Bul. Agron. 28 (1) 9 - 14 (2000)

Pengaruh Waktu dan Cara Pemberian N Sebagai Pupuk Tambahan terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine Max* (L.) Merr.) pada Budidaya Basah[1)]

The Effects of Time and Method of N Application as Additional Fertilizer on the Growth and Yield of Soybean (Glycine max (L.) Merr.) at Saturated Soil Culture

Sri Mulatsih[2)], Wahju Q. Mugnisjah[3)], Didy Sopandie[3)], dan Komaruddin Idris[3)]

ABSTRACT

An experiment was conducted at Muara Experimental Station, Research Institute of Food Crops Biotechnology, Bogor, from October 1996 to January 1997. Split block design was used in this experiment. Factors of experiment consisted of time of fertilizer application (3 weeks after planting (wap), 3 and 5 wap, and 3, 5 and 7 wap) and method of N fertilizer application (100% fertilizer through soil; 75% through soil, 25% through leaves; 50% through soil, 50% through leaves; 25% through soil, 75% through leaves; and 100% N through leaves). Results of the experiment showed that N application at 3 and 5 wap with 50% through soil and 50% through leaves increased grain dry weight to 11.4% if compared to100% N through foliar application. Time of N fertilizer application to 7 wap increased empty pod/plant to 31%. Method of N fertilizer application 100% through leaves damaged the soybean leaves.

Key words : Fertilization, Nitrogen, Soybean

PENDAHULUAN

Beberapa penelitian membuktikan bahwa produksi kedelai dengan teknik budidaya basah lebih tinggi daripada kedelai yang ditanam secara konvensional (Sumarno, 1986; Garside, Lawn, dan Byth, 1992; Raka, 1993). Pada budidaya basah, lapisan tanah di bawah perakaran menjadi jenuh air (Hunter, Jabrun, dan Byth, 1980). Matinya akar dan bintil akar di bawah permukaan air menyebabkan berkurangnya penyerapan nitrogen sehingga tanaman menunjukkan gejala klorosis (Ralph, 1985; Troedson *et al.*, 1983). Gangguan pertumbuhan akibat defisiensi N yang dialami oleh tanaman ini dapat ditanggulangi dengan memberikan pupuk N (Wiroatmodjo dan Sulistyono, 1991).

Untuk meningkatkan pertumbuhan kedelai diperlukan pemupukan N baik sebagai starter sebelum bintil mencapai perkembangan yang mampu memenuhi kebutuhan N-nya, maupun sebagai pupuk tambahan untuk memenuhi kebutuhan N yang tinggi pada saat pengisian polong (Zapata, *et al.*, 1987; Brevedans, Eagly, dan Leggett, 1981). Stadium tersebut merupakan *sink* yang kuat bagi fotosintat. Berkurangnya N karena meningkatnya pasokan energi ke bintil dapat membatasi hasil. Redistribusi N dari bagian vegetatif ke organ reproduktif memainkan peranan penting dalam menghasilkan protein tinggi dalam biji yang akan menyebabkan menurunnya aktivitas fisiologis daun. Oleh karena itu kekurangan N pada budidaya basah sebaiknya dikompensasikan dengan pemupukan melalui daun (Wiroatmodjo dan Sulistyono, 1991).

Suwarto *et al.* (1994), berdasarkan percobaan pot, melaporkan bahwa pemupukan
N sebanyak 25 kg/ha yang diberikan melalui tanah sebanyak 2/3 dosis dan 1/3 dosis melalui daun menghasilkan bobot biji kering lebih baik dibandingkan dengan kontrol dan pemupukan sebanyak 50 kg N/ha. Konsentrasi larutan urea yang disemprotkan oleh para peneliti itu adalah 1.6% atau 16 g urea per liter air, sesuai dengan hasil penelitian Troedson *et al.*, (1983). Wiroatmodjo dan Sulistyono (1991) menggunakan konsentrasi 3% atau 30 g urea per liter air, akan tetapi pada percobaan Raka (1993) penyemprotan dengan konsentrasi tersebut menyebabkan kerusakan daun. Walaupun mengalami kerusakan daun, hasil penelitian Raka (1993) menunjukkan bahwa pemupukan N tambahan sebanyak 0.6 g urea/tanaman yang diberikan melalui daun memberikan hasil 11% (Wilis) dan 14% (Lokon) lebih tinggi dibandingkan budidaya konvensional. Pada penelitian sebelumnya, Ghulamahdi dan Azis (1992) melaporkan bahwa pemupukan N dengan dosis 400 kg/ha menghasilkan bobot biji kering tertinggi (1762.7 kg/ha) dan bobot biji kering terendah diperoleh dari perlakuan tanpa pupuk N (184.1 kg/ha). Pupuk urea tersebut diberikan melalui tanah pada umur 2, 4, 6, dan 8 minggu setelah tanam.

Penelitian ini bertujuan melihat pengaruh waktu, cara pemberian N, dan interaksi antara waktu dan cara pemberian N terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai pada budidaya basah. Perlakuan yang diberikan didasarkan pada hasil penelitian Raka (1993), tetapi dengan menurunkan dosis pupuk N yang diberikan dan meningkatkan frekuensi penyemprotannya.

---

1) Bagian Tesis Program Pascasarjana IPB dari penulis pertama
2) Staf Pengajar Universitas Hazairin, Bengkulu
3) Staf Pengajar Fakultas Pertanian IPB

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di Kebun Percobaan Muara, Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan, Bogor, sejak bulan Oktober 1996 sampai dengan Januari 1997. Rancangan Kelompok Terbagi *(Split Block Design)* digunakan, terdiri dua faktor dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah waktu pemberian N tambahan, yaitu 3 minggu setelah tanam (MST) (W_1), 3 dan 5 MST (W_2), dan 3, 5, dan 7 MST (W_3). Faktor kedua terdiri dari lima taraf N tambahan tersebut yaitu 100% N diberikan melalui tanah (N_1), 75% N diberikan melalui tanah dan 25% melalui daun (N_2), 50% N diberikan melalui tanah dan 50% melalui daun (N_3), 25% N diberikan melalui tanah dan 75% melalui daun (N_4), dan 100% N diberikan melalui daun (N_5). Banyaknya pupuk N yang diberikan sebagai pupuk tambahan tersebut adalah 10 kg N/ha (0.2 g urea/tanaman).

Pupuk dasar yang digunakan adalah 30 kg N (urea/ha), 100 kg P_2O_5/ha (TSP), dan 100 kg K_2O/ha (KCl), seluruhnya diberikan pada saat tanam. Pupuk N (urea) tambahan melalui daun diberikan dengan menyemprotkan larutan pupuk tersebut (konsentrasi 3%) secara merata sehingga semua daun terkenai larutan tersebut.

Tanah diolah menggunakan traktor sedalam 25 cm lalu digemburkan dan diratakan. Selanjutnya dibuat petak-petak percobaan berukuran 2.5 m x 3.5 m. Setiap petak percobaan dikelilingi saluran atau parit dengan kedalaman 20 cm dan lebar 30 cm antar petak dalam blok dan lebar 50 cm antar blok. Penanaman benih kedelai varietas Wilis yang telah diinokulasi dengan rhizogen (5 g/kg benih) dan dirawat dengan carbofuran (20 g/kg benih) dilakukan dengan menugal 2 - 3 butir benih per lubang tanam pada kedalaman 3 cm dan jarak tanam 40 cm x 15 cm. Penyulaman atau pengurangan tanaman hingga menjadi 2 tanaman per lubang dilakukan pada 1 MST. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan setiap 2 minggu sejak tanaman berumur 2 MST. Pengendalian gulma dilakukan secara fisik dengan cara mencabut gulma yang tumbuh.

Budidaya basah diselenggarakan dengan membuat kondisi bedengan jenuh air secara terus-menerus sejak 2 MST sampai masak fisiologis. Caranya adalah dengan mengalirkan air melalui saluran di antara petak-petak percobaan dengan tinggi genangan dipertahankan maksimum 15 cm di bawah permukaan tanah.

Peubah yang diamati adalah pertumbuhan tanaman yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang, jumlah dan bobot kering bintil akar aktif, Indeks Luas Daun, Laju Asimilasi Bersih, Laju Tumbuh per tanaman, kandungan N daun (metode Kjeldahl), dan kandungan klorofil daun. Selain itu diamati pula peubah hasil dan komponen hasil yang meliputi jumlah buku subur, persen polong isi per tanaman, bobot biji kering per tanaman, bobot biji kering per ha, dan bobot 100 butir biji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadaan Umum Pertanaman

Kecambah kedelai mulai muncul di permukaan tanah 5 hari setelah tanam (HST) dan menjadi merata pemunculannya di seluruh petak percobaan pada 7 HST. Daun trifoliat pertama terbentuk sempurna pada umur 14 HST, pada saat ini air mulai dialirkan ke parit-parit di antara petak-petak percobaan. Satu minggu berikutnya mulai terlihat gejala penguningan daun, terutama daun yang muda; daun tua tetap berwarna hijau.

Gejala penguningan daun tersebut terjadi merata di semua petak percobaan, tetapi kemudian berangsur-angsur berkurang ketika tanaman memasuki umur 5 MST. Warna daun menjadi hijau kembali dan pertumbuhan tanaman terlihat cukup baik. Penyemprotan urea 100% melalui daun menyebabkan kerusakan daun dua hari berikutnya, tetapi kemudian daun berangsur-angsur membaik dengan munculnya pucuk baru. Akar tanaman tumbuh menyebar secara horisontal pada ketebalan $\pm$ 5 cm dari permukaan tanah jenuh air sampai dengan permukaan tanah petak percobaan. Umur panen tanaman menjadi lebih lama untuk semua perlakuan.

Pertumbuhan Tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa waktu pemberian N tidak berpengaruh nyata terhadap peubah yang diamati kecuali terhadap jumlah daun. Cara pemberian N berpengaruh nyata terhadap jumlah bintil akar aktif, tinggi tanaman, jumlah daun, dan indeks luas daun, tetapi tidak nyata terhadap peubah lainnya. Interaksi antara kedua faktor menunjukkan pengaruh nyata hanya terhadap tinggi tanaman.

Tabel 1 memperlihatkan pengaruh waktu dan cara pemberian N terhadap berbagai peubah yang diamati. Waktu pemberian N yang menghasilkan jumlah daun terbanyak adalah perlakuan pemupukan pada umur 3 dan 5 MST. Waktu pemberian N yang tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap peubah pertumbuhan lainnya diduga karena jumlah N yang diberikan sama dan N total yang ada dalam tanah dalam jumlah yang rendah (0.11%). Di samping itu, hasil analisis kandungan N daun berkisar 4.85% - 5.06%. Menurut Small dan Ohlrogge *dalam* Suwarto *et al.* (1994) batas kadar N daun yang mencukupi untuk tanaman kedelai adalah antara 4.62% - 5.50%. Pada periode vegetatif sampai inisiasi bunga, penambatan N masih rendah sehingga pada saat tersebut perlu pemupukan N. Nitrogen merupakan komponen penyusun asam amino, protein, amida, nukleotida, dan nukleoprotein yang berfungsi dalam pembelahan sel dan pertumbuhan (Fujita, Masuda, dan Ogata, 1991).

Cara pemberian N 50% melalui tanah 50% melalui daun memberikan jumlah daun, jumlah bintil akar aktif, dan indeks luas daun tertinggi (Tabel 1). Pemberian N sebagian melalui tanah (50%) dan sebagian melalui daun (50%) memungkinkan perkembangan bintil akar tetap baik yang ditunjukkan pula dengan jumlah daun yang banyak (Fujita *et al.*, 1991).

Tabel 1. Pengaruh waktu dan cara pemberian N terhadap pertumbuhan kedelai

Perlakuan	Jumlah daun	Jumlah cabang	Jumlah bintil akar	Bobot kering bintil akar (g/tan.)	Indeks luas daun	Laju tbh/ tan. (g/hr)	Laju asimilasi Bersih (g/cm^2/hari)	Kand. N-daun (%)	Kand. Klorofil. (%)
				Waktu Pemberian N					
3 MST	12.3b	2.9	23.2	0.018 b	3.42	0.36	0.0011 a	5.06	4.81
3 dan 5 MST	13.4a	3.2	21.8	0.022 a	3.29	0.33	0.0007 b	4.97	3.87
3,5,dan7 MST	11.8c	2.8	21.2	0.018 b	3.38	0.34	0.0008 b	4.85	4.22
Cara Pemberian N									
100% N-tanah	11.8b	3.1	21.4bc	0.020	3.44b	0.31	0.0020 a	4.76	3.99
75 % N-tanah, 25 %-daun	12.3b	2.9	23.8ab	0.020	3.50ab	0.39	0.0007 b	4.87	4.62
50 % N-tanah, 50 %-daun	14.2a	3.2	25.3a	0.020	3.54a	0.35	0.0006 b	5.06	4.35
25 % N-tanah, 75 %-daun	12.5b	2.8	21.3bc	0.023	3.26b	0.32	0.0006 b	4.93	4.38
100 % N-daun	11.7b	2.8	18.8c	0.013	3.07c	0.34	0.0008 b	5.18	4.17

Keterangan: Angka-angka sekolom dalam faktor perlakuan yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%

Dikemukakan pula bahwa pemberian N dosis tinggi menurunkaninfeksi bakteri Rhizobium melalui bulu akar dan jumlah bintil akar, sekaligus menghambat enzim nitrogenase.

Tabel 2 memperlihatkan pengaruh interaksi kedua faktor perlakuan yang dicobakan terhadap tinggi tanaman kedelai. Tanaman yang tertinggi diperoleh pada perlakuan waktu pemberian N 3, 5, dan 7 MST dengan cara pemberian N 75% melalui tanah 25% melalui daun, tetapi tidak berbeda nyata dengan tinggi yang diperoleh dari waktu pemberian 3 MST dengan cara yang sama, waktu pemberian 3 dan 5 MST, serta 3, 5, dan7 MST dengan cara pemberian N 50% melalui tanah 50% melalui daun.

Tabel 2. Pengaruh interaksi waktu dan cara pemberian N terhadap tinggi tanaman (cm) kedelai

Cara Pemberian N	Waktu Pemberian N		
	3 MST	3 dan 5 MST	3, 5, dan 7 MST
100 % N-tanah	54.25 bc	52.25 c	54.92 bc
75 % N-tanah,25 %-daun	57.58 ab	52.25 c	59.83 a
50% N-tanah,25 %-daun	56.63 b	57.25 ab	58.25 ab
25% N-tanah,75%-daun	52.26 c	56.08 b	52.33 c
100 % N-daun	55.58 bc	54.33 bc	53.08 bc

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata padauji BNT 5 %.

Hasil dan Komponen Hasil

Analisis ragam menunjukkan bahwa waktu pemberian N hanya berpengaruh nyata terhadap persen polong hampa per tanaman (taraf 5%) dan kandungan N biji (taraf 1%), sedangkan cara pemberian N terhadap persen polong isi (taraf 5%), bobot biji kering per hektar (taraf 1%), dan kandungan N biji (taraf 1%). Interaksi waktu dan cara pemberian N berpengaruh nyata terhadap persen polong hampa per tanaman (taraf 1%), bobot biji kering per ha (taraf 5%), dan kandungan N biji (taraf 1%), tetapi tidak nyata terhadap jumlah buku subur, persen polong isi per tanaman, bobot biji kering per tanaman, dan bobot 100 butir biji kedelai.

Pada Tabel 3 terlihat bahwa cara pemberian N 50% melalui tanah 50% melalui daun memberikan persen polong isi, bobot biji kering/tanaman dan bobot biji kering/ha tertinggi. Eagly, Guffy, dan Leggett (1985) menyimpulkan bahwa kondisi pertumbuhan kedelai baik sebelum maupun pada fase pembungaan dan pembentukan polong sangat menentukan jumlah polong dan jumlah biji yang dihasilkan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa umur 6 - 8 MST merupakan fase pembungaan dan pemben-tukan polong. Pada fase pertumbuhan vegetatif terlihat bahwa cara pemberian N 50% melalui tanah, 50% melalui daun memberikan jumlah daun, jumlah bintil akar, dan indeks luas daun yang tinggi (Tabel 1). Jumlah daun dan indeks luas daun yang besar memungkinkan laju fotosintesis berjalan aktif, sedangkan jumlah bintil akar aktif yang banyak memungkinkan aktivitas fiksasi N meningkat dan dapat menjamin terbentuknya polong dan biji dengan jumlah lebih tinggi.

Tabel 3. Pengaruh waktu dan cara pemberian N terhadap hasil dan komponen hasil kedelai

Perlakuan	Jumlah Buku subur	Polong isi/ tanaman (%)	Bobot biji kering/ tanaman (g)	Bobot biji kering/ha (t)	Bobot 00 butir biji (g)
Waktu Pemberian N					
3 MST	21.2	76.8b	4.79	1.15	7.53
3 dan 5 MST	22.4	79.0a	4.64	1.12	7.55
3,5,dan7MST	21.7	73.2c	4.58	1.13	7.43
Cara Pemberian N					
100 % N-tanah	22.6	74.7c	4.90b	1.33 b	7.44
75%N-tanah, 25%-daun	22.1	77.0b	4.89b	1.30 b	7.49
50%N-tanah, 50%-daun	22.8	79.7a	5.19a	1.40 a	7.87
25%N-Tanah, 75%-daun	20.4	75.7b	4.26bc	1.25 b	7.24
100 % N-daun	20.4	75.0c	4.11c	1.23 b	7.48

Keterangan: Angka sekolom dalam faktor perlakuan yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNT 5 %

Walaupun jumlah buku subur dan jumlah cabang tidak nyata dipengaruhi oleh cara pemberian N (Tabel 3), dari perlakuan 50% N diberikan melalui tanah 50% melalui daun diperoleh jumlah buku subur dan jumlah cabang tertinggi. Peningkatan jumlah buku subur juga berkaitan dengan tinggi tanaman dan jumlah cabang. Buku subur merupakan tempat terbentuk bunga yang selanjutnya membentuk polong. Jumlah buku yang lebih tinggi berarti mempunyai potensi tempat tumbuh polong lebih tinggi yang ditunjukkan pula oleh persen polong isi yang tinggi (Tabel 3). Wiroatmodjo dan Sulistyono (1991) melaporkan pula bahwa pemupukan urea sebagian melalui tanah dan sebagian melalui daun dengan takaran 0.6 g/tanaman dapat meningkatkan hasil 20.94 %.

Tabel 4 memperlihatkan bahwa waktu pemberian N pada umur 3 dan 5 MST dengan cara 50% diberikan melalui tanah 50% melalui daun menghasilkan persen polong hampa terendah dan bobot biji kering per hektar tertinggi. Hal ini dimungkinkan karena pada umur 3 MST aktivitas bintil akar baru efektif dan umur 5 MST merupakan awal periode reproduktif. Periode ini merupakan *sink* yang kuat bagi fotosintat dan berkurangnya N karena meningkatnya pasokan energi ke bintil dapat membatasi hasil. Redistribusi N dari bagian vegetatif ke organ reproduktif memainkan peranan penting dalam menghasilkan protein biji yang tinggi, sebagaimana yang ditunjukkan dalam Tabel 4. Garcia dan Hanway (1985) melaporkan bahwa pemupukan melalui daun pada periode pembungaan merupakan cara yang cocok untuk meningkatkan hasil biji kedelai.

Tabel 4. Pengaruh waktu dan cara pemberian N terhadap polong hampa per tanaman, bobot biji kering per ha, dan kandungan N biji

Cara Pemberian N	Waktu Pemberian N		
	3 MST	3 dan 5 MST	3,5, dan 7 MST
		Persen polong hampa per tanaman	
100 % N-tanah	24 bc	21 c	31 a
75%N-tanah, 25%-daun	22 c	21 c	26 b
50%N-tanah, 50%-daun	21 c	16 d	24 bc
25%N-tanah, 75%-daun	24 bc	22 c	27 b
100 % N-daun	25 b	24 bc	26 b
		Bobot biji kering per hektar (ton/ha)	
100 % N-tanah	1.32 bcd	1.32 bcd	1.34 bc
75%N-tanah, 25%-daun	1.28 cd	1.26 d	1.35 bc
50%N-tanah, 50%-daun	1.38 b	1.48 a	1.34 bc
25%N-tanah, 75%-daun	1.27 d	1.26 d	1.22 d
100 % N-daun	1.29 cd	1.24 d	1.15 e
		Kandungan N biji (%)	
100 % N-tanah	4.70 a	5.93 c	5.85 bc
75%N-tanah, 25%-daun	5.75 b	5.82 bc	5.87 bc
50%N-tanah, 50%-daun	6.11 d	5.97 cd	5.88 bc
25%N-tanah, 75%-daun	6.03 d	6.14 de	5.92 c
100 % N-daun	6.09 d	6.05 d	4.72 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%.

Dikemukakan pula bahwa pemupukan N langsung melalui daun pada periode yang tepat dapat membantu tanaman segera mengatasi penurunan laju fotosintesis dan sintesis protein. Pemupukan N sampai 7 MST dengan cara seluruh N diberikan melalui tanah menghasilkan persen polong hampa tertinggi dan, karenanya, bobot kering biji per ha dan kandungan N biji yang masih terbilang tinggi (Tabel 4) akibat adanya perbaikan dalam pengisian polong isi. Di pihak lain, translokasi fotosintat dari daun untuk pembentukan dan perkembangan biji menyebabkan hanya sedikit fotosintat yang ditranslokasikan ke akar dan organ-organ vegetatif lainnya, terbukti dengan hasil pengamatan dengan nilai yang rendah dalam Tabel 1.

Hal tersebut mengakibatkan tertekannya pertumbuhan akar yang lama-kelamaan akan menyebabkan matinya bintil akar (Tabel 1). Oleh karena itu penyerapan hara dari dalam tanah terhambat (Mimbar, 1990). Menurut Boote *et al.* (1979), bila pada saat itu pemberian pupuk dilakukan melalui tanah, akar menjadi tidak efektif karena tidak dapat menyerap unsur hara dengan baik dan penambatan N oleh bintil akar pun terganggu sehingga kebutuhan unsur hara tanaman tidak tercukupi.

DAFTAR PUSTAKA

Boote, K. J., R. N. Gallaher, W. K. Robertson, K. Hinson, L. C. Hammond. 1979. Effect of foliar fertilization on photosynthesis, leaf nutrition, and yield of soybean. Agron. J. 70(5):781-791.

Brevedans, R. E., D. B. Eagly, J. E. Leggett. 1981. Influence of N nutrition on flower and pod abortion and yield of soybean. Agron. J. 70:81-84.

Eagly, D. B., R. D. Gyffy, J. E. Leggett. 1985. Partitioning of assimilate between vegetative and reproductive growth in soybean. Agron. J. 77:917-922.

Fujita, K., T., O. Masuda, S. Ogata. 1991. Effect of pod removal of fixed N ($^{15}N_2$) export from soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) nodules. Soil Sci. Plant. Nutr. 37(3):463-469.

Garcia, L. R., J. J. Hanway. 1985. Foliar fertilization of soybean during the seed filling period. Agron. J. 68:653-657.

Garside, A. L., R. L. Lawn, D. E. Byth. 1992. Irrigation management of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in semi arid tropical environment : 1. Effect of irrigation frequency on growth, development and yield. J. Agric. Res. 43(5):1005-1021.

Ghulamahdi, M., S. A. Azis. 1992. Pengaruh pupuk N dan Zn terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai pada budidaya jenuh air. Bul. Agr. 21(1):37-45.

Hunter, M. N., P. L. M. de Jabrun, D. E. Byth. 1980. Response of nine soybean lines to soil moisture conditions close to saturation. Aust. J. of Exp. Agric. and Animal Husbandry. 20:339-345.

Mimbar, S. M. 1990. Pemupukan N-urea melalui daun pada kedelai Wilis. Agrivita. 13:1-7.

Ralph, W. 1985. Soybean response to controlled water logging. ACIAR. Food Legumes. Newsletter 3:4-8.

Raka, I. G. N. 1993. Studi Produksi Benih Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) dengan budidaya basah. Tesis. Program Pascasarjana. Bogor.

Sumarno. 1986. Response of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) genotypes to continous saturated culture. Indonesian J. Sci. 2(2):71-78.

Suwarto, W. Q. Mugnisjah, D, Sopandie, A. K. Makarim, A. K. 1994. Pengaruh pupuk nitrogen dan tinggi muka air tanah terhadap pertumbuhan bintil akar, pertumbuhan dan produksi kedelai. Bul. Agr. 22(2):1-15.

Troedson, R. J., Lawn, B. D. E. Byth, G. L. Wilson. 1983. Saturated soil culture an innovative water management option for soybean in tropic and subtropic, hal 171- 180. *In* S. Shanmugasundaram and E. W. Sulberger (*eds.*) Soybean in Tropical and Subtropical Cropping System. Proc. of Symp. Tsukuba. Japan.

Wiroatmodjo, J., Sulistyono, E. 1991. Perbaikan budidaya basah kedelai. Bul. Agron. 21 (1) : 27-31.

Zapata, F., S. K. A. Danso, G.Hardarson, M. Fried. 1987. Time course of nitrogen fixation in field grown soybean using nitrogen- 15 methodology. Agron. J. 79 : 172-176.