

**PENGARUH PENGGENANGAN PADA BERBAGAI FASE  
PERTUMBUHAN KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merr) TERHADAP  
PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI<sup>1)</sup>**

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

**Bangun Tampubolon, Joedjono Wiroatmodjo,  
Justika S. Baharsjah, dan Soedarsono<sup>2)</sup>**

**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 Podsolc 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.

---

<sup>1)</sup>Sebagian dari Tesis Magister Sains Jurusan Agronomi, Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Penelitian dibiayai oleh Universitas HKBP Nommensen, Medan.

<sup>2)</sup>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 **per-**tumbuhan 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 <b>Growth stage</b>	Periode (hari) <b>Period (days)</b>
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 **ter-**buka 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 x 2) kombinasi perlakuan yang dicobakan, dengan tiga ulangan.

## **Pelaksanaan Percobaan**

**Tanah** yang akan digunakan **dikering** anginkan, dihaluskan, disaring dengan menggunakan ayakan berdiameter  $\pm 3$  mm, dan ditentukan kadar air pada kering udara dan kapasitas **lapang**. Digunakan ember plastik dengan volume  $\pm 12$  liter sebanyak 208 pot, yaitu 48 pot (8 x 2 x 3) untuk diamati **komponen** hasil dan hasil; dan 160 pot (8 x 2 x 2 x 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 menghindari keracunan Al, Fe, dan Mn diberikan kapur dengan dosis 1.5 Al<sub>dd</sub>, 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 **disisa**kan 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  $\pm 0.2$  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 **dilaku**kan 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<sub>2</sub> 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 <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> 10 <sup>-3</sup> -----			
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 **mening-**kat. 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** Pod-solik 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 **PO dan P3**, perlakuan-perlakuan **P1 dan P5**, dan perlakuan-perlakuan P2 dan P6. Pengukuran **dilaku-**kan 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 <sup>-1</sup>
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 ber-dasarkan 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 **umum-**nya terbentuk pada akar adventif. Dengan terbentuknya akar adventif, **tampak-**

nya 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 dan **mengeluarkan** gas-gas beracun, seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ , dan  $\text{H}_2\text{S}$  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 **pemben-tukan** 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 dernikian, pemulihan **tanaman** yang cukup baik **setelah** pengeringan kembali, memungkinkan **terben-tuknya** 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 **menurun-**kan komponen hasil dan hasil.

Penurunan komponen hasil dan hasil disebabkan terhambatnya pertum-buhan **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 **ter-**besar. 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 Treatment	Bobot kering Dry weight			Jumlah Number		Polong hampa Empty pod %
	Polong/pot Pod/pot	Biji/pot Seeds/pot	100 biji 100 seeds	Polong/pot Pod/pot	Biji/pot Seeds/pot	
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 Wiley & 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.