Bul. Agron. 25(1): 19-26 (1997)

EFISIENSI SERAPAN UNSUR ^{15}N-UREA DAN PROPORSI FIKSASI N OLEH TANAMAN KEDELAI TIDAK BERKOTILEDON PADA BUDIDAYA JENUH AIR

(^{15}N-Urea uptake efficiency and N-fixation proportion by cotyledons-detached plant of soybean grown under saturated soil culture)[1]

Sholeh Avivi, Wahju Q. Mugnisjah, Komarudin Idris, dan Elsye L. Sisworo[2)]

ABSTRACT

This pot experiment was aimed to evaluate the influences of cotyledons detachment at seedling srage on the efficiency of labelled N-urea uptake and proportion of N-fixation by soybean cv. Wilis grown under saturated soil culture. Based on the result of preliminary experiment, cotyledons detachment was held at 7 days after sowing (das). The cotyledons detachmnet significantly reduced N-urea uptake efficiency and N-fixed proportion. The N-urea uptake efficiency at 21days, R4, R5, R6, and R8 stages by cotyledons-detached plant were 30.5 %, 24.6 %, 23.7 %, 24.0 %, and 22.4 5 of the total N assimilated. Those of the cotyledons undetached-plant (control plant), the value were 31.6 %, 24.0 5, 24.7 %, 23.7 %, and 23.6 % respectively. At R8 stage, the cotyledons-detached plant has the amount of N-fixed proportion of 54.2 and N-soil of 23.4 %, whereas those of the control one had the amount of 49.7 and 26.7 % respectively. N-urea uptake, N-fixed, and N-soil uptake by the cotyledons-detached plant were lower than that of the control one (i.e. 69, 80, and 64 5 of the control respectively). The cotyledons detachment also result in inferior vegetative and productive growth of the plant in terms of decreased root dry weight (21.1 %), leave dry weight (18.8 %), plant dry weight (26.7 %), pot dry weight (23.8 %), grain number/pot (32.8 %), and grain dry weight (26.9 %). It seems that the lower growth and yield of the cotyledons-detached soybean palnt were caused by the lower total N-uptake due to cotyledons detachment.

RINGKASAN

Percobaan pot ini bertujuan mengetahui pengaruh pemetikan kotiledon pada fase bibit terhadap efisiensi serapan N yang berasal dari pupuk urea bertanda (N-urea) dan proporsi fiksasi N (N-fiksasi) oleh tanaman kedelai varietas Wilis yang dibudidayakan secara jenuh air. Berdasarkan hasil percobaan pendahuluan, pemetikan kotiledon dilakukan pada saat tanaman berumur 7 hari setelah tanam (HST). Pemetikan kotiledon ternyata mengurangi efisiensi serapan N-urea dan proporsi N-fiksasi. Efisiensi serapan N-urea pada fase 21 HST, R4, R5, R6, dan R8 oleh tanaman yang dipetik kotiledonnya masing-masing adalah 30.5%, 24.6%, 23.7%, 24.0%, dan 22.4% dari total N yang diasimilasi. Pada tanaman yang tidak dipetik kotiledonnya nilai tersebut masing-masing 31.6%, 24.0%, 24.7%, 23.7%, dan 23.6%. Pada fase R8, tanaman yang dipetik kotiledonnya memiliki proporsi N-fiksasi sebesar 54.2% dan N-tanah sebesar 23.4%, sedangkan yang tidak dipetik kotiledonnya memiliki proporsi N-fiksasi 49.7% dan N-tanah 26.7%. Serapan N-urea, N-fiksasi, dan N-tanah oleh tanaman yang dipetik kotiledonnya lebih rendah (masing-masing 69, 80, dan 64%) daripada oleh tanaman yang tidak dipetik kotiledonnya. Pemetikan kotiledon juga menyebabkan pertumbuhan vegetatif dan reproduktif kedelai yang lebih jelek, yaitu berupa pengurangan bobot kering akar (21.1%), bobot kering daun (18.8%), bobot kering tanaman (26.7%), bobot kering polong (23.8%), jumlah biji tiap pot (32.8%), dan bobot kering biji tiap pot (26.9%). Pengurangan dalam pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai yang dipetik kotiledonnya itu tampaknya disebabkan oleh total serapan N yang lebih rendah akibat pemetikan kotiledon.

1) Bagian dari tesis penulis kesatu dalam Program Pascasarjana (S2) IPB

2) Penulis kesatu adalah mahasiswa S3 IPB, penulis kedua dan ketiga dosen IPB, dan penulis keempat peneliti PAIR-BATAN

PENDAHULUAN

Penanaman padi terus-menerus sepanjang tahun dapat merugikan dipandang dari beberapa segi, antara lain: (1) usaha penganekaragaman tanaman, (2) pengendalian hama dan penyakit, dan (3) pelestarian sumber daya alam dan lingkungan. Di samping itu, budidaya tanaman sejenis terus-menerus dengan tenggang waktu singkat antar pertanaman dapat meningkatkan kehilangan nitrogen dari dalam tanah dan mempercepat penurunan kualitas lahan (People dan Herridge, 1990). Untuk mengurangi beberapa kerugian di atas, salah satu pertanaman padi pada pola tanam padi-padi-padi sebaiknya digantikan oleh kedelai.

Beberapa penelitian pada dekade terakhir ini menunjukkan secara konsisten bahwa tanaman kedelai dapat menyesuaikan diri dan tumbuh baik pada keadaan lahan jenuh air (Troedson, Lawn, Byth, dan Wilson, 1983; Ralph, 1985; Power, 1990; Raka, 1993). Penelitian lain menunjukkan bahwa peningkatan produksi kedelai pada budidaya jenuh air itu disebabkan oleh pertumbuhan akar dan aktivitas bintil akar yang lebih baik (Lawn, 1985; Power, 1990).

Ratriyanti (1981) mengemukakan bahwa pemetikan kotiledon dari tanaman kedelai pada umur tertentu yang dibudidayakan secara konvensional dapat meningkatkan daya berkecambah benih. Sejalan dengan hasil ini, Fahmi (1993) melaporkan tentang peningkatan kecepatan tumbuh dan viabilitas benih kedelai akibat perlakuan tersebut. Menurut hasil penelitian Pertamawati (1993), pemetikan kotiledon dari kecambah kedelai yang ditanam secara *in-vitro* mampu merangsang pertum buhan dan perkembangan kecambah tersebut, yakni terlihat lebih vigor dan kondisi peraka rannya lebih bagus. Berdasarkan hasil-hasil per cobaan tersebut, diperkirakan bahwa pengaruh positif dari pemetikan kotiledon berhubungan dengan meningkatnya efisiensi serapan hara oleh akar.

Pada budidaya jenuh air rizosfer hanya terbatas pada kedalaman permukaan tanah 0 – 15 cm saja sehingga aktivitas dan pertumbuhan akar yang lebih baik perlu diupayakan. Pemetikan kotiledon dari tanaman kedelai muda diharapkan dapat memperbaiki sistem perakaran tanaman itu.

Dalam penelitian ini ingin diketahui seberapa besar pengaruh pemetikan kotiledon pada budidaya jenuh air dapat memperbaiki efisiensi serapan nitrogen dari pupuk urea (N-urea) dan proporsi fiksasi N2 (N-fiksasi) oleh tanaman kedelai.

BAHAN DAN METODE

Percobaan ini menggunakan kedelai varietas Wilis dan varietas CV yang ditanam dalam pot bermedium tanah Inceptisol. Kedelai varietas CV adalah kedelai tidak berbintil koleksi Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR), Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN), Pasar Jum'at, Jakarta, yang digunakan sebagai tanaman baku untuk menentukan N-fiksasi udara. Percobaan diselenggarakan sejak bulan Mei sampai bulan Agustus 1995 di rumah kaca PAIR-BATAN.

Percobaan Pendahuluan

Tujuan percobaan ini adalah mengetahui waktu pemetikan kotiledon yang tepat dari kedelai varietas Wilis untuk digunakan dalam percobaan yang sebenarnya (percobaan I dan II).

Percobaan dilakukan dengan lima perlakuan pemetikan kotiledon yaitu kontrol (tanpa pemetikan kotiledon) dan pemetikan kotiledon pada 6, 7, 8, dan 9 HST. Percobaan ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan 12 ulangan (12 bibit). Benih ditanam pada media kertas merang untuk mendapatkan kecambah yang akan diperlakukan dengan pemetikan kotiledon tersebut.

Pengamatan bibit dilakukan dengan menimbang bobot kering akar pada 14 HST. Data dianalisis ragamnya, dilanjutkan dengan uji nilai tengah BNT bila analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh perlakuan yang nyata.

Percobaan I dan II

Tujuan Percobaan I adalah memperoleh informasi mengenai efisiensi serapan N-urea yakni persentase N yang berasal dari pupuk, diukur menggunakan urea bertanda 15N dengan metode Zapata (1990).

Kedelai yang digunakan adalah varietas Wilis. Perlakuan terdiri atas dua faktor yaitu pemetikan kotiledon dan waktu panen. Pemetikan kotiledon terdiri atas dua macam: kotiledon tidak dipetik atau dibiarkan gugur dan kotiledon dipetik pada 7 HST. Waktu panen terdiri atas lima macam: waktu panen 21 HST, waktu panen pada fase R4, waktu panen pada fase R5, waktu panen pada fase R6, dan waktu panen pada fase R8. Penetapan fase reproduktif tanaman dilakukan menurut kriteria Fehr dan Caviness (1979).

Percobaan disusun secara faktorial menggunakan rancangan acak lengkap dengan 4 ulangan. Peubah agronomik yang diamati terdiri dari bobot kering akar, batang, daun, dan polong, jumlah buku, jumlah bintil, dan proporsi jumlah bintil efektif. Data dianalisis ragamnya, dilanjutkan dengan uji nilai tengah Kontras Ortogonal bila pengaruh aditif dalam analisis ragam nyata.

Percobaan II bertujuan mengetahui proporsi N berasal dari fiksasi (N-fiksasi), dari pupuk urea (N-urea), dan dari tanah (N-tanah) yang diambil oleh tanaman kedelai yang dipetik kotiledonnya.

Perlakuan pemetikan kotiledon terdiri dari kontrol (tanpa pemetikan) dan pemetikan pada umur tanaman berumur 7 HST, dengan empat ulangan.

Kedelai yang digunakan adalah varietas Wilis dan varietas CV. Penentuan N-fiksasi diukur pada fase R8 dengan metode yang digunakan oleh Hardarson dan Danso (1990). Peubah agronomik yang diamati pada fase R8 adalah bobot kering brangkasan, jumlah biji tiap pot, dan bobot kering biji tiap pot.

Sebelum dilakukan penanaman, baik pada percobaan I maupun percobaan II, benih kedelai terlebih dahulu dicampur dengan Rhizogen (sebanyak 5 g tiap kg benih), untuk menjamin terbentuknya bintil akar, dan dengan Marshall (sebanyak 20 g tiap kg benih), untuk mencegah serangan lalat bibit. Penanaman dilakukan tiga hari setelah pemupukan dasar, masing-masing sebanyak 5 butir benih tiap pot. Pupuk dasar yang digunakan adalah TSP, KCl, dan $ZnSO_4$ dengan takaran 200 ppm P_2O_5, 150 ppm K_2O, dan 5 ppm Zn. Pupuk dasar dalam bentuk larutan ini diberikan ke dalam tanah, kemudian diaduk sampai homogen.

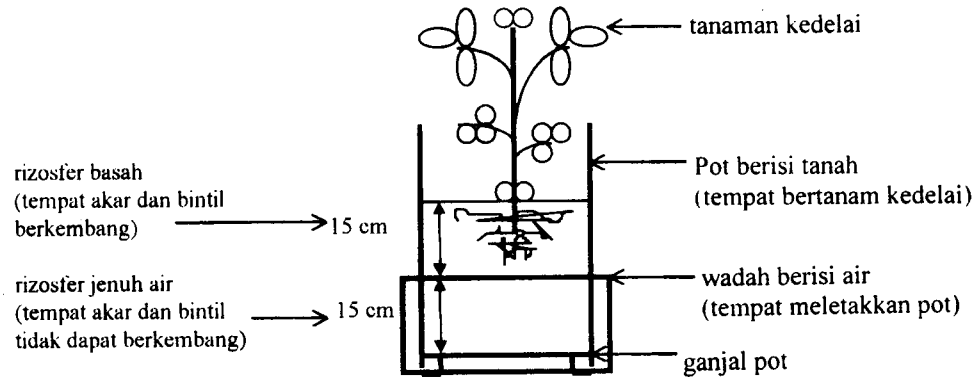
Satu minggu setelah tanam dilakukan penjarangan tanaman menjadi dua tanaman tiap pot. Tanaman yang tidak digunakan dibenamkan ke dalam tanah. Pemupukan urea bertanda ^{15}N dilakukan sehari setelah penjarangan. Kedelai berbintil (varietas Wilis) dipupuk dengan urea sebanyak 270 mg/pot, setara dengan 30 kg N/ha; kedelai tidak berbintil (varietas CV) dipupuk dengan urea sebanyak 1780 mg/pot, setara dengan 100 kg N/ha. Di samping itu dilakukan penyemprotan larutan urea biasa melalui daun pada umur 4 dan 7 minggu setelah tanam dengan konsentrasi 8 g urea tiap liter air, sedangkan dosisnya 20 ml tiap tanaman.

Budidaya jenuh air dilakukan dengan memberikan air ke dalam pot hingga dicapai ketinggian -15 cm dari permukaan tanah (Gambar 1). Ketinggian air ini dipertahankan terus sejak tanaman berumur 2 minggu sampai fase R7. Penambahan air dilakukan setiap pagi dan sore hari saat ketinggiannya berkurang. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan sejak tanaman berumur 2 minggu sampai menjelang panen, dengan selang waktu seminggu sekali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan Pendahuluan

Pemetikan kotiledon tidak berpengaruh nyata terhadap bobot kering akar (Tabel 1). Hasil percobaan ini berbeda dengan yang diperoleh Pertamawati (1993), bahwa pemetikan kotiledon berpengaruh positif terhadap perakaran, yaitu akar tampak lebih vigor dibanding kontrol. Perbedaan ini diduga disebabkan kecambah



Gambar 1. Tinggi Permukaan Air dalam Budidaya Jenuh Air pada Percobaan Pot

Tabel 1. Bobot Kering Akar Tanaman Kedelai Varietas Wilis Berumur 14 HST akibat Pemetikan Kotiledon

Peubah	Waktu Pemetikan Kotiledon				
	Kontrol	6 HST	7 HST	8 HST	9 HST
Bobot Kering Akar (mg/pot)	7.45	7.04	7.93	6.99	6.93

kedelai pada percobaan Pertamawati ditanam dalam kultur *in-vitro* dengan media MS sehingga hara dalam keadaan cukup. Pemetikan kotiledon dalam kondisi ini merangsang pertumbuhan akar menjadi lebih aktif dibandingkan dengan kontrol. Dalam media kertas merang, yang dilakukan dalam percobaan ini, kandungan hara sangat sedikit (Sadjad, 1972).

Untuk percobaan selanjutnya dipilih perlakuan pemetikan kotiledon pada 7 HST. Hal ini disebabkan di antara pemetikan kotiledon yang dicobakan, perlakuan tersebut menghasilkan nilai rata-rata bobot kering akar tertinggi meskipun tidak berbeda nyata dengan kontrol.

Percobaan I

Efisiensi serapan N-urea semakin menurun dengan bertambahnya umur tanaman (Tabel 2). Penurunan efisiensi serapan hara ini disebabkan adanya tambahan serapan hara berasal dari fiksasi dan adanya pengenceran konsentrasi ^{15}N dalam tanaman dengan bertambah besarnya tanaman sejalan dengan bertambahnya umur tanaman.

Serapan N-urea semakin meningkat dengan bertambahnya umur tanaman (Tabel 2). Hal ini disebabkan N-urea diakumulasi di dalam tanaman dan akumulasi tersebut akan semakin tinggi dengan semakin bertambahnya umur tanaman. Jumlah bintil juga meningkat dengan bertambahnya umur tanaman, tetapi persentase efektif bintil akar semakin menurun (Tabel 3). Hal ini berarti bahwa meskipun jumlah bintil bertambah dengan semakin lanjutnya umur tanaman, semakin banyak pula bintil yang mati.

Pemetikan kotiledon nyata mengurangi serapan N-urea total, tetapi tidak mempengaruhi efisiensi serapan N-urea (Tabel 2). Pemetikan kotiledon pada budidaya jenuh air juga nyata

Tabel 2. Serapan dan Efisiensi N-urea oleh Tanaman Kedelai Varietas Wilis pada Berbagai Umur Panen dan Pemetikan Kotiledon

Peubah	Waktu Panen dan Pemetikan Kotiledon									
	21 HST		R4		R5		R6		R8	
	T	D	T	D	T	D	T	D	T	D
Serapan N-urea (mgN/pot)	20 a	11 b	162 a	141 b	228 a	178 b	409 a	402 b	749 a	530 b
Efisiensi serapan N-urea (%)	31.6a	30.5a	24.0a	24.7a	24.7a	23.7a	23.6a	23.9a	23.5 a	22.3a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada fase pertumbuhan tanaman yang sama tidak berbeda nyata dengan uji kontras ortogonal 5%.
T = tanaman tidak dipetik kotiledonnya; D= tanaman dipetik kotiledonnya

menurunkan nilai tengah berbagai peubah pertumbuhan tanaman yang diamati (Tabel 4). Penurunan masing-masing dari kontrol mencapai 21.1, 18.8, 23.8, 8.3, dan 30.1% untuk bobot kering akar, bobot kering daun, bobot kering polong, jumlah buku, dan jumlah bintil. Diduga pemetikan kotiledon (pada umur 7 HST) menyebabkan tanaman mengalami cekaman (*stress*). Hal ini terjadi karena translokasi cadangan makanan dari kotiledon masih diperlukan bagi pertumbuhan tanaman muda (McKay, 1961; Meyer, Anderson, dan Bohning, 1963), yang pada kedelai dilaporkan setidaknya hingga tanaman berumur 14 hari (Hanway dan Thompson, 1967). McAlister dan Krober (1951) dan Mahlstede dan Haber (1957) bahkan melaporkan bahwa kotiledon yang belum gugur dari tanaman muda dapat berubah fungsi menjadi organ fotosintesis. Fungsi fotosintetik dari kotiledon tersebut, menurut Lovell dan Moore (1970, 1971), dapat demikian efisien dengan makin berkurangnya peran kotiledon sebagai

Tabel 3. Jumlah Bintil dan Bintil Efektif dari Tanaman Kedelai Varietas Wilis pada Berbagai Waktu Panen

Peubah	Waktu Panen			
	R4	R5	R6	R8
Jumlah Bintil/pot	63.7 a	88.0 a	154.8 b	276.5 c
Bintil Efektif (%)	98.6 a	93.5 a	77.3 b	4.3 c

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama tidak berbeda nyata dengan uji kontras ortogonal 5%.

Tabel 4. Pertumbuhan Tanaman Kedelai Varietas Wilis dan Bintil Akarnya akibat Pemetikan Kotiledon

Pemetikan Kotiledon	Bobot Kering (BK) Akar (g/pot)	BK Batang (g/pot)	BK Daun (g/pot)	BK Polong (g/pot)	Jumlah Buku per pot	Jumlah Bintil per pot
Tidak Dipetik	2.61 b	10.10 a	10.49 b	8.27 b	13.3 b	171.7 b
Dipetik	2.06 a	9.05 a	8.52 a	6.30 a	12.2 a	120.0 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama tidak berbeda nyata dengan uji kontras ortogonal 5%.

pemasok energi. Karena itu, terdapat kemungkinan bahwa pengaruh negatif dari pemetikan kotiledon bagi pertumbuhan tanaman kedelai selanjutnya menjadi diperberat oleh teknik budidaya yang menyebabkan perakaran terjenuhi air sejak tanaman berumur 14 hari.

Percobaan II

Pada tanaman baku kedelai varietas CV diperoleh proporsi N-urea dan N-tanah sebagaimana yang disajikan dalam Tabel 5. Sumber nitrogen tanaman baku hanya berasal dari pupuk dan tanah, karena itu nilai proporsi N-tanah tanaman ini didapatkan dengan cara mengurangkan nilai proporsi N-urea terhadap nilai 100. Untuk memperoleh nilai proporsi N-fiksasi tanaman kedelai varietas Wilis diperlukan informasi nisbah proporsi N-urea/proporsi N-tanah yang diperoleh tanaman baku. Kemudian nilai nisbah tersebut digunakan untuk menentukan proporsi N-tanah kedelai varietas Wilis. Nilai proporsi N-fiksasi dari varietas Wilis selanjutnya dihitung dengan mengurangkan proporsi N-urea dan proporsi N-tanah terhadap 100.

Tabel 6 memperlihatkan bahwa pemetikan kotiledon nyata menurunkan serapan N-urea dan serapan N-tanah, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap serapan N-fiksasi pada fase R8. Penurunan serapan N-urea dan N-tanah itu masing-masing mencapai 30.9 dan 35.0% terhadap kontrol. Tabel 6 juga menunjukkan bahwa pemetikan kotiledon nyata menurunkan proporsi N-tanah dan proporsi N-fiksasi, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap proporsi N-urea.

Pemetikan kotiledon nyata pula menurunkan bobot kering brangkasan, jumlah biji/pot, dan bobot kering biji/pot (Tabel 7). Penurunan ketiga peubah yang diamati itu, yang besarnya masing-masing 26.7, 32.8, dan 26.9%, sejalan dengan hasil-hasil yang disajikan dalam tabel-tabel sebelumnya akibat perlakuan yang sama.

Tabel 5. Proporsi N-urea, Proporsi N-tanah, dan Nisbah Proporsi N-urea/Proporsi N-tanah pada Kedelai Varietas CV akibat Pemetikan Kotiledon

Pemetikan Kotiledon	Proporsi N-urea (%)	Proporsi N-tanah (%)	Nisbah proporsi N-urea/proporsi N-tanah
Tidak Dipetik	46.0	54.7	0.852
Dipetik	48.5	51.5	0.942

Tabel 6. Serapan dan Proporsi N-urea, N-tanah, dan N-fiksasi oleh Tanaman Kedelai Varietas Wilis Akibat Pemetikan Kotiledon

Pemetikan Kotiledon	Serapan (mg N/pot)			Proporsi (%)		
	N-urea	N-tanah	N-fiksasi	N-urea	N-tanah	N-fiksasi
Tidak Dipetik	753.4 b	852.2 b	1597.0 a	23.6 a	26.7 b	49.7 b
Dipetik	520.3 a	553.5 a	1287.3-a	22.4 a	23.4 a	54.2 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata dengan uji kontras ortogonal 5%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pemetikan kotiledon pada 7 HST dari tanaman kedelai varietas Wilis yang ditanam dengan kondisi budidaya jenuh air nyata

Tabel 7. Bobot Kering Brangkasan, Jumlah Biji/pot, dan Bobot Kering Biji/pot pada Fase R8 akibat Pemetikan Kotiledon

Pemetikan Kotiledon	Bobot Kering Brangkasan (g/pot)	Jumlah Biji/pot	Bobot Kering Biji (g/pot)
Tidak Dipetik	30.3 b	437.8 b	41.7 b
Dipetik	22.2 a	294.3 a	30.5 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata dengan uji kontras ortogonal 5%.

menurunkan efisiensi serapan N yang berasal dari pupuk urea (N-urea) dan proporsi fiksasi N2 dari udara (N-fiksasi). Pemetikan kotiledon juga menyebabkan total serapan N yang lebih rendah serta pertumbuhan vegetatif dan reproduktif tanaman kedelai yang lebih jelek.

Saran

Penelitian ini menggunakan kedelai varietas Wilis, suatu varietas yang bertipe pertumbuhan determinat. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk memastikan apakah pengaruh pemetikan kotiledon juga seperti yang dihasilkan dalam penelitian ini jika kedelai yang digunakan bertipe pertumbuhan semideterminat atau indeterminat.

DAFTAR PUSTAKA

Fahmi, F. 1993. Pengaruh pemupukan NPK dan pemetikan kotiledon terhadap pertumbuhan tanaman, produksi, dan viabilitas benih. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Tidak dipublikasikan).

Fehr, W. R. and C. E. Caviness. 1979. Stage of soybean development. IOWA Agric. Exp. Sta. Special Rep. 80p.

Hanway, J.J. and H.S. Thompson. 1967. How A Soybean Plant Develops. Iowa State Univ. of Sci. and Technol. Cooperative Extension Service. Iowa, 17p.

Hardarson, G. and S. K. A. Danso 1990. Use of 15 N methodology to assess biological nitrogen fixation, p. 129-160. *In* G. Hardarson (ed.). Use of Nuclear Tech niques in Studies of Soil-Plant Relation ships. International Atomic Energy Agency. Vienna.

Lawn, R. J. 1985. Saturated soil culture: expanding the adaptation of soybeans. ACIAR Food Legume Newsletter 3: 2-3.

Lovell, P. H. and K.G. Moore. 1970. A comparative study of cotyledons as assimilatory organs. J. Exp. Bot. 21(69):1017-1030.

----------. 1971. A comparative study on the role of cotyledons in seedling development.. J. Exp. Bot. 22(70):153-162.

Mahlstede, J.P. and E. S. Harber. 1957. Plant Propagation. John Wiley & Sons, Inc. New York. 413p.

McAlister, D.F. and O.A. Krober. 1951. Translocation of food reserves from soybean cotyledons and their influence on the development of the plant. Reprinted from Physiol. 26(3):525-538.

McKay, J.W. 1961. How seeds are formed, p. 11-17. *In* A. Stefferud, *ed.* Seeds. The United State Department of Agriculture. Washing ton, D.C.

Meyer, B.S., D.B. Anderson and R.N. Bohning. 1963. Introduction to Plant Physiology. D. Van Nostrand, Co., Inc. New York. 514p.

People, M. B. and D. F. Herridge. 1990. Nitrogen fixation by tropical legumes. p.157-218. *In* N. C. Brady (ed.). Advances in Agronomy. Volume 44. Academic Press Inc. London.

Pertamawati. 1993. Pengaruh pemetikan kotiledon terhadap eksplan kedelai. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Tidak dipublikasikan).

Power, J. F. 1990. Role of moisture stress in plant nutritional functions, p.453-474. In V. C. Baligar and R. R. Duncan (eds.). Crops as Enhancers of Nutrient Use. Academic Press, Inc. New York.

Raka. I. G. N. 1993. Studi produksi benih kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) dengan budidaya jenuh air. Tesis. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Tidak dipublikasikan).

Ralph, W. 1985. Soybean respond to controlled waterlogging. ACIAR Food Legume Newsletter 3: 4-8.

Ratriyanti, L. L. 1981. Pengaruh pemupu dan pemetikan kotiledon terh pertumbuhan, hasil, dan kompon tanaman kedelai *(Glycine max* (L.) M Skripsi. Fakultas Pertanian, Institut tanian Bogor. Bogor. (Tidak dipubli kan)

Sadjad, S. 1972. Kertas merang untuk viabilitas benih di Indonesia. Dise Doktor. Fakultas Pertanian, Ins Pertanian Bogor. Bogor. (T dipublikasikan).

Troedson, R. J., R. J. Lawn, D. E. Byth, an L. Wilson. 1983. Saturated soil cul an innovative water management op for soybean in the tropic and sub-tro p. 171-180 *In* S. Shanmugasunda and E. W. Sulzberger (eds .). soybea Tropical and Subtropical Crop System. Proc. of Symp. Tsuk Japan.

Zapata, F. 1990. Isotope techniques in fertility and plant nutrition studies, p. 129. *In* G. Hardarson (ed.). Use Nuclear Techniques in Studies of S Plant Relationships. International Ato Energy Agency. Vienna.