

## Pertumbuhan, Hasil, dan Mutu Biji Kedelai dengan Pemberian Pupuk Organik dan Fosfor

### *Growth, Yield, and Seed Quality of Soybean with Organic and Phosphorus Fertilizer Application*

Chairani Hanum

Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara  
Jl. Prof. A. Sofyan No. 3 Kampus USU, Padang Bulan-Medan

Diterima 11 April 2013/Disetujui 23 September 2013

#### ABSTRACT

*Soybean plant requires more phosphorus for formation of seeds compared with other legumes. Soil P in the tropic area is a limiting factor because it's often fixed by aluminium and ferrum. Soil fertility improvement can be done by using organic matter and phosphorus management. The objective of this research was to study the effect of organic fertilizer and phosphorus management on growth, yield, and seed quality of soybean. The experiment was conducted from April to September 2011 using pot experiment (contained 10 kg of air-dried soil) in a randomized block design with two factors. The first factor was 3 types of organic fertilizer, each with the rate of 180 g organic fertilizer per plant. The types of fertilizer were cow manure, oil palm empty fruit bunches (OPEFB), and filter press mud, and without fertilizer (control). The second factor was the rates of phosphorus fertilizer which consisted of 4 levels, i.e. 0, 0.45, 0.90, and 1.35 g plant<sup>-1</sup>. The results showed that P fertilizer did not significantly affect all parameters, while types of organic fertilizer significantly affected some variables. Organic fertilizer increased the number of root nodules (77.0%), root dry weight (94.7%), seed dry weight (50.3%), and seed protein content (0.9%) compared without organic fertilizer application. The seed fat content increased 4.2% with the application of filter press mud or OPEFB. Application of filter press mud and 0.45 g plant<sup>-1</sup> P fertilizer resulted in the highest shoot dry weight.*

*Keywords: filter press mud, Glycine max, cow manure, oil palm empty fruit bunches, soybean fat, soybean protein*

#### ABSTRAK

*Kedelai adalah tanaman yang membutuhkan fosfor (P) lebih banyak untuk pembentukan bijinya dibandingkan dengan leguminosa lain. Fosfor merupakan faktor pembatas utama di daerah tropis karena sering difiksasi oleh aluminium dan besi. Salah satu upaya meningkatkan kesuburan tanah adalah melalui penambahan bahan organik dan manajemen fosfor. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh pupuk organik dan fosfor terhadap pertumbuhan, hasil dan mutu biji kedelai. Percobaan dilakukan mulai April sampai September 2011 berupa percobaan pot (isi 10 kg tanah kering udara) menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak dua faktor. Faktor pertama adalah pupuk organik yang terdiri atas tiga jenis, yaitu kotoran sapi, tandan kosong kelapa sawit (TKKS), dan blotong, masing-masing dengan dosis 180 g tanaman<sup>-1</sup> dan tanpa pupuk (kontrol). Faktor ke-2 adalah dosis P yang terdiri atas 4 taraf, yaitu 0, 0.45, 0.90, dan 1.35 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tanaman<sup>-1</sup>. Pupuk P tidak berpengaruh nyata pada seluruh peubah amatan, sedangkan pupuk organik berpengaruh nyata. Kompos blotong meningkatkan jumlah bintil akar efektif (77.0%), bobot kering akar (94.7%), bobot kering biji (50.3%), dan kandungan protein biji (0.9%) dibandingkan tanpa pemberian. Kandungan lemak biji kedelai meningkat 4.2% dengan pemberian blotong atau TKKS. Bobot kering tajuk tertinggi diperoleh pada pemberian kompos blotong dan pupuk P dengan dosis 0.45 g tanaman<sup>-1</sup>.*

*Kata kunci: blotong, Glycine max, kotoran sapi, tandan kosong kelapa sawit, lemak kedelai, protein kedelai*

#### PENDAHULUAN

Komoditas kedelai saat ini tidak hanya diposisikan sebagai bahan pangan dan bahan baku industri, namun juga ditempatkan sebagai bahan makanan sehat dan bahan baku industri non-pangan. Produksi kedelai Sumatera Utara

tahun 2012 menurun jauh di bawah angka pada tahun 2011 atau hanya 5,923 ton. Menurut BPS (2011) angka ramalan II 2012, produksi kedelai Sumatera Utara masih 5,923 ton dari angka tetap 2011 yang sudah 11,426 ton. Walaupun produksi kedelai tahun 2004 hingga 2006 sempat meningkat, namun pergerakannya sangat lambat, contohnya tahun 2004 hanya 723,483 ton, menjadi 808,353 ton pada tahun 2005 dan 746,611 ton pada tahun 2006. Bahkan tahun 2007 kembali turun menjadi sekitar 608,000 ton. Melihat masalah tersebut

\* Penulis untuk korespondensi. e-mail: hanum\_chairani@yahoo.com

diperlukan suatu usaha untuk meningkatkan produksi kedelai nasional khususnya Sumatera Utara, yakni dengan penerapan teknologi budidaya dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia.

Buruknya sifat-sifat fisik tanah menyebabkan produktivitas tanah turun drastis bahkan fungsi tanah sebagai penyangga hidup tanaman hilang. Upaya meningkatkan produktivitas tanah dapat dilakukan dengan cara memperbaiki kesuburan tanah. Upaya tersebut antara lain dapat dilakukan dengan cara penggunaan bahan organik. Bahan organik dapat bersumber dari hijauan maupun hasil pengomposan. Limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan blotong (limbah pabrik gula) yang banyak tersedia di Sumatera Utara dapat dimanfaatkan untuk pertanian setelah dilakukan pengomposan. Blotong atau dikenal dengan sebutan "*filter press mud*", secara umum bentuknya berupa serpihan serat-serat tebu yang mempunyai komposisi humus, N-total, C/N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , CaO dan MgO, cukup baik untuk dijadikan pupuk organik. Manfaat lain dari blotong dapat menetralkan pengaruh  $Al_{ad}$ , sehingga ketersediaan P dalam tanah lebih tersedia (Santoso *et al.*, 2003). Pupuk kandang (pukan) sapi yang volumenya cukup besar dibandingkan dengan pukan lainnya juga memiliki potensi untuk dikembangkan. Pemberian bahan organik ini berfungsi sebagai pengikat butiran-butiran tanah yang menjadikannya agregat yang mantap. Pemberian bahan organik yang bersumber dari limbah pertanian diharapkan mampu memperbaiki kesuburan tanah, tanpa harus bergantung sepenuhnya pada bahan kimia.

Karakter kimiawi pada biji kedelai (termasuk protein dan isoflavon) umumnya dikendalikan oleh gen, akan tetapi sifat genetik yang baik tanpa didukung oleh lingkungan yang sesuai tidak akan menghasilkan produk yang optimal. Kandungan protein kedelai berhubungan erat dengan kuantitas dan kualitas translokasi nitrogen dan karbon ke bagian biji. Remobilisasi kedua senyawa ini tergantung pada tiga faktor yaitu 1) asimilasi N simbiotik, akumulasi senyawa N (Voisin *et al.*, 2003) serta remobilisasi N (Schiltz *et al.*, 2005); 2) cukup tidaknya hara N (Martre *et al.*, 2003) dan P (Bilyeu *et al.*, 2008) dalam tanah; serta 3) intensitas translokasi dari daun ke bagian biji (Salon *et al.*, 2001). Hasil ini menunjukkan bahwa perbedaan kandungan protein antara varietas kedelai tidak hanya tergantung pada sifat genetiknya saja, akan tetapi juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan.

Fosfor (P) adalah salah satu unsur pembatas pertumbuhan tanaman pada tanah Ultisol. Unsur ini secara langsung ataupun tidak mempengaruhi proses biologi terkait dengan peningkatan protein tanaman (Shenoy dan Kalagudi, 2005). Masalah yang timbul dalam penggunaan pupuk fosfor tersebut tidak mudah tersedia bagi tanaman, karena mudah terikat dengan koloid tanah menjadi P yang tidak tersedia. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh pemberian bahan organik dan pemupukan P terhadap pertumbuhan, hasil, dan mutu kedelai yang ditanam pada lahan kering masam.

## BAHAN DAN METODE

Percobaan ini dilaksanakan di Cengek Turi, Binjai (pH tanah=4.39) dengan ketinggian  $\pm 25$  m di atas permukaan laut, mulai bulan April sampai dengan September 2011. Varietas kedelai yang digunakan adalah Anjasmoro. Percobaan ini dilakukan dengan pot ukuran 40 cm x 45 cm (isi 10 kg tanah kering udara) yang menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak faktorial dengan 2 faktor perlakuan. Faktor pertama adalah pupuk organik terdiri atas pupuk kandang sapi, kompos tandan kosong kelapa sawit (TKKS), kompos blotong masing-masing dengan dosis  $180 \text{ g tanaman}^{-1}$  dan tanpa pupuk organik. Faktor ke-2 adalah pemberian pupuk fosfor yang terdiri atas 4 taraf, yaitu 0, 0.45, 0.90,  $1.35 \text{ g P}_2\text{O}_5 \text{ tanaman}^{-1}$ . Peubah yang diamati adalah jumlah bintil akar, bobot kering akar, bobot kering biji, kandungan lemak dan kandungan protein, dan bobot kering tajuk. Analisis kadar lemak menggunakan metode ekstraksi Soxhlet sedangkan analisis kadar protein biji kedelai menggunakan metode semi mikro Kjeldahl. Analisis kedua bahan kimia tersebut dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Pangan Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis statistik menunjukkan perlakuan pupuk P tidak berpengaruh nyata pada seluruh peubah amatan, sedangkan pupuk organik berpengaruh nyata terhadap jumlah bintil akar, bobot kering akar dan biji, serta kandungan lemak dan protein. Interaksi antar perlakuan tersebut berpengaruh nyata hanya pada peubah amatan bobot kering tajuk.

### *Bobot Kering Tajuk*

Rataan bobot kering tajuk tertinggi diperoleh pada pemberian kompos blotong dengan pupuk P pada taraf  $0.45 \text{ g tanaman}^{-1}$ , dan terendah pada kedelai yang tidak diberi kompos blotong dan pupuk P (Tabel 1). Pemberian pupuk P sebanyak  $1.35 \text{ g tanaman}^{-1}$  atau tanpa aplikasi yang tidak disertai pemberian pupuk organik akan memberikan pertumbuhan tajuk terendah. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa pemberian pupuk P pada tanah masam tanpa disertai pemberian pupuk organik menyebabkan pemupukan P tidak efisien dan tidak efektif. Bahan organik merupakan sumber energi bagi jasad mikro tanah dan tanpa bahan organik semua kegiatan biokimia akan terhenti, efektivitas penyerapan unsur hara juga sangat dipengaruhi oleh kadarnya di dalam tanah. Pemberian bahan organik terutama pada tanah masam mampu meningkatkan efisiensi pemberian pupuk P. Asam organik yang terkandung pada pupuk organik mampu bertindak sebagai pengkelat senyawa Al, sehingga P menjadi lebih tersedia. Secara umum dapat dikatakan bahwa bahan organik memperbesar ketersediaan fosfor tanah, melalui hasil dekomposisinya yang menghasilkan asam-asam organik dan  $\text{CO}_2$ .

Pemberian pupuk P tidak mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman disebabkan oleh unsur ini terfiksasi

Tabel 1. Bobot kering tajuk kedelai dengan perlakuan pupuk organik dan fosfat

Pupuk fosfat (g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> tanaman <sup>-1</sup> )	Jenis pupuk organik				Rataan
	Kontrol	Pupuk kandang	TKKS	Blotong	
..... Bobot kering tajuk (g) .....					
0	12.20k	26.05h	38.15d	44.70c	30.28
0.45	19.13j	21.25i	33.30ef	55.70a	32.34
0.9	19.75ij	26.00h	30.905fg	46.10c	30.70
1.35	12.25k	49.45b	35.60de	29.90g	31.80
Rataan	15.83D	30.69C	34.50B	44.10A	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama dan angka yang diikuti oleh huruf kapital yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan BNT pada taraf  $\alpha = 5\%$ ; TKKS = tandan kosong kelapa sawit

sangat erat (pH tanah = 4.39) sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Kandungan Al yang tinggi pada tanah masam juga berhubungan dengan membran *lipid bilayer* pada sel, aluminium dapat memblok Ca<sup>2+</sup> dan saluran K<sup>+</sup> sehingga mengganggu proses penyerapan hara tanaman.

*Bobot Kering Akar*

Pemberian kompos pada tanah masam dapat memberikan manfaat yaitu kemampuannya dalam mengurangi efek negatif kelarutan Al<sub>dd</sub> pada tanah (Wahyudin, 2006). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik memperbaiki pertumbuhan akar kedelai (Tabel 2).

Persentase peningkatan bobot kering akar tertinggi diperoleh pada kedelai yang diberi kompos blotong (93.7%), sementara pemberian TKKS hanya sebesar 65.3% dan terendah pada perlakuan pukan sapi (30.5%) (Tabel 2). Kedelai yang mendapat kompos blotong ini juga menghasilkan jumlah bintil akar efektif yang lebih tinggi walaupun secara statistik tidak berbeda nyata dengan kompos TKKS (Tabel 2). Peningkatan populasi rhizobium pada akar kedelai diduga mampu meningkatkan kemampuan akar dalam menyerap hara sehingga meningkatkan bobot kering akar (Ningsih dan Iswandi, 2004).

*Jumlah Bintil Akar Efektif*

Pemberian pupuk organik pupuk kandang sapi, kompos TKKS, dan blotong mampu meningkatkan jumlah bintil akar

efektif dengan persentase peningkatan berturut-turut 21.2%, 66.6%, dan 77.2% dibandingkan tanpa pupuk (Tabel 2). Jumlah bintil akar yang lebih banyak pada pemberian blotong diduga disebabkan kandungan fosfor yang relatif lebih tinggi pada kompos ini (Tabel 3). Tanaman yang mendapat cukup fosfor akan meningkatkan aktivitas nitrogenasinya. Fosfor berfungsi sebagai komponen pembentuk ATP dan ATP dibutuhkan untuk mereduksi N<sub>2</sub>. ADP yang dihasilkan akan menghambat aktivitas nitrogenase, oleh karenanya agar aktivitas nitrogenase tidak terhambat maka harus digunakan fosforilasi dari ADP menjadi ATP melalui penambahan P dari luar.

Kandungan senyawa N pada tanah yang mengandung bahan organik juga lebih tinggi, dengan tingginya N-organik tanah laju reaksi biokimia dapat ditingkatkan sehingga mendukung pertumbuhan mikrobia. Peningkatan jumlah populasi mikroorganisme pada tanah yang diberi bahan organik juga dilaporkan oleh Schulze (2005).

*Bobot Kering Biji*

Perlakuan pemberian pupuk organik berpengaruh nyata terhadap bobot kering biji kedelai (Tabel 2) akan tetapi perlakuan peningkatan taraf pupuk fosfat tidak berpengaruh nyata. Kompos TKKS meskipun mempunyai kemampuan memacu pertumbuhan lebih rendah dibandingkan dengan kompos blotong, namun mempunyai kemampuan meningkatkan hasil biji yang sama (Tabel 2). Ini terjadi karena kadar K<sub>2</sub>O kompos TKKS yang lebih tinggi (Tabel 3). Unsur K mempunyai peran dalam translokasi fotosintat.

Tabel 2. Pengaruh berbagai jenis pupuk organik terhadap peubah amatan

Perlakuan (180 g tanaman <sup>-1</sup> )	Jumlah bintil akar	Bobot kering akar (g)	Bobot kering biji (g)	Kandungan lemak (%)	Kandungan protein (%)
Tanpa pupuk organik	24.8c	1.9d	29.0c	16.6c	30.5c
Pukan sapi	30.0b	2.4c	39.5b	16.9b	30.4d
TKKS	41.3a	3.1b	43.4a	17.3a	30.7b
Blotong	43.9a	3.7a	43.6a	17.3a	30.8a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan BNT pada taraf  $\alpha = 5\%$ ; TKKS = tandan kosong kelapa sawit

Hasil fotosintesis yang dinyatakan dalam bobot kering tajuk dan bobot kering akar lebih kecil, namun disalurkan lebih efisien ke dalam biji. Efisiensi translokasi asimilat dapat dilihat melalui indeks panen. Indeks panen adalah nisbah bobot biji dibandingkan bobot kering tajuk + bobot kering akar + bobot biji. Indeks panen pada kedelai yang mendapat kompos TKKS sebesar 0.54 sedangkan tanaman yang mendapat kompos blotong adalah 0.48, dengan kata lain tanaman yang mendapat kompos TKKS dengan kadar K<sub>2</sub>O lebih tinggi mampu menyalurkan 54% hasil fotosintesisnya ke dalam biji sedangkan tanaman yang mendapatkan kompos blotong hanya 48%.

Peningkatan taraf pemberian P tetapi tidak meningkatkan hasil biji diduga meskipun sudah diberi tambahan pupuk P akan tetapi kendala lainnya seperti kondisi tanah, jenis varietas yang digunakan (Mahamood *et al.*, 2009), menyebabkan peningkatan taraf pemberian pupuk P belum menunjukkan pengaruh positif terhadap hasil kedelai (Taufik *et al.*, 2007). Hal ini diduga bahwa meskipun sudah diberi tambahan pupuk P akan tetapi kendala lainnya seperti kondisi tanah, jenis varietas yang digunakan (Mahamood *et al.*, 2009), menyebabkan peningkatan taraf pemberian pupuk P belum menunjukkan pengaruh positif terhadap hasil kedelai (Taufik *et al.*, 2007). Hasil ini berbeda dengan temuan Soedradjad dan Avivi (2005) bahwa dengan pemberian pupuk NPK mampu meningkatkan bobot biji kedelai.

#### Kandungan Lemak

Kandungan lemak kedelai tertinggi diperoleh dengan pemberian 180 g kompos blotong tanaman<sup>-1</sup> atau TKKS (Tabel 2). Kompos pada proses penguraianya menghasilkan sejumlah asam organik dan dari hasil beberapa penelitian diketahui bahwa asam organik dapat mencegah kerusakan membran sel. Mekanisme perlindungan asam organik ini terhadap kerusakan sel tanaman belum sepenuhnya dipahami, begitu juga aktivitas dan cara kerjanya bervariasi tergantung pada status fisiologis organisme dan karakteristik fisikokimia lingkungan eksternal (Ricke, 2003). Keluar masuknya senyawa dari dan ke dalam sel sangat dipengaruhi oleh kestabilan membran sel, hal ini diduga menyebabkan kedelai yang diberi pupuk organik memiliki kandungan lemak yang relatif lebih tinggi dibandingkan tanpa pupuk organik.

Peningkatan kandungan lemak pada kedelai yang diberi kompos blotong atau TKKS diduga disebabkan

keistimewaan dari kedua kompos ini. Blotong memiliki kandungan P yang lebih tinggi dibandingkan dengan dua kompos lainnya. Hal ini menyebabkan peningkatan ketersediaan P yang akan mempengaruhi keseimbangan larutan P dalam tanah, dan kondisi ini akan meningkatkan laju absorpsi hara P. Sebagaimana diketahui asam lemak adalah senyawa dengan rantai hidrokarbon alifatik panjang yang memiliki gugus asam karboksilat. Dalam tubuh tanaman asam lemak disintesis dengan perantara enzim *fatty acid sintetase* (FAS). FAS merupakan multi enzim karena memiliki tujuh enzim yang mempunyai fungsi berbeda dan membentuk kompleks *fatty acid synthase* (Heath *et al.*, 2002). Aktivitas pembentukan asam lemak ini sangat tergantung pada ketersediaan ATP pada sel tanaman. Jika kebutuhan energi dapat dipenuhi maka sintesis ATP dapat dipercepat yang pada gilirannya akan meningkatkan sintesis. Kedelai yang mendapat perlakuan kompos blotong memiliki kecukupan hara tentunya akan memiliki energi yang cukup untuk melakukan biosintesis asam lemak, hal inilah yang menyebabkan peningkatan kandungan lemak kedelai pada tanaman yang diberi kompos blotong. Fosfor secara langsung atau tidak mempengaruhi semua proses biologi tanaman (Shenoy dan Kalagudi, 2005). Peningkatan pemberian pupuk P meningkatkan kandungan lemak kedelai juga dilaporkan oleh Israel *et al.* (2007).

Peningkatan asam lemak pada kedelai yang diberi kompos TKKS diduga disebabkan kompos ini memiliki K yang relatif lebih tinggi (Tabel 3). Kalium dalam tubuh tanaman akan memicu peningkatan laju metabolisme karbohidrat, yang merupakan bahan dasar untuk pembentukan asam lemak.

#### Kandungan Protein

Protein kedelai tertinggi diperoleh pada tanaman yang diberi kompos blotong (Tabel 2). Kompos blotong selain menghasilkan asam organik pada proses dekomposisinya juga memiliki hara P yang lebih tinggi. Asam organik yang berada di sekitar perakaran mempengaruhi proses pengambilan dan ketersediaan hara P. Penyerapan dan ketersediaan P yang cukup pada kedelai yang diberi kompos blotong akan memberikan P yang cukup untuk proses metabolisme tanaman. Mitsuhashi *et al.* (2005) menyatakan akumulasi protein dalam biji ditentukan oleh kecukupan P tanaman. Oleh karenanya kekurangan P pada tanaman akan mengakibatkan rendahnya laju pertumbuhan, terhambatnya pembentukan nodul, dan mengubah laju pengambilan N dan/

Tabel 3. Kandungan hara pada berbagai jenis bahan organik

Jenis analisis	Pupuk kandang	Kompos TKKS	Kompos blotong
C-organik (%)	5.9	7.3	7.1
N-total (%)	0.9	1.0	0.9
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -total (%)	0.4	0.8	2.4
K <sub>2</sub> O (%)	0.3	1.7	0.2
Kadar air (%)	3.7	13.6	20.2

atau C per unit area (Hog-Jensen *et al.*, 2002) yang akhirnya berakibat pada akuisisi protein biji kedelai. Motlagh *et al.* (2012) juga melaporkan peningkatan kandungan protein canola (*Brassica napus* L.) sejalan dengan pemberian pupuk fosfor.

### KESIMPULAN

Kompos blotong mampu meningkatkan jumlah bintil akar efektif, bobot kering akar, bobot kering biji, dan protein dibandingkan tanpa kompos blotong. Kandungan lemak kedelai meningkat dengan pemberian blotong atau TKKS. Bobot kering tajuk tertinggi diperoleh pada pemberian kompos blotong dan pupuk P dengan dosis 0.45 g tanaman<sup>-1</sup>. Pemberian pupuk P tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan, hasil dan mutu kedelai.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bilyeu, K.D., Z. Peiyu, P. Coello, Z.J. Zhang, H.B. Krishnan, A. Bailey, P.R. Beuselinck, J.C. Polacco. 2008. Quantitative conversion of phytate to inorganic phosphorus in soybean seeds expressing a bacterial phytase. *Plant Physiol.* 146:468-477.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2011. Pertumbuhan Ekonomi Sumatera Utara. <http://www.bps.go.id> [13 juni 2013].
- Heath, R.J., S.W. White, C.O. Rock. 2002. Inhibitors of fatty acid synthesis as antimicrobial chemotherapeutics. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 58:695-703.
- Hog-Jensen, H., J. Schjoerring, J.F. Soussana. 2002. The influence of phosphorus deficiency on growth and nitrogen fixation of white clover plants. *Ann. Bot.* 90:745-753.
- Israel D.W., P. Kwanyuen, J.W. Burton, D.R. Walker. 2007. Response of low seed phytic acid soybeans to increases in external phosphorus supply. *Crop Sci.* 47:2036-2046.
- Mahamood, J., Y.A. Abayomo, M.O. Aduloju. 2009. Comparative growth and grain yield responses of soybean genotypes to phosphorous fertilizer application. *Afr. J. Biotechnol.* 8:1030-1036.
- Martre, P., R.P. Jhon, D.J. Peter, T. Eugene. 2003. Modelling grain nitrogen accumulation and protein composition to understand the sink/source regulations on nitrogen remobilization for wheat. *Plant Physiol.* 133: 1959-1967.
- Mitsubishi, N., M. Ohnishi, Y. Sekiguchi, K. Y.U. Kwon, Y.T. Chang, S.K. Chung, Y. Inoue, R.J. Reid, H. Yagisawa, T. Mimura. 2005. Phytic acid synthesis and vacuolar accumulation in suspension-cultured cells of *Catharanthus roseus* induced by high concentration of inorganic phosphate and cations. *Plant Physiol.* 138:1607-1614.
- Motlagh, S.M., P. Alireza, D. Babak. 2012. Effect of biological phosphorus and irrigation disruption on biomass, seed yield and protein content of canola (*Brassica napus* L). *Int. Res. J. Appl. Basic. Sci.* 3:961-967.
- Ningsih, R.D., A. Iswandi. 2004. Tanggapan tanaman kedelai terhadap inokulasi rhizobium dan asam indol asetat pada ultisol Darmaga. *Bul. Agron.* 32:25-32.
- Ricke, S.C. 2003. Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials. *Poultry Sci.* 82:632-639.
- Salon, C., N.G. Munier-Jolain, G. Duc, A.S. Voisin, D. Grandgirard, A. Larmure. 2001. Grain legume seed filling in relation to nitrogen acquisition: a review and prospects with particular reference to pea. *Agronomie* 21:539-552.
- Santoso, B., A. Sastrosupadi, Djumali. 2003. Pemanfaatan blotong dan fosfat alam pada tanaman rosela di lahan podsolik merah kuning Kalimantan Selatan. *J. Penelitian Industri* 9:109-115.
- Schiltz, S., N. Munier-Jolain, C. Jeudy, J. Burstin, C. Salon. 2005. Dynamics of exogenous nitrogen remobilization from vegetative organs in pea revealed by <sup>15</sup>N in vivo labeling throughout seed filling. *Plant Physiol.* 137:1463-1473.
- Schulze, W.X. 2005. Protein analysis in dissolved organic matter: What proteins from organic debris, soil chelat and surface water can tell us a perspective. *Biogeoscience* 2:75-86.
- Shenoy, V.V., G.M. Kalagudi. 2005. Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. *Biotech. Adv.* 23:501-513.
- Soedradjad, R., S. Avivi. 2005. Efek aplikasi *Synechococcus* sp. pada daun dan pupuk NPK terhadap parameter agronomis kedelai. *Bul. Agron.* 33:17-23.

Taufik, A., Heriyanto, M. Darman, Arsyad, S. Hardaningsih. 2007. Perbaikan budidaya kedelai di lahan kering masam Lampung. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 26:1.

Voisin, A.S., C. Salon, C. Jeudy, F.R. Warembourg. 2003. Root and nodule growth in *Pisum sativum* L. in

relation with photosynthesis: analysis using <sup>13</sup>C-labelling. Ann. Bot. 92:557-563.

Wahyudin, U.M. 2006. Pengaruh pemberian kapur dan kompos sisa tanaman terhadap aluminium dapat ditukar dan produksi tanaman kedelai pada tanah *Vertic Hapludult* dari Gajrug, Banten. Bul. Agron. 34:141-147.