

**FISIOLOGI DAYA ADAPTASI KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merr.)
TERHADAP CEKAMAN pH RENDAH DENGAN AI TINGGI
(*Physiological Adaptation of Soybean
(Glycine max* (L.) Merr) to pH and Aluminum Stress)¹⁾**

Supijatno, D. Sopandie, M. Jusuf dan S. Harran²⁾

ABSTRACT

Two Al-tolerant genotypes (KB 44001 and Genjah Jepang) and two Al-sensitive genotypes of soybean (Kedelai Lumut and KB 46015) were subjected to Al concentration (1.50 mM Al with pH 4.0) in hydroculture for 3 weeks; the growth and their physiological responses were identified by measuring the changes of pH media, $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ uptake, ion absorption and organic acid content in the tissues.

The results revealed that Al-tolerant genotypes soybean show a much better growth than the sensitive genotypes. Moreover, the tolerant genotypes showed the different responses to Al stress; they changed the pH media more significantly, accumulated less Al in the roots and accumulated more oxalate acid than the sensitive genotypes. Both the tolerant and sensitive genotypes had similar pattern in $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ uptake and other cation uptake. The results suggested that tolerance of soybean genotypes to Al toxicity is associated with their ability in the exclusion of Al.

PENDAHULUAN

Salah satu alternatif dalam pemanfaatan lahan masam adalah dengan pengembangan varietas yang memiliki toleransi terhadap kondisi lahan dengan pH rendah dan aluminium tinggi. Kondisi pH rendah dan Al tinggi menyebabkan ketidak seimbangan hara (Foy, 1988), penghambatan pembelahan sel akar, pengikatan Al pada molekul penting biologi (Matsumoto *et al.*, 1976; Morimura dan Matsumoto, 1978) dan struktur membran (Wagatsuwa, 1983), gangguan proses regulasi (Haug, 1984) dan aktivasi mekanisme kontrol pertumbuhan akar (Bennet dan Breen, 1991). Sehingga toleransi yang tinggi terhadap aluminium merupakan faktor kunci adaptasi tanaman pada tanah dengan pH < 5.0 (Marschner, 1986).

Pengembangan varietas-varietas yang memiliki toleransi terhadap lahan masam saat ini sedang dilaksanakan melalui manipulasi genetik. Mekanisme toleransi terhadap Al meliputi : selektivitas membran plasma, perubahan pH pada rhizospir, eksudasi ligan pengkelat, pengkelatan Al pada sitosol, kompartementasi Al pada vakuola dan terbentuknya protein spesifik (Taylor, 1988). Oleh karena itu informasi mengenai karakter fisiologis yang berhubungan dengan ketahanan tanaman terhadap kondisi pH rendah dan aluminium tinggi sangat diperlukan untuk penelitian lebih lanjut pada tingkat seluler maupun biomolekuler.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat-sifat fisiologis yang berhubungan dengan ketahanan tanaman kedelai (toleran dan peka) terhadap pH rendah dengan aluminium tinggi, sebagai informasi dasar yang penting untuk penelitian yang lebih spesifik pada tingkat seluler atau biomolekuler.

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah galur-galur yang toleran akan memiliki respon fisiologi yang berbeda dengan galur sensitif, yaitu dalam kemampuannya untuk meningkatkan pH media, preferensi penyerapan $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, akumulasi Al, akumulasi hara dan sintesis asam organik.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan tanaman yang digunakan adalah kedelai galur Genjah Jepang dan KB 44001 yang merupakan galur toleran yang mantap serta galur Kedelai Lumut dan KB 46015 yang tergolong sangat peka. Bahan tanaman ini merupakan genotipe terpilih hasil seleksi lapang terhadap 400 galur (Jusuf *et al.*, 1993) di Lebak (pH tanah 4.2; Aldd 20 meq/100 g) dan hasil seleksi terhadap 150 galur di rumah kaca pada kultur air (Sopandie *et al.*, 1993).

Metode Percobaan

Percobaan ini dilakukan di Rumah Kaca PAU Bioteknologi Institut Pertanian Bogor pada bulan Agustus 1994 sampai dengan Februari 1995. Beberapa analisis kuantitatif untuk senyawa tertentu dilakukan di Laboratorium Fisiologi dan Biokimia Ballitan Bogor.

Percobaan menggunakan media kultur air dengan komposisi hara lengkap sebagai berikut : 1.5 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 1.0 mM NH_4NO_3 , 1.0 mM KCl, 0.4 mM $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 1.0 mM KH_2PO_4 , 0.50 ppm $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 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 H_3BO_3 , 0.01 ppm $\text{NH}_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dan 0.068 mM $\text{Fe}(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_7)$. Perlakuan terdiri atas kontrol (pH 6.0) dan Aluminium (pH 4.0/1.50 mM Al) dan setiap kombinasi perlakuan diulang 4 kali.

Dua kecambah kedelai berumur 5 hari ditempatkan pada styrofor yang telah dilubangi dan dijepit dengan karet busa (spon). Styrofor ditempatkan di atas ember (volume 2.5 l) sehingga akar kecambah kontak dengan larutan hara. Perlakuan diberikan 2 hari setelah tanam dan pergantian media dilakukan pada 5, 10 dan 17 hari setelah perlakuan.

Setelah 21 hari, tanaman dipanen dan diadakan pengukuran pH media, panjang akar, bobot kering akar, bobot kering tajuk, kandungan nitrat dan amonium, kandungan hara dan kandungan asam organik.

Pengukuran pH media dilakukan dengan Digital pH meter. Kandungan hara (P, K dan Al) ditentukan dengan menggunakan Spectrophotometer sedangkan Ca dan Mg menggunakan AAS. NO_3^- ditentukan dengan cara kolorimetri setelah direduksi pada kolom kadmium dengan Autoanalyser sedangkan NH_4^+ ditentukan dengan cara yang sama setelah NO_3^- diuapkan dengan penambahan H_2O_2 . Penentuan kandungan asam organik dilakukan dengan mengekstrak sampel dengan diethyl ether secara bertahap. Kandungan asam organik sampel ditentukan dengan membandingkan luas areal sampel dengan luas areal larutan standar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Tanaman

Hasil penelitian menunjukkan bahwa galur toleran Genjah Jepang dan KB 44001 memiliki pertumbuhan lebih baik dibandingkan galur peka Kedelai Lumut dan KB 46015 pada kondisi pH 4.0 dengan Al 1.50 mM (Tabel 1), seperti ditunjukkan oleh panjang akar, bobot kering akar dan bobot kering tajuk.

Perubahan pH Media

Pada akhir percobaan, pH media pada galur yang toleran menunjukkan nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan galur yang peka (Tabel 2). Perubahan pH media merupakan salah satu mekanisme toleransi tanaman pada cekaman aluminium. Kenaikan pH akan menekan kelarutan Al sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Perubahan pH media ini menurut (Galvez dan Clark, 1991) berhubungan dengan perbedaan penyerapan nitrat dan amonium. Pada tanaman sorghum yang toleran penyerapan nitrat lebih besar dari pada penyerapan amonium.

Kandungan Nitrat dan Amonium

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada galur toleran dan peka tidak terjadi penurunan serapan NO_3^- dengan adanya cekaman pH dan Al. Demikian juga nisbah $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ relatif tidak berubah dengan adanya cekaman pH dan Al (di akar kurang lebih 1.4 : 1 dan di daun 3 : 1) (Tabel 2). Jika dilihat dari perubahan pH yang terjadi, maka penyerapan nitrat/amonium ini belum menunjukkan adanya hubungan dengan kenaikan pH media tersebut.

Akumulasi Hara

Pada semua galur, akumulasi hara semakin berkurang dengan adanya cekaman pH rendah dengan Al tinggi terutama Unsur Ca pada akar (Tabel 3). Dari tingkat penurunan kandungan hara tidak terlihat perbedaan yang besar antara galur yang toleran dengan galur yang peka. Oleh karena itu sifat toleransi yang dihubungkan dengan efisiensi penyerapan hara (fospor) (Pole dan Konzak, 1990) tidak terlihat pada galur toleran yang diuji.

Tabel 1. Pertumbuhan kedelai yang toleran dan peka pada kondisi cekaman pH rendah dengan Al tinggi.

Galur	Perlakuan	Panjang Akar	Berat Kering	
			Akar	Tajuk
		(cm)	g	
Toleran				
1. Genjah	(Kontrol)	32.83	0.64	2.76
Jepang	+ Aluminium	30.04	0.54	2.61
	% Kontrol	91.5	84.4	94.5
	Uji t	t	t	t
2. KB 44001	(Kontrol)	36.48	0.93	3.07
	+ Aluminium	33.60	0.71	2.42
	% Kontrol	92.1	76.3	78.8
	Uji t	t	t	t
Peka				
3. Kedelai Lumut	(Kontrol)	46.96	0.76	3.51
	+ Aluminium	23.80	0.41	0.77
	% Kontrol	50.7	53.9	21.9
	Uji t	sp	p	sp
4. KB 46015	(Kontrol)	25.13	0.31	0.73
	+ Aluminium	18.15	0.23	0.52
	% Kontrol	72.2	74.2	71.2
	Uji t	p	sp	sp

Ket : Kontrol = pH 6.0; + Aluminium = pH 4.0/1.50 mM Al

Akumulasi Al

Tabel 4 menunjukkan bahwa kandungan Al pada akar dan tajuk galur yang peka lebih besar (2 sampai 4 kali) dibandingkan dengan galur yang toleran. Delhaize, *et al.*, (1993^a) menemukan kandungan Al pada ujung akar gandum yang peka mencapai 3 kali galur yang toleran. Akumulasi Al yang tinggi pada akar akan menyebabkan pertumbuhan akar yang terhambat.

Kandungan Asam Organik

Kandungan asam organik pada semua galur yang diteliti pada umumnya meningkat dengan adanya cekaman pH rendah dengan Al tinggi (Tabel 5). Peningkatan ini dapat dihubungkan dengan kemampuan tanaman untuk mengurangi tingkat keracunan aluminium. Pada galur Genjah Jepang dan KB 44001 menunjukkan peningkatan asam oksalat yang tinggi yaitu 2.5 - 4.5 kali, sedangkan pada galur peka kenaikan hanya mencapai 1 - 1.5 kali. Dari jumlah absolut kadar asam oksalat, pada galur toleran mencapai 615 - 680 ppm, nilai ini jauh lebih tinggi dibandingkan pada galur peka (208 - 230 ppm). Kandungan asam malat tidak mengalami kenaikan yang berarti pada tanaman yang diuji, walaupun pada tanaman yang toleran mempunyai nilai relatif lebih tinggi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa galur KB 44001 dan Genjah Jepang mempunyai ketahanan yang jauh lebih baik dari galur Kedelai Lumut dan KB 46015. Kemantapan daya adaptasi dari kedua galur kedelai toleran tersebut diikuti dengan kemampuannya dalam : (1) meningkatkan pH larutan lebih baik dari galur peka, (2) akumulasi Al yang jauh lebih rendah pada akar (kira-kira 1/3 kali) dan (3) sintesis asam organik (terutama asam oksalat) pada jaringan yang lebih tinggi (kurang lebih 3 kali) dari pada genotipe peka. Sifat-sifat fisiologi tersebut berkesesuaian dengan beberapa tanaman yang toleran terhadap Al, seperti pada barley, gandum (Haynes, 1990; Delhaize *et al.*, 1993^a; Delhaize *et al.*, 1993^b).

Kemampuan meningkatkan pH rhizosfir adalah salah satu sifat tanaman yang toleran terhadap Al sebagai mekanisme "penolakan" Al (*Exclusion mechanism*) seperti dilaporkan Marschner (1986) dan Taylor (1988). Mekanisme fisiologi ini berkaitan erat dengan preferensi serapan $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ dan asimilasi N pada suatu genotipe tanaman (Haynes, 1990). Pada tanaman toleran biasanya menyerap lebih banyak NO_3^- daripada NH_4^+ pada kondisi stres Al. Kondisi ini akan mengakibatkan perubahan keseimbangan kation dan anion pada sitosol yang menginduksi perubahan pH dan proses karboksilasi CO_2 pada sitoplasma. Bila NO_3^- -N yang lebih banyak diserap, pH sitosol akan turun dan menyebabkan tingginya aktivitas enzim malat yang akan menstimulasi terjadinya dekarboksilasi malat. Untuk mencapai keseimbangan stoikiometrik; pada sitoplasma akan disintesis sejumlah asam organik (terutama asam malat) (Haynes, 1993). Sintesis asam organik juga terjadi pada kondisi NH_4^+ yang lebih banyak diserap, namun dalam jumlah yang lebih kecil (Haynes, 1993).

Tabel 2. Perubahan pH media, kandungan nitrat, amonium dan rasio $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ pada akar dan tajuk.

Galur Kedelai	Akar						Tajuk						
	NO_3^-		NH_4^+		$\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$		NO_3^-		NH_4^+		$\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$		
	Kont- trol	+Al	Kont- trol	+Al	Kont- trol	+Al	Kont- trol	+Al	Kont- trol	+Al	Kont- trol	+Al	
Toleran													
1. Genjah Jepang	+ 1.45	1.92	1.87	1.27	1.13	1.45	1.57	0.89	0.83	0.30	0.25	3.05	3.26
2. KB 44001	+ 1.65	1.92	2.39	1.55	1.78	1.21	1.67	1.05	1.11	0.25	0.14	4.14	0.06
Peka													
3. Ked. Lumut	+ 1.13	2.18	2.05	1.32	1.34	1.55	1.60	1.14	1.26	0.19	0.17	6.03	8.03
4. KB 45015	+ 0.62	1.98	1.87	1.40	1.22	1.33	1.64	1.13	1.37	0.22	0.20	5.21	6.95

Keterangan : pH Awal : 4.0

Kontrol = pH 6.0; +Al = pH 4.0/Al 1.50 mM

Pada Tabel 2 ditunjukkan bahwa jumlah NO_3^- yang diserap dan ratio $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ antara tanaman yang toleran dan peka tidak menunjukkan perbedaan yang berarti. Di lain pihak, kemampuan meningkatkan pH lebih baik diperoleh pada galur toleran. Ditinjau dari sudut stoikiometrik seharusnya sama dalam kemampuan meningkatkan pH antara yang toleran dan yang sensitif, karena tingkat perubahan pH adalah sebagai ekspresi dari keseimbangan kation dan anion (Haynes, 1990). Fenomena ini masih memerlukan penjelasan lebih spesifik dengan penelitian pada tingkat seluler.

Akumulasi senyaa organik berkaitan dengan asimilasi NO_3^- pada sel, yaitu baha tingkat baha tingkat sintesa asam organik akan tergantung pada tingkat reduksi NO_3^- (dan sekresi OH^-) (Haynes, 1990). Pada penelitian ini ditunjukkan baha tidak terdapat perbedaan rasio serapan $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ antara genotipe toleran dan peka. Akan tetapi genotipe toleran mensintesis asam organik (terutama asam oksalat) lebih tinggi dari pada genotipe peka. Diduga baha sintesa asam organik yang tinggi pada genotipe toleran berkaitan dengan efisiensi reduksi NO_3^- yang tinggi, yaitu melalui tingginya aktivitas nitrat reduktase. Pendugaan ini didasarkan pada hasil penelitian determinasi genetik pada RUT (Sopandie, *et al.*, 1994) dengan mengisolasi nitrat reduktase (NR) pada galur toleran yang sama (KB 44001) dan diperoleh NR dengan aktivitas lebih tinggi (kurang lebih 2 kali) dari pada genotipe peka. Balakumar *et al.* (1993) melaporkan baha galur toleran padi terhadap Al mempunyai karakteristik aktivitas NR yang lebih tinggi. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi yang cukup penting bagi informasi daya adaptasi kedelai, dimana penelitian terhadap famili leguminoceae dirasakan masih sangat kurang.

Tabel 3. Serapan hara pada tanaman kedelai yang toleran dan yang sensitif terhadap stres aluminium.

Galur	Perlakuan	Tajuk				Akar
		P	K	Ca	Mg	Ca
.....mg/g bobot kering.....						
Tolerant						
1. Genjah Jepang	(Kontrol)	0.0508	2.481	0.513	0.279	0.249
	+ Aluminium	0.361	2.014	0.410	0.141	0.042
	% Kontrol	64.7	81.2	79.9	50.5	16.9
2. KB 44001	(Kontrol)	0.545	2.461	0.767	0.292	0.355
	+ Aluminium	0.379	2.111	0.581	0.259	0.069
	% Kontrol	69.5	85.8	75.7	88.7	19.4
Peka						
3. Kedelai Lumut	(Kontrol)	0.644	2.722	0.724	0.337	0.363
	+ Aluminium	0.354	2.111	0.637	0.286	0.049
	% Kontrol	54.9	77.6	87.9	84.9	13.5
4. KB 46015	(Kontrol)	0.751	3.248	0.615	0.336	0.336
	+ Aluminium	0.489	3.148	0.400	0.262	0.043
	% Kontrol	65.1	96.9	65.0	78.0	12.1

Ket : Kontrol = pH 6.0; + Aluminium = pH 4.0/1.50 mM Al

Tabel 4. Kandungan Al pada akar dan tajuk pada tanaman yang toleran dan yang peka terhadap cekaman Al

Galur	Perlakuan	Al Akar	Al Tajuk	Rasio Al Akar/ Al Tajuk
.....mg/g bobot kering.....				
Toleran				
1. Genjah Jepang	(Kontrol)	0.144	0.015	9.60
	+ Aluminium	0.294	0.041	7.17
	% Kontrol	204.2	273.3	
2. KB 44001	(Kontrol)	0.131	0.018	7.28
	+ Aluminium	0.202	0.020	10.10
	% Kontrol	154.2	111.1	
Peka				
3. Kedelai Lumut	(Kontrol)	0.170	0.021	8.09
	+ Aluminium	0.493	0.046	10.72
	% Kontrol	290.0	219.0	
4. KB 46015	(Kontrol)	0.364	0.023	15.83
	+ Aluminium	0.905	0.095	9.52
	% Kontrol	248.6	413.0	

Tabel 5. Peningkatan kandungan asam organik pada kondisi cekaman pH rendah dengan Al tinggi.

Galur	Media	Asam Oksalat	Asam Malat
	ppm.....	
Tolerant 1. Genjah Jepang	pH 6.0 (kontrol)	152.2	121.2
	pH 4.0/1.5 mM Al	681.6	314.6
	% Kontrol	447.8	259.5
2. KB 44001	pH 6.0 (kontrol)	246.1	146.9
	pH 4.0/1.5 mM Al	615.6	237.2
	% Kontrol	250.1	160.5
Peka 3. Kedelai Lumut	pH 6.0 (kontrol)	247.5	138.2
	pH 4.0/1.5 mM Al	230.1	279.9
	% Kontrol	92.2	202.5
4. KB 46015	pH 6.0 (kontrol)	142.2	144.6
	pH 4.0/1.5 mM Al	208.6	173.1
	% Kontrol	146.7	119.7

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa dua galur kedelai yang toleran (KB 44001 dan Genjah Jepang) memperlihatkan mekanisme toleransi terhadap Al melalui peningkatan pH media, akumulasi Al pada akar yang rendah dan sintesis asam organik yang tinggi pada jaringan.

Dari hasil penelitian ini terutama dengan teridentifikasi karakter fisiologi untuk sintesis asam organik memungkinkan penelitian lanjutan seperti studi determinasi genetik dengan isolasi asam organik, pemurnian dan karakterisasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bennet, R.J and C.M. Breen. 1991. The aluminium signal: New dimensions to mechanisms of aluminium tolerance. *Plant dan Soil*. 134: 153-166.
- Delhaize, E., S. Craig, C.D. Beaton, R.J. Bennet, V.C. Jagadish and P.J. Randall. 1993^a. Aluminium tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). I. Uptake and distribution of aluminium in root apices. *Plant Physiol*. 103: 685-693.
- Delhaize, E., P.R. Ryan and P.J. Randall. 1993^b. Aluminium tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.); II. Aluminium stimulated excretion of malic acid from root apices. *Plant Physiol*. 103: 65-702



**PENGARUH DOSIS NITROGEN DAN KALIUM
TERHADAP PRODUKSI DAN MUTU TEMBAKAU TEMANGGUNG
PADA TUMPANG SISIP KUBIS - TEMBAKAU DI PUJON MALANG**

(The Effect Nitrogen and Potassium Dosages on Yield and Quality of Temanggung Tobacco Grown Relay Planted with Cabbage at Pujon - Malang, East Java)

Oleh

Joedojono Wiroatmodjo¹⁾ dan M. Najib²⁾

ABSTRACT

The experiment were carried out to determine the effect of N and K on growth, yield and quality of Temanggung tobacco grown intercropped with cabbage at Pujon, Malang.

The factorial design with randomized block in five replications were used. Cabbage were planted from February-May, 1992 where as tobacco intercropped in April-September 1993. Three levels of nitrogen from Ammonium Sulphate namely 30 kg N/ha (N₁), 60 (N₂) and 90 kg N/ha (N₃), while Potassium from Potassium Sulphate of 0, 50 and 100 kg K₂O/ha were the treatment. Cabbage were fertilization at the rate of 390 kg N/ha and 780 kg P₂O₅/ha without K fertilization. The first tobacco fertilizations were done at a day after cabbage harvest when tobacco at 16 days old, the half dosages of N and full dosages of K were applied. Other half of N were applied when tobacco at 30 days old.

The nitrogen did increase top leaf length, to leaf width, fresh yield and N content of Temanggung tobacco of variety of Genjah Kemloko. The potassium did increase quality index and crop index significantly. The N and K interactions is likewise influenced significantly the quality and crop indexes.

The maximum leaf length and leaf width were obtained from 90 kg N/ha treatment, whereas highest quality and crop indexes obtained from 30 kg N/ha (N₁) and 100 kg K₂O/ha (K₁) treatments. Highest N content of 3.707% were detected from 90 kg N/ha treatments.

RINGKASAN

Tujuan penelitian yaitu mengetahui pengaruh dosis pupuk nitrogen dan kalium terhadap pertumbuhan, produksi dan mutu tembakau Temanggung pada pola tumpang sisip kubis-tembakau di Pujon, Malang.

1) Staf Ekofisiologi Budi Daya Pertanian IPB

2) Mahasiswa Jurusan Budi Daya Pertanian IPB