Forum Pascasarjana (1989) 12: 17-25.

PENGARUH PENGGENANGAN PADA BERBAGAI FASE PERTUMBUHAN KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merr) TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI[1]

(Effect of Flooding at Various Growth Stages of Soybean (*Glycine max* (L.) Merr) on Growth and Yield)

Bangun Tampubolon, Joedojono Wiroatmodjo, Justika S. Baharsjah, dan Soedarsono[2]

ABSTRACT

The soybean (*Glycine max* (L.) Merr) plant is able to make morphological adaptations to flooding such as the formation of adventive roots. Long-term continuous flooding result in reductive conditions in the rhizosphere which is detrimental to plant growth. This experiment was conducted to investigate the influence of flooding at various stages of soybean development on growth and yield of the crop on Alluvial and Red Yellow Podsolic soils.

Flooding invariably resulted in the reduction of the net assimilation rate and yield of soybean. Reduction depended on the time and duration of flooding. Flooding during active vegetative growth (P1), flowering-pod filling (P2), seed ripening (P3), active vegetative growth and flowering-pod filling (P4), active vegetative growth and seed ripening (P5), flowering-pod filling and seed ripening (P6), and active vegetative growth until seed ripening (P7) respectively resulted yield reductions of 20.42, 50.74, 9.43, 46.68, 30.28, 52.63 and 35.26% compared to the unflooded control.

The number and dry weight of root nodules and nitrogen fixation rate were highest in the P4 and P7 treatments. Nodules were formed on the adventive roots, when the soybean plants were flooded.

PENDAHULUAN

Konsumsi kedelai di Indonesia meningkat setiap tahun, baik sebagai akibat meningkatnya jumlah penduduk, maupun akibat meningkatnya konsumsi per kapita dan sebagian masih dipenuhi dengan impor. Sebagai contoh, pada tahun 1983 impor kedelai 390 904 ton, pada tahun 1984 sebanyak 380 324 ton (Direktorat Bina Produksi Tanaman Pangan, 1985).

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi kekurangan produksi ini adalah perluasan areal pertanaman. Perluasan areal pertanaman dapat diarahkan pada lahan bukaan baru dan sawah tadah hujan setelah padi.

---

[1]Sebagian dari Tesis Magister Sains Jurusan Agronomi, Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Penelitian dibiayai oleh Universitas HKBP Nommensen, Medan.

[2]Berturut-turut staf pengajar Fakultas Pertanian Universitas HKBP Nommensen, tiga staf pengajar Fakultas Pertanian IPB.

Di Indonesia lahan sawah tadah hujan cukup luas, yaitu di Jawa dan Madura 886 809 ha, Sumatera 392 013 ha, Kalimantan 287 080 ha, Sulawesi 224 858 ha, dan Nusa Tenggara 44 680 ha (Haeruddin dan Pasaribu, 1978).

Pada areal pertanaman ini, kelebihan air atau keadaan tergenang dapat terjadi akibat curah hujan yang tinggi dan drainase yang buruk. Keadaan tergenang ini dapat bersifat sering, musiman, permanen, atau temporer.

Penggenangan akan mengganggu pertumbuhan dan menurunkan hasil tanaman. Besarnya hambatan/gangguan, tergantung pada fase pertumbuhan saat penggenangan terjadi dan lamanya.

Dari beberapa jenis tanah yang ada di Indonesia, tanah Aluvial dan Podsolik merah kuning termasuk jenis tanah yang penyebarannya cukup luas dan mempunyai potensi untuk dikembangkan. Pada kedua jenis tanah ini, masalah kelebihan air adalah satu dari beberapa masalah yang dapat menghambat pertumbuhan dan menurunkan hasil kedelai.

METODOLOGI

Metode

Percobaan adalah percobaan faktorial dalam rancangan acak lengkap, dengan tiga ulangan. Ada dua faktor yang dicobakan, yaitu lama penggenangan (P) dan jenis tanah (T).

Lama penggenangan yang dicobakan ada delapan, yaitu PO (tanpa penggenangan), P1 (selama fase vegetatif aktif), P2 (selama fase pembungaan-pengisian polong), P3 (selama fase pematangan biji), P4 (P1 + P2), P5 (P1 + P3), P6 (P2 + P3), dan P7 (P3 + P4). Penentuan fase-fase didasarkan pada fase pertumbuhan tanaman kedelai (Tabel 1).

Tabel 1. Fase Pertumbuhan Tanaman Kedelai Berumur Sedang (85 hari).
Table 1. Growth Stage of Medium Maturity Soybean (85 days) (Fagi and Tangkuman, 1985).

Fase pertumbuhan **Growth stage**	Periode (hari) **Period (days)**
Pertumbuhan awal	15
Vegetatif aktif	15
Pembungaan-pengisian polong	35
Pematangan biji	20

Untuk menentukan awal dari tiap fase pertumbuhan tanaman kedelai digunakan tahap-tahap pertumbuhan kedelai menurut Fehr *et al.* (1971). Fase vegetatif aktif dimulai tingkat pertumbuhan V2, yaitu daun trifoliat yang terbuka penuh pada buku di atas buku unifoliat. Fase pembungaan-pengisian polong dimulai tingkat pertumbuhan R1, yaitu bunga terbuka pertama pada buku maupun batang utama. Fase pematangan biji dimulai tingkat pertumbuhan R7, yaitu satu polong pada batang utama telah mencapai warna polong matang.

Jenis tanah yang digunakan ada dua, yaitu T1 (tanah Aluvial berasal dari Sukamandi Subang) dan T2 (tanah Podsolik merah kuning berasal dari Jasinga Bogor). Dengan demikian ada 16 (8 × 2) kombinasi perlakuan yang dicobakan, dengan tiga ulangan.

Pelaksanaan Percobaan

Tanah yang akan digunakan dikering anginkan, dihaluskan, disaring dengan menggunakan ayakan berdiameter ± 3 mm, dan ditentukan kadar air pada kering udara dan kapasitas lapang. Digunakan ember plastik dengan volume ± 12 liter sebanyak 208 pot, yaitu 48 pot (8 × 2 × 3) untuk diamati komponen hasil dan hasil; dan 160 pot (8 × 2 × 2 × 5) untuk analisis tumbuh. Ke dalam tiap pot dimasukkan 8 kg tanah kering udara.

Untuk mempertahankan kadar air pada kapasitas lapang pada perlakuan tanpa penggenangan dan pada waktu tidak digenangi (pada perlakuan penggenangan) dilakukan penimbangan, dengan koreksi bobot tanaman.

Pada waktu tergenang, tinggi air (setinggi 5 cm di atas permukaan tanah) dipertahankan dengan menambahkan sejumlah air setiap hari. Pada bagian dalam ember yang digunakan dibuat garis setinggi 5 cm di atas permukaan tanah. Jika muka air telah di bawah garis tersebut, dilakukan penambahan air hingga setinggi garis tersebut.

Untuk menjamin pertumbuhan tanaman, sehari sebelum tanam diberikan pupuk dasar, dengan dosis Urea 50 kg/ha (200 mg/pot), TSP 200 kg/ha (800 mg/pot), dan KCl 50 kg/ha (200 mg/pot). Untuk menetralkan kemasaman tanah dan menghindarkan keracunan Al, Fe, dan Mn diberikan kapur dengan dosis 1.5 Al_{dd}, yang diberikan 2 minggu sebelum tanam.

Pada setiap ember ditanam 5 benih kedelai, dengan kedalaman 2 cm dari permukaan tanah. Pada umur 1 minggu, sebagian tanaman dicabut dan disisakan 3 (tiga) tanaman tiap pot. Sebelum penanaman, benih diinokulasi dengan rhizobium, dengan dosis 4 g rhizobium tiap kilogram benih kedelai.

Pada saat tanam semua ember diberi air sampai kapasitas lapang dan keadaan ini dipertahankan sampai tanaman berumur 15 hari (sampai awal fase vegetatif aktif). Setelah itu dilakukan pemberian air sesuai dengan perlakuan.

Untuk mencegah serangan lalat bibit, bersamaan dengan waktu tanam diberikan Furadan 3G, dengan dosis ± 0.2 g per lubang. Setelah tumbuh, pengendalian hama dan penyakit dilakukan dengan menggunakan pestisida dan insektisida. Pengendalian gulma dilakukan dengan penyiangan.

Analisis tumbuh dilakukan setiap 2 minggu, sejak tanaman berumur 2 minggu. Pengamatan dilakukan sebanyak 5 kali, dan tiap pengamatan dilakukan dengan 2 ulangan.

Laju fiksasi nitrogen diukur dengan menggunakan metode reduksi asetilen. Pengamatan dilakukan terhadap bintil akar tanaman berumur 42 hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Asimilasi Bersih

Nilai LAB pada umur 2-4 MST, 4-6 MST, dan 6-8 MST menurun dengan adanya penggenangan (Tabel 5). Brady *et al.* (1975) serta Sivakumar dan Shaw (1978) menyatakan, bahwa meningkatnya tekanan kelebihan air akibat penggenangan akan meningkatkan resistensi stomata tanaman kedelai. Hal ini akan menurunkan penyediaan CO_2 dan laju fotosintesis.

Tabel 2. Pengaruh Penggenangan dan Jenis Tanah terhadap laju asimilasi benih (LAB).
Table 2. The Effect of Flooding and Soil Type on the Net Assimilation Rate (NAR).

Perlakuan **Treatment**	LAB pada berbagai umur (MST) **(Week After Planting)** 2-4	4-6	6-8	8-10
	$g\ dm^{-2}h^{-1}\ 10^{-3}$			
P0	50.41b	66.00b	21.23c	13.56a
P1	36.10a	67.46b	19.59bc	20.56a
P2	47.20b	48.15a	9.12a	13.12a
P3	47.16b	65.62b	20.67c	5.57a
P4	32.51a	58.66ab	10.37ab	9.97a
P5	32.57a	65.85b	19.59bc	21.60a
P6	49.23b	47.86a	6.03a	12.90a
P7	32.50a	58.37ab	9.90ab	11.57a
T1	43.40q	70.68q	22.31q	12.64q
T2	38.52p	48.81p	6.81p	14.57p

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda pada lajur yang sama, berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 0.05.

Numbers followed by the same letters within each coloumn are not significantly different at 5% level of HSD.

Laju asimilasi bersih umumnya digunakan sebagai ukuran laju fotosintesis setelah dikurangi kehilangan karena respirasi (Stoskopf, 1981) dan menggambarkan kemampuan tanaman menghasilkan biomas per satuan luas daun per satuan waktu. Pada keadaan tergenang, menurunnya LAB bukan disebabkan oleh respirasi yang tinggi, tetapi disebabkan oleh menurunnya laju fotosintesis.

Penurunan penyediaan oksigen ke sistem perakaran tanaman, menurut beberapa peneliti (Gill, 1970; Rowe dan Beardsell, 1973; Crawford, 1976; Drew, 1976; Armstrong, 1982) akan mengakibatkan perubahan respirasi aerobik menjadi anaerobik yang menghasilkan ATP rendah, akumulasi produk akhir respirasi anaerobik yang beracun, dan penurunan secara cepat senyawa-senyawa organik. Penyerapan dan translokasi air dan hara menurun karena penurunan energi yang diperlukan. Pembentukan dan translokasi giberelin dan sitokinin pada akar menurun akibat kerusakan akar. Konsentrasi etilen pada batang meningkat. Keseluruhan ini akan menurunkan pertumbuhan dan laju asimilasi bersih.

Pada umur 2-4 MST, 4-6 MST, dan 6-8 MST, LAB tanaman kedelai yang ditanam pada tanah Aluvial lebih besar dibanding yang ditanam pada tanah Podsolik merah kuning. Pola perkembangan LAB pada kedua jenis tanah tersebut adalah sama.

Pada umur 8-10 MST daun-daun telah menguning dan mulai gugur, sehingga kemampuannya berfotosintesis telah berkurang. Keadaan ini menyebabkan pada umur tersebut pengaruh perlakuan tidak nyata terhadap LAB.

Bintil Akar dan Fiksasi Nitrogen

Pada Tabel 3 terlihat urutan jumlah bintil akar, bobot kering bintil akar, dan laju fiksasi nitrogen mulai dari yang terbesar hingga yang terkecil adalah perlakuan-perlakuan P4 dan P7, perlakuan-perlakuan P0 dan P3, perlakuan-perlakuan P1 dan P5, dan perlakuan-perlakuan P2 dan P6. Pengukuran dilakukan pada umur 42 hari.

Tabel 3. Pengaruh Penggenangan dan Jenis Tanah terhadap Jumlah Bintil Akar, Bobot Kering Bintil Akar, dan Laju Fiksasi N.

Table 3. The Effect of Flooding and Soil Type to the Number and Dry Weight of Root Nodules and N Fixation rate.

Perlakuan **Treatment**	Jumlah bintil akar per pot **Number of root nodules per pot**	Bobot kering bintil akar per pot **Dry weight of root nodules per pot g**	Laju fiksasi N per pot **N fixation g N jam^{-1}**
P0	29.00cd	0.1450c	158.10c
P1	22.50bc	0.1025bc	69.96b
P2	11.00a	0.0425ab	33.73a
P3	30.75c	0.1500c	158.80c
P4	44.00e	0.2400d	355.10d
P5	21.25b	0.0750abc	69.54b
P6	10.25a	0.0375a	33.99a
P7	44.50e	0.2450d	357.70d
T1	37.50q	0.1925q	249.90q
T2	15.81p	0.0725p	64.39p

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda pada lajur yang sama, berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 0.05.

Numbers followed by the same letters within each coloumn are not significantly different at 5% level of HSD.

Jumlah bintil akar, bobot kering bintil akar, dan laju fiksasi N perlakuan-perlakuan P4 dan P7 lebih besar dari kontrol. Hal ini ada hubungannya dengan lebatnya akar adventif, karena bintil akar pada tanaman yang tergenang umumnya terbentuk pada akar adventif. Dengan terbentuknya akar adventif, tampaknya sistem udara dalam tanaman tetap efisien (Hoveland dan Wenster, 1965; Hoveland and Donelly, 1966), sehingga memungkinkan terbentuknya bintil akar. Akar adventif berfungsi untuk menyalurkan oksigen ke rizosfer dn mengeluarkan gas-gas beracun, seperti CO_2, CH_4, C_2H_2, dan H_2S ke atmosfer (Williamson, 1970; Chirkova, 1978).

Tanaman yang ditanam pada tanah Aluvial memiliki jumlah dan bobot kering bintil akar serta laju fiksasi N yang lebih tinggi dibanding yang ditanam pada tanah Podsolik merah kuning. Hal ini ada hubungannya dengan pertumbuhan dan perkembangan perakaran tanaman kedelai yang lebih baik pada tanah Aluvial. Selain itu, hasil analisis tanah sebelum dan sesudah percobaan menunjukkan bahwa tanah Aluvial memiliki N yang lebih rendah dan P serta Ca yang lebih tinggi. Keadaan ini adalah keadaan yang diinginkan untuk pembentukan dan aktivitas bintil akar (Yutono, 1985).

Pada perlakuan-perlakuan P1 dan P5, akibat pengeringan kembali akar adventif mengering dan rusak. Kematian akar adventif akan diikuti kematian bintil akar yang terbentuk pada akar adventif. Namun demikian, pemulihan tanaman yang cukup baik setelah pengeringan kembali, memungkinkan terbentuknya bintil akar dan fiksasi N dalam jumlah yang cukup besar.

Pada perlakuan-perlakuan P2 dan P6, penggenangan yang dimulai pada awal fase pembungaan-pengisian polong akan merusak akar yang telah terbentuk di dalam tanah sebelumnya. Kerusakan akar ini akan diikuti oleh kematian bintil akar. Selain itu, pada umur 42 hari (saat pengukuran dilakukan) akar adventif pada perlakuan-perlakuan P2 dan P6 belum berkembang dengan baik atau belum begitu lebat, sehingga jumlah bintil akar, bobot kering bintil akar, dan laju fiksasi N yang terjadi lebih rendah dari kontrol.

Komponen Hasil dan Hasil

Komponen hasil dan hasil disajikan pada Tabel 4. Penggenangan menurunkan komponen hasil dan hasil.

Penurunan komponen hasil dan hasil disebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman kedelai pada tanah tergenang. Penurunan terbesar terjadi pada perlakuan penggenangan selama fase pembungaan-pengisian polong (Tabel 5). Bunga, polong, dan biji dibentuk selama fase pembungaan-pengisian polong, sehingga cekaman selama fase ini akan menyebabkan penurunan hasil yang terbesar. Selain itu, penggenangan selama fase pembungaan-pengisian polong akan meningkatkan gugurnya bunga dan polong muda (Whigham dan Minor, 1978).

Jika tanaman telah tergenang selama fase vegetatif aktif dan pembungaan pengisian polong, penggenangan sebaiknya diteruskan (P7) dibanding jika diadakan pengeringan/pemulihan (P4). Pengeringan setelah digenangi selama fase vegetatif aktif dan pembungaan-pengisian polong akan menyebabkan akar adventif yang telah terbentuk dengan baik menjadi rusak dan mati, sedang akar-akar di dalam tanah tidak berkembang dengan baik. Selain itu, floem batang yang semula tergenang menjadi rusak. Keseluruhan ini menyebabkan fase pematangan biji diperpendek dan panen dipercepat, sehingga biji yang terbentuk kurang sempurna dan berukuran sedikit lebih kecil.

Tabel 4. Pengaruh Penggenangan dan Jenis Tanah terhadap Jumlah dan Bobot Kering polong, Jumlah dan Bobot Kering Biji, Bobot Kering 100 Biji, dan Persen Polong Hampa.

Table 4. The Effect of Flooding and Soil Type to the Number and Dry Weight of Pod, Number and Dry Weight of Seed, Dry Weight of 100 Seeds and Percentage of Empty pod.

Perlakuan	Bobot kering **Dry weight**			Jumlah **Number**		Polong hampa
Treatment	Polong/pot **Pod/pot**	Biji/pot **Seeds/pot**	100 biji **100 seeds**	Polong/pot **Pod/pot**	Biji/pot **Seeds/pot**	**Empty pod** %
	g	g	g			
P0	29.89d	18.66f	10.95e	101.20c	189.70f	11.69a
P1	23.98c	14.85d	10.45cd	72.33b	148.20de	12.26a
P2	14.73a	7.70a	9.73a	52.00a	71.83a	21.80c
P3	28.07d	16.90e	10.64de	95.00c	178.30ef	11.90a
P4	18.65b	9.95b	9.98ab	61.50ab	99.67ab	17.80b
P5	23.78c	13.01c	10.20bc	69.17ab	138.80cd	12.41a
P6	14.98a	8.84ab	9.76a	53.83a	80.67ab	21.76c
P7	19.57b	12.07c	10.07abc	64.00ab	108.30bc	16.95b
T1	24.03q	13.82q	10.57q	76.75q	146.20q	15.96p
T2	19.38p	11.67p	9.87p	65.50p	107.70p	15.69p

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda pada lajur yang sama, berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 0.05.

Numbers followed by the same letters each column are not significantly different at 5% level HSD.

Hal yang sama terlihat jika tanaman telah tergenang selama fase pembungaan-pengisian polong. Pengeringan (P2) cenderung menurunkan jumlah dan bobot kering biji jika dibanding dengan penggenangan yang diteruskan sampai panen (P6). Proses pematangan biji dan panen yang dipercepat terjadi karena pengeringan tersebut.

Sebaliknya, dengan membandingkan perlakuan P1 dengan P4 dan P1 dengan P7, terlihat bahwa pengeringan setelah digenangi selama fase vegetatif aktif akan menghasilkan jumlah dan bobot kering biji yang lebih besar dibanding jika penggenangan diteruskan sampai selama fase pembungaan-pengisian polong atau fase pematangan biji. Hal ini menunjukkan, jika penggenangan terjadi selama fase vegetatif aktif, pemulihan tanaman kedelai cukup baik.

Tabel 5. Persentase Penurunan Bobot Kering Biji dari Masing-masing Perlakuan terhadap Kontrol.
Table 5. Reduction Percentage of Seed Dry Weight for Each Treatment to Control.

Perlakuan **Treatment**	Penurunan bobot kering biji terhadap kontrol **Reduction of dry weight to control**
	%
P1	20.42
P2	58.74
P3	9.43
P4	46.68
P5	30.28
P6	52.63
P7	35.26

Bobot kering biji yang dihasilkan tanaman yang tergenang mulai awal fase vegetatif aktif sampai panen (P7) lebih besar dibanding tanaman yang tergenang selama fase pembungaan-pengisian polong dan fase pematangan biji (P6). Pada perlakuan P6 penggenangan sangat mengganggu proses pembungaan-pengisian polong, sehingga jumlah dan bobot kering biji yang terbentuk lebih rendah. Pada perlakuan P7 fase pembungaan-pengisian polong tanaman telah beradaptasi terhadap keadaan tergenang dengan membentuk akar adventif, sehingga proses pembungaan-pengisian polong tidak begitu terganggu. Tanaman dapat mengadakan adaptasi secara morfologis terhadap keadaan tergenang dengan membentuk akar adventif (Russel, 1977; Hook dan Scholtens, 1978; de Wit, 1979).

Penurunan hasil adalah akibat menurunnya jumlah biji/pot dan bobot kering 100 biji (besar biji). Penggenangan menurunkan kedua komponen hasil tersebut, akan tetapi penurunan terbesar terjadi pada jumlah biji/pot. Penurunan jumlah biji adalah sebagai akibat menurunnya jumlah polong dan meningkatnya persen polong hampa.

KESIMPULAN

Penggenangan menghambat pertumbuhan dan menurunkan hasil tanaman kedelai. Besarnya penghambatan pertumbuhan dan penurunan hasil beragam, tergantung pada fase pertumbuhan tanaman saat penggenangan terjadi.

Ditinjau dari segi hasil dan komponen hasil, fase pertumbuhan tanaman kedelai yang paling peka terhadap penggenangan adalah fase pembungaan-pengisian polong.

Tanaman kedelai yang ditanam pada Aluvial memiliki pertumbuhan dan hasil yang lebih tinggi, baik pada keadaan tergenang maupun pada kapasitas lapang, bila dibanding tanaman pada tanah Podsolik merah kuning. Pola pertumbuhan pada Aluvial dan Podsolik merah kuning adalah sama.

Tanaman kedelai dapat mengadakan adaptasi secara morfologis terhadap keadaan tergenang dengan membentuk akar adventif.

DAFTAR PUSTAKA

Armstrong, W. 1982. Waterlogged soils, p. 290-330. *In* J.E. Etherington (ed.). Environment and plant ecology. John Willey & Sons, New York.

Brady, R.A., S.M. Goltz, W.L. Powers, and M.T. Kanemasu. 1975. Relation of soil water potential to stomatal resistance of soybean. Agron. J. 67: 97-99.

Chirkova, T.V. 1978. Some regulatory mechanisms of plant adaptation to temporal anaerobiosis, p. 137-154. *In* Hook, D.D. and R.M.M. Crawford (eds.). Plant life in anaerobic environments. Ann Arbor Science Publishers Inc. Ann Arbor, Michigan.

Crawford, R.M.M. 1976. Tolerance of anoxia and the regulation of glycolysis in tree crops, p. 387-401. *In* Cannel, M.G.R. and F.T. Last (eds.). Tree physiology and yield improvement. Academic Press, New York.

Direktorat Bina Produksi Tanaman Pangan. 1985. Pengembangan palawija di Indonesia. Diskusi Pangan VI, 19-20 Maret 1985, Bogor. 25 hal.

de Wit, M.C.J. 1978. Morphology and functions on root and shoot growth of crop plants under oxygen deficiency, p. 333-350. *In* Hook, D.D. and R.M.M. Crawford (eds.). Plant life in anaerobic environments. Ann Arbor Science Publishers Inc. Ann Arbor, Michigan.

Drew, M.C. 1979. Plant responses to anaerobic conditions in soil and solution culture. Comment. Plant Sci. 36: 1-14.

Fagi, A.M. dan F. Tangkuman. 1985. Pengelolaan air untuk pertanaman kedelai, hal. 135-158. *Dalam* Somaatmadja, S., M. Ismunadji, Sumarno, M. Syam, S.O. Manurung, dan Yuswadi (eds.). Kedelai. Badan Litbang Pertanian, Puslittan, Bogor.

Fehr, W.R., C.E. Caviness, D.T. Burmood, and J.S. Pennington. 1971. Stage of development for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. Crop Sci. 11: 929-931.

Gill, C.J. 1970. The flooding tolerance of woody species, a review. Forest Abstr. 31: 671-688.

Haeruddin, H. dan D. Pasaribu. 1978. Produksi dan luas baku tanah pertanian di Indonesia. Bagian Agronomi, LP3 Bogor. 20 hal.

Hook, D.D. and J.R. Scholtens. 1978. Adaptations and flood tolerance of tree species, p. 299-332. *In* Hook, D.D. and R.M.M. Crawford (eds.). 1978. Plant life in anaerobic environments. Ann Arbor Science Publishers Inc. Ann Arbor, Michigan.

Hoveland, C.S. and E.D. Donnelly. 1966. Response of *Vicia* genotypes to flooding. Agron. J. 58: 342-345.

———————— and H.L. Wenster. 1965. Flooding tolerance of annual clovers. Agron. J. 27: 3-4.

Rowe, R.N. and D.V. Beardsell. 1973. Waterlogging of fruit trees. Hort. Abstr. 45: 533-548.

Russel, E.W. 1973. Soil condition and plant growth. 10th Edition. Longman, London. 688 p.

Sivakumar, M.V.K. and R.H. Shaw. 1978. Relative evaluation of water stress indicator for soybean. Agron. J. 70: 619-632.

Stoskopf, N.C. 1981. Understanding crop production. Reston Publishing, Inc. Virginia. 433 p.

Whigham, D.K. and H.C. Minor. 1978. Agronomic characteristics and environmental stress, p. 77-118. *In* Norman, A.G. (ed.). Soybean physiology, agronomy, and utilization. Academic Press, Inc., New York.

Williamson, R.E. 1970. Effect of soil gas composition and flooding on growth of *Nicotiana tabaccum* L. Agron. J. 62: 80-83.

Yutono. 1985. Inokulasi rhizobium pada kedelai, hal. 217-230. *Dalam* Somaatmadja, S., M. Ismunadji, Sumarno, M. Syam, S.O. Manurung, dan Yuswadi (eds.). Kedelai. Badan Litbang Pertanian, Puslittan, Bogor.