan kadar Al tinggi di samping mengalami cekaman aluminium juga mengalami cekaman kekeringan.

Penurunan kadar air tanah dari 80% KL menjadi 40% KL menyebabkan penurunan bobot kering akar kedelai. Penurunan ini disebabkan tanaman mengalami keterbatasan pertumbuhan perakaran akibat cekaman Al dan ditambah lagi dengan terbatasnya jumlah air tanah. Penghambatan pertumbuhan perakaran tanaman yang mengalami cekaman kekeringan telah dilaporkan

Robert (2004), dan dia menambahkan terhambatnya pertumbuhan ini disebabkan tanaman tidak mampu untuk mengatur pertumbuhannya secara sempurna.

Pada Tabel 1 dapat dilihat di antara keenam genotipe, terdapat tiga genotipe yang konsisten tergolong toleran cekaman kekeringan pada ketiga taraf cekaman Al yaitu Wilis, Sinyonya, dan Lumut yang terlihat dari persentase penurunan lebih kecil dari 50% (Tabel 1). Perlakuan cekaman Al moderat (indeks kejenuhan Al 50%) meningkatkan pertumbuhan bobot kering akar genotipe Sindoro Wilis dan Sinyonya. Akan tetapi pada cekaman Al berat (indeks kejenuhan Al 75%) hanya genotipe Wilis yang mampu beradaptasi, yang terlihat dari kenaikan bobot kering akar sebesar 22% (Tabel 2)

Hasil ini menunjukkan kemampuan akar genotipe Wilis untuk mampu beradaptasi dengan kandungan Al yang tinggi, sehingga tidak mengganggu fungsi akar. Kemampuan genotipe ini juga terlihat pada cekaman Al berat dan perlakuan cekaman kekeringan, dimana genotipe ini mengalami penurunan pertumbuhan akar yang paling kecil dibandingkan dengan lima genotipe lainnya (Tabel 1). Pertumbuhan perakaran Wilis yang tidak terganggu pada cekaman Al berat diduga disebabkan kemampuan genotipe ini menghasilkan eksudat akar yang membantu akar mengakuisisi hara, sehingga tanaman tidak mengalami cekaman hara. Felix & Donald (2002) melaporkan bahwa kemampuan pertumbuhan tanaman pada tanah dengan kandungan Al tinggi, adalah dengan menghasilkan eksudat akar (dalam bentuk anion-anion asam organik, gula, vitamin, asam amino, purin, nukleotida, ion-ion anorganik, dan sebagainya). Senyawa-senyawa ini membantu perakaran tanaman terhindar dari akibat buruk ion Al, sehingga akar sebagai fungsi penyerap hara dan air dapat menjalankan fungsinya.

Perlakuan cekaman ganda (Al dan kekeringan) menurunkan bobot kering akar pada keenam genotipe. Pada kondisi ini hanya Wilis yang mengalami penurunan

Tabel 1. Bobot kering akar kedelai pada berbagai tingkat kejenuhan AI dengan perlakuan cekaman kekeringan

Bobot kering akar			
Genotipe	80% KL	40% KL	Penurunan
	g		%
AI 25%			
Slamet	0.56q	0.18c-h	67
Sindoro	0.73rs	0.31j-m	58
Wilis	0.21e-j	0.24g-j	-14
Dieng	0.56q	0.28i-l	50
Sinyonya	0.34k-n	0.22f-j	35
Lumut	0.45p	0.40m-p	11
AI 50%			
Slamet	0.45p	0.15b-g	67
Sindoro	0.74s	0.31j-m	58
Wilis	0.22f-j	0.24f-j	-11
Dieng	0.28h-l	0.24g-j	13
Sinyonya	0.42n-p	0.35k-o	15
Lumut	0.45op	0.36 l-p	19
AI 75%			
Slamet	0.15a-d	0.11b-f	27
Sindoro	0.12a-e	0.05a	58
Wilis	0.26d-i	0.19h-k	22
Dieng	0.10a-c	0.05a	52
Sinyonya	0.07ab	0.05a	36
Lumut	0.15a-d	0.11b-g	26

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda dalam uji wilayah berganda Duncan pada taraf

Tabel 2. Bobot kering akar kedelai pada berbagai tingkat cekaman AI

Genotipe	AI 25% 80%KL	AI 50% 80%KL	Penurunan	AI 50% 80%KL	AI 75% 80%KL	Penurunan
	g		%	g		%
Slamet	0.56q	0.45p	19	0.45p	0.15a-d	68
Sindoro	0.73rs	0.74s	-2	0.74s	0.12a-e	84
Wilis	0.21e-j	0.22f-j	-2	0.22f-j	0.26d-i	-22
Dieng	0.56q	0.28h-l	50	0.28h-l	0.10a-c	64
Sinyonya	0.34k-n	0.42n-p	-22	0.42n-p	0.07ab	82
Lumut	0.45p	0.45op	1	0.45op	0.15a-d	68

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda dalam uji wilayah berganda Duncan pada taraf

Tabel 3. Bobot kering akar genotipe kedelai pada kondisi normal dan tercekam

Genotipe	Normal	Tercekam	Penurunan
	g		%
Slamet	0.56q	0.11b-f	80
Sindoro	0.73 rs	0.05 a	93
Wilis	0.21 e-j	0.19 h-k	9
Dieng	0.56 q	0.05 a	91
Sinyonya	0.34 k-n	0.05 a	86
Lumut	0.45 p	0.11 b-g	76

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata dalam uji wilayah berganda Duncan pada taraf 5%.

bobot kering akar paling rendah (sebesar 9%) (Tabel 3). Hasil penelitian ini menunjukkan kemampuan adaptasi perakaran Wilis pada perlakuan cekaman kekeringan, Al, maupun cekaman ganda Al dan kekeringan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa genotipe Wilis, Sinyonya, dan Lumut mampu beradaptasi pada cekaman kekeringan, dan hanya genotipe Wilis yang mampu beradaptasi dengan cekaman aluminium, dan cekaman ganda aluminium dan kekeringan.

DAFTAR PUSTAKA

Bennet R.J., C.M. Bree, & M.V. Fey. 1991. The aluminium signal new dimension of aluminium tolerance. *Plant and Soil* 134: 153-166

Biro Pusat Statistik. 2001. *Indikator Ekonomi*. BPS. Jakarta.

Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Reg.* 20: 135 – 148.

Bushamuka, V.N. & R.W. Zobel. 1998. Maize and soybean top, basal, and lateral root responses to a stratified acid, aluminium toxic soil. *Crop Sci.* 38: 416-421.

Delhaiz & P.R. Ryan. 1995. Aluminium toxicity and tolerance in plant. *Plant. Physiol.* 107: 315 – 321.

Delhaiz, E.S. Craig, Collen D, Beaton R.J. Bennet, V.C. Jagadish, & P. J. Randall. 1993. Aluminium tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) uptake and distribution of aluminium in root apices. *Plant Physiol.* 103 : 685 – 693.

Felix, D.D. & A.P. Donald. 2002. Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environment. *Plant and Soil.* 245: 35 – 47.

Foy, C.D. 1983. The physiology of plant adaptation to mineral stress. *J. Res.* 57:355 – 342.

Ma, J.F., R.R. Peter, & D. Emmanuel. 2001. Aluminium tolerance in plants and the complexing role of organic acids. *TRENDS in Plant Sci.* 6 (6): 273 – 276.

Marschner, H. 1992. Mechanisms of adaptation of plants on acid soils. *Plant and Soil.* 134: 1 – 20.

Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press. London.

Matsumo, H., Y. Yamamoto, & M. Kasai. 1992. Changes of some properties of the plasma membrane enriched fraction of barley roots related to aluminum stress; membrane associated ATPase, aluminum and calcium. *Soil Sci. Plant Nutr.* 38 (3): 411 – 419.

Matsumoto, H., S. Morimura, & E. Takashi. 1997. Less involvement of pectin in the precipitation of aluminium in pea root. *Plant and Cell Physiol.* 18: 325 – 335.

Michelle R., G. Frederic, E.E. David, & J.H. Martin. 2003. The use root growth and modelling data to

- investigate amelioration of Aluminium toxicity by silicon in *Picea abies*. 97: 52 – 58.
- Rengel, Z. 1997. Role of calcium in aluminium. *New Phytol.* 21: 499 – 513.
- Robert W. 2004. Recognizing Water Stress in Plant. The Arboretum at Flagstaff Extension Bulletin No.91-01. http://www.thearb.org/water_stress.htm. 3p
- Sanzonowicz C., T.J. Smyth, & D.W. Israil. 1998. Hydrogen and aluminium inhibition of soybean root extension from limed soil into acid sub surface solutions. *J. Plant Nutr.* 21: 387 – 403.
- Sivaguru, M., B. Fransitisch, V. Dieter, H.F. Huber, & J.H. Walter. 1999. Impacts of aluminium on the cytoskeleton of the maize root apex. Short term effects on the distal part of the transition zone. *Plant Physiol.* 199: 1073 – 1082.
- Sopandie, D., M. Jusuf, & T.D. Setyono 2000. Adaptasi kedelai (*Glycine max* Merr.) terhadap cekaman pH rendah dan aluminium. Analisis pertumbuhan akar. *Comm. Ag.* 5(2) :61-69.
- Suardi D. 2002. Perakaran padi dalam hubungannya dengan toleransi tanaman terhadap kekeringan dan hasil. *J. Litbang Pertanian* 21(3).
- Vallejo, P.R. & J. D. Kelly. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica* 99: 127 – 136.
- Watanabe, T., M. Osaki, & T. Tadano. 1997: Aluminum-induced growth stimulation in relation calcium, magnesium, and silicate nutrition in *Melastoma malabathricum* L. *Soil Sci. Plant Nutr.* 43(4): 827 – 837.