

“Akselerasi Hasil Penelitian dan Optimalisasi Tata Ruang Agraria untuk Mewujudkan Pertanian Berkelanjutan”

[Respon Pertumbuhan Dua Varietas Kedelai (*Glycine max* L.) pada Fase Vegetatif Terhadap Pemberian Fosfor dan Aluminium di Media Cair] :

Review

Shery Liova Sinaga¹ dan Wuri Prameswari²

¹ Mahasiswa Program Studi Agroekoteknologi, Universitas Bengkulu. Jln WR Supratman, Kelurahan Kandang Limun Kecamatan Muara Bangkahulu, Kota Bengkulu

² Dosen Program Studi Agroekoteknologi, Universitas Bengkulu. Jln WR Supratman, Kelurahan Kandang Limun Kecamatan Muara Bangkahulu, Kota Bengkulu

Email: wprameswari@unib.ac.id

Abstrak

Kedelai (*Glycine max* L. Merrill) termasuk tanaman pangan prioritas ketiga setelah padi dan jagung yang merupakan sumber protein nabati dan mempunyai nilai gizi yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian Aluminium dan Fosfor dalam peningkatan toleransi kedelai. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret hingga Mei 2022 di *Green House* II Laboratorium Agronomi Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor dan 4 ulangan. Faktor pertama adalah varietas kedelai (Gepak Kuning dan Deja), faktor kedua adalah kombinasi dua perlakuan aluminium dan fosfor (0 μM AlCl_3 + 0 mM KH_2PO_4 , 0 μM AlCl_3 + 0.1 mM KH_2PO_4 , 74 μM AlCl_3 + 0 mM KH_2PO_4 , 74 μM AlCl_3 + 0,1 mM KH_2PO_4). Hasil penelitian menunjukkan pemberian Fosfor dan Aluminium pada fase vegetatif di media cair hanya berpengaruh nyata terhadap variabel bobot kering akar pada 10 HSP. Varietas Deja tergolong toleran terhadap pemberian 74 μM AlCl_3 (SI = 0.46) dan 74 μM AlCl_3 + 0,1 mM KH_2PO_4 (SI = 0.33), sedangkan varietas Gepak Kuning tergolong peka terhadap pemberian 74 μM AlCl_3 (SI = 1.67) dan 74 μM AlCl_3 + 0,1 mM KH_2PO_4 (SI = 1.75).

Kata kunci: kedelai, aluminium, fosfor, media cair

Pendahuluan

Kedelai (*Glycine max* L. Merrill) termasuk tanaman pangan prioritas ketiga setelah padi dan jagung yang merupakan sumber protein nabati dan mempunyai nilai gizi yang tinggi dan dapat dijadikan olahan seperti tempe, kecap, tahu, dan tauco (Adie dan Krisnawati, 2007; Puspitasari dan Elfarisna, 2017). Pemanfaatan kedelai sebagai sumber protein nabati juga

digunakan sebagai bahan baku berbagai produk pangan olahan sejalan dengan konsep pangan fungsional, yaitu pangan yang dapat disajikan dan dikonsumsi yang memenuhi standar mutu, keamanan, dan standar persyaratan lain (Ayda, 2017).

Produksi kedelai di dalam negeri hanya mampu memenuhi sekitar 40% kebutuhan domestik dan sisanya sekitar 60% dipenuhi dari kedelai impor (Carolina, 2016). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2016), produksi kedelai di Indonesia mengalami fluktuasi yaitu 843.153 ton pada tahun 2012, 779.992 ton pada tahun 2013, 954.997 ton pada tahun 2014 dan 963.183 ton pada tahun 2015. Produksi kedelai belum mampu mengimbangi kebutuhan akan konsumsi kedelai di Indonesia sebesar 2.256.931,7 ton pada tahun 2015. Indonesia merupakan negara importer kedelai terbesar setelah China dengan 1.003.421,6 ton pada tahun 2020 berdasarkan Badan Pusat Statistik (2021).

Luas areal panen kedelai menjadi salah satu alasan rendahnya produksi kedelai di Indonesia. Menurut Mahdi dan Suharno (2019), produksi kedelai Indonesia yang belum mampu memenuhi kebutuhan konsumsi masyarakat merupakan bentuk implikasi dari rendahnya luas areal panen kedelai dibanding dengan komoditas pangan lainnya. Berdasarkan Badan Pusat Statistik, luas panen kedelai di Indonesia tahun 2015 sebesar 614.095 ha. Sedangkan komoditi lain pada periode yang sama seperti jagung dan padi berturut-turut sebesar 3.787.367 ha dan 14.116.638 ha.

Upaya memenuhi suplai kedelai dalam negeri dapat dilakukan dengan upaya intensifikasi dan ekstensifikasi. Upaya intensifikasi adalah melakukan pengolahan lahan sebaik-baiknya menggunakan berbagai sarana untuk meningkatkan hasil pertanian. Upaya ekstensifikasi yaitu pemanfaatan lahan suboptimal dalam budidaya untuk meningkatkan hasil yang maksimal. Lahan suboptimal yang bisa dimanfaatkan salah satunya adalah lahan masam. Lahan masam mempunyai tingkat kesuburan tanah yang rendah yang menyebabkan terjadinya pelindian dan pelapukan yang intensif sehingga terjadi oksidasi asam organik yang menyebabkan produktivitas kedelai rendah (Rachman *et al.*, 2007).

Permasalahan dalam budidaya tanaman di lahan masam adalah cekaman aluminium tinggi, yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Keracunan Al pada tanaman menyebabkan terganggunya pertumbuhan akar sehingga penyerapan air dan hara terganggu (Caniato *et al.*, 2007; Panda *et al.*, 2009). Menurut Pardal dan Suharsono (2016) kendala utama pengembangan kedelai di tanah masam adalah keracunan Al dan defisiensi hara P. Tingginya konsentrasi Al pada tanah masam mengakibatkan terikatnya P oleh Al sehingga P menjadi tidak tersedia bagi tanaman (Agustina, 2011). Kejenuhan Al tinggi dapat membatasi penetrasi akar untuk mendapatkan hara dan akar tidak berkembang

dengan baik sehingga tidak dapat menyerap hara dengan optimal yang mengakibatkan defisiensi hara bagi tanaman (Bian *et al.*, 2013).

Hasil penelitian Fauziah (2013) menunjukkan bahwa ketersediaan P (0,1 mM KH_2PO_4) dan toksisitas Al (74 μM) dapat mempengaruhi panjang akar dan tinggi tajuk. Berdasarkan hasil penelitian (Lestari *et al.*, 2017), pemberian P 0,1 mM KH_2PO_4 dapat meningkatkan panjang akar dibandingkan tanpa P, 0,01 mM KH_2PO_4 dan 1 mM KH_2PO_4 pada kondisi tercekam Al (74 μM AlCl_3). Varietas berperan penting dalam produksikedelai, karena untuk mencapai hasil yang optimal sangat ditentukan oleh potensi genetiknya. Jika pengelolaan lingkungan tumbuh dan varietas dilakukan dengan baik, maka potensi hasil yang besar akan tercapai (Adisarwanto, 2006). Penggunaan varietas yang toleran dapat dilakukan sebagai upaya budidaya tanaman di tanah masam. Perbedaan daya adaptasi dan ketahanan atau toleransi terhadap cekaman pada setiap varietas akan dipengaruhi oleh gen masing-masing varietas dan akan berpengaruh pada lingkungan tumbuh tanaman. Sehingga perlu adanya penemuan varietas toleran untuk mengatasi masalah tanah masam dalam budidaya kedelai.

Metode

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Maret hingga Mei 2022 di *Greenhouse* Laboratorium Agronomi, Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu. Rancangan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dua faktor yaitu faktor Varietas Kedelai (K) dan Pemberian Fosfor dan Aluminium (P). Faktor pertama yaitu varietas kedelai, terdiri dari :K1 = Varietas Gepak Kuning; dan K2 = Varietas Deja. Faktor kedua kombinasi 2 perlakuan cekaman Al dan 2 ketersediaan P, yang terdiri dari :P1 = 0 μM AlCl_3 + 0 mM KH_2PO_4 ; P2 = 0 μM AlCl_3 + 0,1 mM KH_2PO_4 ; P3 = 74 μM AlCl_3 + 0 mM KH_2PO_4 ; dan P4 = 74 μM AlCl_3 + 0,1 mM KH_2PO_4 . Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 24 satuan percobaan. Setiap unit percobaan terdiri dari 15 tanaman sehingga terdapat 360 tanaman dengan 12 sampel setiap unitnya.

Hasil Analisis Varian

Analisis varian dilakukan terhadap sejumlah variabel pertumbuhan kedelai seperti tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar tajuk, bobot segar akar, bobot kering tajuk, bobot kering akar, panjang akar primer, panjang akar lateral, tingkat kehijauan daun dan kerapatan stomata (Tabel 1). Berdasarkan hasil analisis varian, varietas dan perlakuan yang diberikan menunjukkan interaksi terhadap variabel bobot kering akar pada pengamatan 10 HSP. Dan

perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata antar varietas pada variabel tinggi tanaman, bobot kering tajuk, dan bobot kering akar pada pengamatan 0 - 10 HSP, jumlah daun pada pengamatan 10 HSP, bobot segar tajuk pada pengamatan 0 dan 5 HSP, bobot segar akar pada pengamatan 0 - 15 HSP. Pemberian perlakuan fosfor dan aluminium juga berpengaruh nyata antar perlakuan pada variabel tinggi tanaman (5 dan 10 HSP), bobot segar (15 HSP) (Tabel 1).

Interaksi Varietas dan Cekaman

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adanya interaksi antara varietas kedelai dengan pemberian P dan Al terhadap variabel bobot kering akar (10 HSP) (Tabel 2).

Tabel 2. Interaksi varietas dengan cekaman terhadap variabel bobot kering akar

Konsentrasi Al dan P	Gepak Kuning	Deja
0 μM AlCl_3 + 0 mM KH_2PO_4	0.19 AB b	0.28 C a
0 μM AlCl_3 + 0,1 mM KH_2PO_4	0.26 BC a	0.22 ABC b
74 μM AlCl_3 + 0 mM KH_2PO_4	0.16 A b	0.27 BC a
74 μM AlCl_3 + 0,1 mM KH_2PO_4	0.14 A b	0.27BC a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil dibaca horizontal dan angka-angka yang diikuti huruf besar dibaca vertikal.

Hasil interaksi varietas dengan pemberian P dan Al pada variabel bobot kering akar menunjukkan berbeda nyata antar Gepak Kuning dan Deja pada semua perlakuan. Deja memiliki bobot kering akar yang lebih besar dibandingkan dengan Gepak Kuning pada perlakuan kontrol, 74 μM AlCl_3 , dan 74 μM AlCl_3 + 0,1 mM KH_2PO_4 yaitu sebesar 0.28 g, 0.27 g, dan 0.27 g secara berturut-turut. Sedangkan pada perlakuan 0,1 mM KH_2PO_4 bobot kering akar Gepak Kuning lebih besar dari Deja yaitu 0.26 g (Tabel 2). Fauziah (2013) menyatakan bahwa bobot kering akar pada kondisi P-rendah tanpa toksisitas lebih tinggi dibandingkan pada kondisi P-cukup (0,1 mM KH_2PO_4) tanpa toksisitas, hal ini sesuai dengan hasil interaksi pada Deja namun tidak sesuai dengan varietas Gepak Kuning. Hal ini sejalan dengan pendapat Soegito dan Arifin (2004) yang menyatakan bahwa setiap varietas memiliki keunggulan genetiknya yang berbeda-beda sehingga setiap varietas memiliki produksi yang berbeda pula, tergantung kepada sifat varietas tanaman itu sendiri.

Tabel 1. Hasil analisis varian (ANAVA) pada taraf 5%

No	Variabel Pengamatan	Varietas (V)	Al & P (C)	Interaksi (V x C)	KK (%)
1	Tinggi Tanaman				
	0 HSP	42.03**	0.37 ^{ns}	0.17 ^{ns}	7.28
	5 HSP	9.14**	3.28*	0.19 ^{ns}	7.59
	10 HSP	10.58**	3.62*	1.98 ^{ns}	8.14
	15 HSP	4.34 ^{ns}	2.40 ^{ns}	0.03 ^{ns}	12.19
2	Jumlah Daun				
	0 HSP	1.00 ^{ns}	1.00 ^{ns}	1.00 ^{ns}	6.83
	5 HSP	7.02*	0.27 ^{ns}	0.37 ^{ns}	8.52
	10 HSP	3.72 ^{ns}	0.83 ^{ns}	0.91 ^{ns}	8.20
	15 HSP	0.11 ^{ns}	0.62 ^{ns}	1.41 ^{ns}	14.92 ^T
3	Panjang Akar Primer				
	0 HSP	0.09 ^{ns}	1.31 ^{ns}	1.12 ^{ns}	16.52 ^T
	5 HSP	1.55 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.40 ^{ns}	16.52 ^T
	10 HSP	1.35 ^{ns}	2.37 ^{ns}	2.43 ^{ns}	24.86
	15 HSP	0.09 ^{ns}	1.18 ^{ns}	1.12 ^{ns}	20.05 ^T
4	Panjang Akar Lateral				
	0 HSP	2.14 ^{ns}	0.55 ^{ns}	0.55 ^{ns}	20.75
	5 HSP	4.25 ^{ns}	1.56 ^{ns}	1.17 ^{ns}	18.71
	10 HSP	2.88 ^{ns}	1.87 ^{ns}	0.18 ^{ns}	19.40
	15 HSP	0.99 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.51 ^{ns}	22.95
5	Tingkat Kehijauan Daun				
	0 HSP	12.44**	1.47 ^{ns}	0.67 ^{ns}	3.30
	5 HSP	0.24 ^{ns}	1.79 ^{ns}	1.68 ^{ns}	5.44
	10 HSP	1.43 ^{ns}	2.39 ^{ns}	0.08 ^{ns}	10.06
	15 HSP	0.02 ^{ns}	0.60 ^{ns}	1.34 ^{ns}	11.42
6	Bobot Segar Tajuk				
	0 HSP	59.99**	0.97 ^{ns}	0.70 ^{ns}	10.13
	5 HSP	40.49**	0.33 ^{ns}	0.77 ^{ns}	11.45
	10 HSP	4.07 ^{ns}	1.40 ^{ns}	0.70 ^{ns}	23.63
	15 HSP	3.08 ^{ns}	2.10 ^{ns}	1.29 ^{ns}	15.06 ^T
7	Bobot Segar Akar				
	0 HSP	15.08**	0.09 ^{ns}	0.24 ^{ns}	22.35
	5 HSP	50.59**	0.29 ^{ns}	0.03 ^{ns}	15.73
	10 HSP	7.91*	1.26 ^{ns}	2.44 ^{ns}	19.82
	15 HSP	5.81*	4.47*	1.83 ^{ns}	17.68 ^T
8	Bobot Kering Tajuk				
	0 HSP	16.00**	0.87 ^{ns}	1.50 ^{ns}	11.77
	5 HSP	26.81**	1.32 ^{ns}	0.83 ^{ns}	11.11
	10 HSP	26.64**	0.14 ^{ns}	1.91 ^{ns}	12.56
	15 HSP	2.81 ^{ns}	1.10 ^{ns}	1.73 ^{ns}	14.67 ^T
9	Bobot Kering Akar				
	0 HSP	8.81**	0.49 ^{ns}	0.28 ^{ns}	16.84 ^T
	5 HSP	10.86**	0.90 ^{ns}	0.25 ^{ns}	21.40
	10 HSP	13.47**	0.51 ^{ns}	3.46*	22.04
	15 HSP	3.96 ^{ns}	1.31 ^{ns}	2.80 ^{ns}	16.48 ^T
10	Kerapatan Stomata				
	0 HSP	3.22 ^{ns}	0.96 ^{ns}	0.12 ^{ns}	20.91
	5 HSP	1.94 ^{ns}	0.36 ^{ns}	1.48 ^{ns}	19.36
	10 HSP	0.76 ^{ns}	1.46 ^{ns}	0.31 ^{ns}	18.36
	15 HSP	0.002 ^{ns}	0.24 ^{ns}	1.22 ^{ns}	17.49

Keterangan: ns = Tidak berpengaruh nyata, * = Berpengaruh nyata pada uji F taraf 5%, ** = Berpengaruh sangat nyata pada uji F taraf 1%, T = Transformasi $\sqrt{x + 0,5}$, HSP = Hari Setelah Perlakuan.

Indeks Toleransi Cekaman

Toleransi tanaman terhadap suatu cekaman merupakan kemampuan tanaman untuk tetap tumbuh dan bertahan dalam siklus hidupnya. Analisis indeks cekaman digunakan menentukan tingkat cekaman yang diberikan terhadap tanaman tiap peubah pengamatan. Indeks sensitivitas cekaman diukur terhadap peubah bobot segar tajuk, bobot segar akar, bobot kering tajuk dan bobot kering akar dengan menggunakan nilai rata-rata pada pengamatan 15 HSP. Rata-rata hasil indeks sensitivitas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Indeks toleransi cekaman

Varietas	BST	BSA	BKT	BKA	Rata-rata	Kesimpulan
74 μ M AlCl ₃						
Gepak Kuning	1.62	1.09	1.99	1.98	1,67	Peka
Deja	0.44	0.94	0.07	0.38	0.46	Toleran
74 μ M AlCl ₃ + 0,1 mM KH ₂ PO ₄						
Varietas	BST	BSA	BKT	BKA	Rata-rata	Kesimpulan
Gepak Kuning	1.39	1.35	1.62	2.64	1,75	Peka
Deja	0.62	0.75	0.41	-0.48	0.33	Toleran

Keterangan: BST : Bobot Segar Tajuk, BSA : Bobot Segar Akar , BKT : Bobot Kering Tajuk, BKA : Bobot KeringAkar, P : Peka, T : Toleran

Menurut Savitri (2010), varietas kedelai dikelompokkan sebagai kategori genotipe toleran terhadap penambahan P pada kondisi cekaman Al jika nilai SI < 0.5, kategori genotipe medium toleran jika 0.5 < SI < 1, dan kategori genotipe peka jika SI > 1. Pada tabel 2 diperoleh nilai rata-rata dari kedua varietas yang diuji. Berdasarkan hasil indeks sensitivitas pada tabel 8 dapat disimpulkan bahwa kedelai varietas Deja tergolong toleran terhadap pemberian 74 μ M AlCl₃ dan 74 μ M AlCl₃ + 0,1 mM KH₂PO₄ dengan nilai SI 0.46 dan 0.33 secara berturut turut. Varietas Gepak Kuning tergolong peka terhadap pemberian 74 μ M AlCl₃ dan 74 μ M AlCl₃ + 0,1 mM KH₂PO₄ dengan nilai SI 1.67 dan 1.75 secara berturut-turut. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Lestari *et al.*, (2017), yang menyatakan bahwa penambahan P dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman Al.

Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut : (1) Pemberian Fosfor dan Aluminium pada fase vegetatif di media cair hanya berpengaruh nyata terhadap variabel bobot kering akar pada 10 HSP., dan (2) Varietas Deja tergolong toleran

terhadap pemberian 74 μM AlCl_3 (SI = 0.46) dan 74 μM AlCl_3 + 0,1 mM KH_2PO_4 (SI = 0.33), sedangkan varietas Gepak Kuning tergolongpeka terhadap pemberian 74 μM AlCl_3 (SI = 1.67) dan 74 μM AlCl_3 + 0,1 mM KH_2PO_4 (SI = 1.75).

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didanai oleh PNPB FAPERTA Tahun 2021 dengan nomor kontrak 5895/UN30.11/LT/2021.

Daftar Pustaka

- Adie, M. dan A. Krisnawati. (2007). Biologi tanaman kedelai. *Dalam*. 45-73
- Adisarwanto. (2006). Budidaya dengan pemupukan yang efektif dan pengoptimalan peran bintil akar kedelai. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Agustina, K. (2011). Fisiologi adaptasi sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) terhadap toksisitas aluminium dan defisiensi fosfor di tanah masam [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Ayda, K. (2017). Kedelai sebagai sumber pangan fungsional. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, Malang.
- Badan Pusat Statistika. 2016). Statistik Produksi Kedelai di Indonesia. www.bps.go.id. Diakses tanggal 09 Maret 2021.
- Badan Pusat Statistika, (2021). Statistika Impor Kedelai Indonesia Berdasarkan Negara Asal Utama. www.bps.go.id. Diakses tanggal 09 September 2021.
- Balitkabi. (2008). Balai penelitian tanaman aneka kacang dan umbi. <https://www.litbang.pertanian.go.id/varietas/1323/>. Diakses 08 Juni 2022.
- Bardono, S. 2020. Varietas kedelai deja 1 dan deja 2 toleran genangan air. <http://technology-indonesia.com/pertanian-dan-pangan/inovasi-pertanian/varietas-kedelai-deja-1-dan-deja-2-toleran-genangan-air/>. Diakses, 08 Juni 2022.
- Bian, M., M. Zhua, D. Sunb and C. Lic. (2013). Molecular approaches unravel the mechanism of acid soil tolerance in plants. *Crop Journal* 1:91-104.
- Caniato, F., C.T. Guimaraes, S. Alves, L.V. Kochian, A. Borem, P.E. Klein, J.V. Magalhaes. (2007). Genetic diversity for aluminium tolerance in sorghum. *Theor. Appl.Genet.* 114:863-876.
- Carolina, R.A., S. Mulatsih dan L. Anggraeni. (2016). Analisis Volatilitas Harga dan Integrasi Pasar Kedelai Indonesia dengan Pasar Kedelai Dunia. *Jurnal Agro Ekonomi*,

34(1):46-48.

Coronel, V. P., S. Akita and S. Yoshida. (1990). Aluminium toxicity tolerance in rice (*Oryza sativa* L) seedlings. In : Van Beusichem, M.L. (ed). Plant Nutrition-Physiology and Application. Kluwer Acad Publ. The Netherlands.

Fauziah, N. 2013. Regulasi etilen dalam respon tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) terhadap cekaman defisiensi P dan toksisitas Al. Skripsi. Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Lestari, T., S.W. Ardie dan D. Soepandie. (2017). Peranan fosfor dalam meningkatkan toleransi tanaman sorgum terhadap cekaman aluminium. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 45(1):43-162.

Mahdi, N. N., dan Suharno. (2019). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi impor kedelai di Indonesia. *Forum Agribisnis*, 9(2): 160-184. DOI: <https://doi.org/10.29244/fagb.9.2.160184>.

Pardal, S. dan S. Suharsono. (2016). Evaluasi Galur Kedelai Transgenik Toleran Aluminium pada Fasilitas Uji Terbatas. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 35(2): 155-162.

Pujiwati, H., M. Ghulamahdi., S. Yahya., S.A. Aziz dan O. Haridjaja. (2016). Tanggap kedelai hitam terhadap cekaman aluminium pada kultur hara. *Penelitian pertanian tanaman pangan*. Vol.35 no.2 2016.

Puspitasari, A. dan E. Elfarisma. (2017). Respon pertumbuhan dan produksi kedelai varietas grobongan dengan penambahan pupuk organik cair dan pengurangan dosis pupuk anorganik. *Prosiding SEMNASTAN*, 204-212.

Rachman, A., I.G.M. Subiksa dan Wahyunto. (2007). Perluasan Areal Tanaman Kedelai ke lahan suboptimal. Dalam Sumarno, Suyamto, A.Widjono, Hermanto dan H. Kasim (Eds.) *Kedelai : Teknik Produksi dan Pengembangan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian Tanaman Pangan: 185-204.

Roy, B. dan S. Bhadra. (2014). Effects of toxic levels of aluminum on seedling under hydroponic culture. *Rice Science*. 21(4):217-223.

Savitri, E. S. (2010). Pengujian in vitro beberapa varietas kedelai (*Glycine max* L. Merr) toleran kekeringan menggunakan PEG 6000 pada media padat dan cair *El-Hayah*. 1:9-13.

Silva, S., O.P. Carnide, P.M. Lopes, M. Matos, H.G. Pinto, and C. Santos. (2012). Zonal responses of sensitive vs tolerant wheat roots during Al exposure and recovery. *J. Plant Physiol*, 169:760-769.

Soegito dan Arifin. 2004. Pemurnian dan Perbanyak Benih Penjenis Kedelai. Badan Penelitian Tanaman Pangan, Malang.

Widiastuti, E. dan E. Latifah. (2016). Keragaan pertumbuhan dan biomassa varietas kedelai (*Glycine max* (L)) di lahan sawah dengan aplikasi pupuk organik cair *Jurnal Ilmu Pertanian*, 21(2):90-97.