

METABOLISME NITROGEN PADA TANAMAN KEDELAI YANG MENDAPAT GENANGAN DALAM PARIT ¹

NITROGEN METABOLISM OF SOYBEAN UNDER SATURATED SOIL CULTURE

Didik Indradewa², Soemartono Sastrowinoto², S. Notohadisuwarno², Hari Prabowo³

ABSTRACT

Saturated soil culture increases yield of soybean seed up to 80% above seed yield of crop under flood irrigation usually done by farmer due to their root nodule growth continued until seedfilling period. An experiment to study the effect of saturated soil culture to the nitrogen metabolism of soybean was done in Department of Agronomy Faculty of Agriculture GMU in Bulaksumur from July to October 1997.

The experiment was done with a oversite 4x2 design arranged in a complete block design with three replications as block. The first factor as the site was irrigation method consisted of control a flood irrigation method which usually applied by farmers (Control) saturated soil culture (SSC) consisted of alternate SSC with water depth when applied 0, 5 cm below soil surface (Berg 5) and 15 cm (Berg 15) and continued SSC (Terus). The second factor was soil type consisted of Grumusol collected from Godean and Regoso from Bulaksumur. Observations were done for soil moisture content, nitrogen leaves content, protein seed content, dry weight of leaves, stem and roots, root nodules and seed nitrate reductase activity (NRA) and nitrogenase activity (ARA).

Result of the experiment showed that SSC resulted in field capacity condition whereas control irrigation as applied by farmers, resulted in saturated and dry condition alternately. SSC increased root nodule dry weight, but did not have any effect on ARA. The increase of leaves nitrogen content and seeds protein content was due to ANK increase but was not due to ARA increase.

Key words: flood irrigation, nitrogen metabolism, soybean

INTISARI

Genangan dalam parit dapat meningkatkan hasil biji kedelai 20% sampai 80% hasil biji tanaman kontrol yang diluapi. Peningkatan hasil tersebut antara lain karena pertumbuhan bintil yang dapat dipertahankan sampai saat pengisian polong. Suatu penelitian dengan tujuan mempelajari pengaruh genangan dalam parit terhadap metabolisme nitrogen pada tanaman kedelai telah dilakukan di Kebun Percobaan Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian UGM di Bulaksumur Yogyakarta antara Juli sampai Oktober 1997.

Penelitian dilakukan dengan rancangan antar lokasi (*over site*) 4x2 diatur dalam tataletak acak kelompok dengan 3 blok sebagai ulangan. Faktor pertama sebagai lokasi adalah cara pengairan, terdiri dari kontrol diluapi dua minggu sekali, dan genangan dalam

¹ Bagian dari disertasi

² Fakultas Pertanian UGM

³ Alumni Fakultas Pertanian UGM

parit terdiri dari genangan dalam parit bergilir dengan jeluk muka air saat pengairan 5 cm di bawah permukaan bedengan (Berg 5) dan 15 cm (Berg 15), serta genangan dalam parit terus menerus (Terus). Faktor kedua adalah jenis tanah terdiri dari Grumusol diambil dari Godean dan Regosol diambil dari Bulaksumur. Pengamatan dilakukan terhadap kandungan lengas tanah, kadar nitrogen daun, kadar protein biji, bobot kering daun, batang, akar, bintil dan biji, aktivitas nitrat reduktase dan aktivitas nitrogenase.

Dari penelitian ini diketahui bahwa genangan dalam parit menyebabkan lengas berada di sekitar kapasitas lapangan, sedangkan pengairan kontrol seperti yang dilakukan petani menyebabkan lengas berubah dari jenuh saat diairi sampai hampir mencapai titik layu saat tidak diairi. Genangan dalam parit meningkatkan pembentukan bintil akar, namun tidak meningkatkan penyematan nitrogen. Peningkatan jumlah nitrogen daun dan bobot protein biji akibat genangan dalam parit, disebabkan oleh peningkatan aktivitas nitrat reduktase, bukan karena peningkatan penyematan nitrogen udara.

Kata kunci: genangan, metabolisme nitrogen, kedelai

PENDAHULUAN

Genangan dalam parit atau oleh peneliti lain disebut budidaya basah (Troedson *et al.*, 1982; Adie, *et al.*, 1990) dapat meningkatkan hasil biji kedelai di lapangan 20 % (Troedson *et al.*, 1985; Manwan *et al.*, 1990; Cooper *et al.*, 1993) sampai 80 % (Indradewa *et al.* 2002). Genangan dalam parit adalah cara pengairan dengan memberikan genangan atau aliran air perlahan di dalam parit secara terus menerus. Cara ini berbeda dengan yang dilakukan petani yaitu memberikan pengairan luapan misalnya dua minggu sekali. Cara pengairan yang dilakukan petani ini dalam penelitian ini disebut pengairan kontrol.

Secara garis besar Ralph (1983) menyimpulkan bahwa tanaman kedelai yang dibudidayakan dengan genangan dalam parit mempunyai pertumbuhan yang lebih cepat dan hasil lebih tinggi dibanding dengan yang dibudidayakan dengan pengairan luapan seperti yang dilakukan petani karena: (1) mendapatkan lengas dalam jumlah cukup sepanjang hidupnya, (2) pertumbuhan bintil terus berlanjut sampai fase pengisian polong, (3) mengalami penundaan penuaan dan perpanjangan fase reproduktif. Sebaliknya tanaman kontrol mengalami kekurangan air saat tidak diairi dan kekurangan oksigen saat diairi.

Di tanah jenuh air, banyak fotosintat yang digunakan untuk pertumbuhan bagian tanaman di dalam tanah terutama bintil. Ini berakibat aktivitas bintil mulai lebih awal dan dengan laju lebih cepat. Meskipun demikian penyerapan nitrogen menurun terutama karena akar bagian bawah yang berada dalam tanah jenuh mati, sehingga luas permukaan akar menurun. Dengan genangan dalam parit, sampai minggu kedua tanaman menunjukkan warna daun lebih muda.

Peningkatan bahan kering pada waktu itu lebih rendah dibanding kontrol, mungkin karena penurunan kandungan nitrogen, tetapi terutama karena penurunan luas daun akibat proporsi alokasi fotosintat yang lebih besar ditujukan untuk pembentukan akar dan bintil (Troedson *et al.*, 1985).

Legum dengan bintil akar dapat memanfaatkan baik gas nitrogen dari udara maupun nitrogen anorganik dari dalam tanah (Kato *et al.*, 2003) dalam bentuk ion

amonium dan nitrat (Taiz dan Zeiger, 1998). Nitrat mula-mula direduksi menjadi nitrit oleh nitrat reduktase sedangkan gas nitrogen disemat oleh nitrogenase (Kato *et al.*, 2003). Pertumbuhan dan hasil kedelai dengan genangan dalam parit meningkat karena penyematan nitrogen dan pertumbuhan akar di atas muka air tanah ditingkatkan. Ketersediaan banyak unsur hara ditingkatkan walaupun ketersediaan nitrogen menurun (Heatherly *et al.*, 1987; Wright dan Smith, 1987). Penurunan nitrogen tanah tersedia ditunjukkan dengan penurunan hasil pada tanaman tidak berbintil dan tidak dipupuk N. Pada tanaman berbintil yang tidak dipupuk, penyematan nitrogen mempunyai andil sangat besar pada N yang diakumulasi, dan penyematan N tersebut termasuk kelompok terbesar dalam penyematan nitrogen tanaman legum (Troedson *et al.*, 1983).

Kandungan N daun yang rendah dengan genangan dalam parit, bertahan antara 28 dan 42 hari setelah dimulai. Biomassa bintil terus meningkat dengan cepat selama aklimasi dengan genangan dalam parit. Menurut Adisarwanto (2001) kondisi jenuh air (genangan dalam parit) pada umur 15-30 hari merupakan kondisi ideal untuk memperbanyak jumlah bintil. Dalam keadaan nitrogen tanah rendah, penyematan N merupakan sumber utama untuk tanaman (Troedson *et al.*, 1985; Guofa, 1990).

Dengan genangan dalam parit, tanaman menyerap nitrogen tanah lebih sedikit dibanding pengairan biasa. Kultivar S15 dengan genangan dalam parit tanpa pupuk nitrogen pemacu, mendapatkan 74 % nitrogen dari udara, sedangkan dengan pengairan biasa hanya 54 %. Walaupun pembentukan bintil yang banyak merupakan karakteristik tanaman kedelai yang mendapat genangan dalam parit, adanya bintil tidak penting untuk peningkatan hasil. Ini ditunjukkan dari hasil tanaman tidak berbintil tetapi dipupuk N ternyata lebih tinggi dibanding tanaman berbintil yang tidak dipupuk (Troedson *et al.*, 1985).

Di daerah dengan sumber air terbatas, sering dilakukan giliran pengairan dengan selang waktu berbeda-beda misalnya seminggu atau dua minggu sekali. Di daerah semacam ini genangan dalam parit tidak dapat diterapkan terus menerus, sehingga perlu dikaji kemungkinannya untuk diterapkan sesuai dengan giliran pengairan setempat. Saat dilakukan giliran pengairan diterapkan genangan dalam parit, saat tidak ada pengairan lahan tidak diairi.

Apakah dengan genangan dalam parit bergilir metabolisme nitrogen dapat berjalan seperti genangan dalam parit terus menerus, masih belum ada penelitian yang memberikan informasi ini. Selain itu juga belum diketahui dengan genangan dalam parit bergilir berapa jeluk muka air di bawah permukaan tanah yang optimum. Untuk menjawab beberapa permasalahan tersebut dilakukan suatu penelitian dengan tujuan untuk mempelajari pengaruh jeluk muka air optimum genangan dalam parit bergilir terhadap metabolisme nitrogen.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dengan percobaan dilakukan antara bulan Juli sampai dengan Oktober 1997 di Kebun Percobaan Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian UGM. Tinggi tempat percobaan 130 m dpl. Tidak terjadi hujan selama penelitian berlangsung. Penelitian dilakukan dengan rancangan antar lokasi (*over site*) acak kelompok 4x2, dengan 3 blok sebagai ulangan. Faktor pertama sebagai lokasi adalah perlakuan cara pengairan, terdiri dari Kontrol, genangan dalam parit bergilir satu minggu sekali dengan

jeluk muka air saat pengairan 5 cm (Berg 5), 15 cm (Berg 15) di bawah permukaan tanah dan genangan dalam parit terus menerus (Terus). Faktor kedua adalah jenis tanah, terdiri dari tanah Grumusol yang diambil dari Kecamatan Moyudan dan tanah Regosol yang diambil dari Bulaksumur.

Kontrol diluapi dua minggu sekali selama satu jam, kemudian air didrainasi. Perlakuan Terus diberikan genangan dalam parit terus menerus dengan jeluk muka air 15-20 cm di bawah permukaan tanah, mulai 2 MST sampai panen. Berg diberikan genangan dalam parit seminggu sekali, dengan jeluk muka air waktu pengairan sedalam 5 atau 15 cm di bawah permukaan tanah selama 24 jam, kemudian pemberian air dihentikan dan air dibiarkan meresap ke dalam tanah untuk penanaman.

Pengamatan berupa pengamatan kandungan lengas tanah, variabel fisiologis, bobot kering bintil, biji dan tanaman. Pengamatan kandungan lengas tanah sebelum pengairan dilakukan di bagian tengah petak pada jeluk 5-10 cm dengan metode gravimetri pada 10 MST. Data yang diperoleh dikonversi ke potensial air tanah, dilakukan dengan percobaan tambahan untuk mencari hubungan kandungan lengas tanah gravimetris dengan potensial air tanah menggunakan kolom air bergantung dan piring tekan. Pengamatan berat kering bintil, dilakukan pada 6 dan 10 MST. Pengamatan variabel fisiologis yang dilakukan berupa aktivitas penyematan nitrogen dengan metode reduksi asetilen pada 6 dan 10 MST menggunakan gas kromatografi, aktivitas enzim nitrat reduktase daun dan kadar nitrogen daun pada 10 MST. Aktivitas Enzim nitrat reduktase *in vitro* di amati seperti dalam Hartiko *et al.* (1984) menggunakan spektrofotometer. Pengamatan kualitas hasil yang dilakukan berupa kadar protein biji.

Data yang diperoleh dianalisis sidik ragam, bila beda nyata dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan taraf 5 %. Dicari persamaan regresi hubungan berbagai variabel pengamatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Cara pengairan mempengaruhi potensial air tanah. Genangan dalam parit dapat mempertahankan potensial air tanah tetap tinggi. Meskipun tidak ada perbedaan secara statistik, tetapi dapat diketahui dengan genangan dalam parit terus menerus, potensial air tanah pada jeluk 5 sampai 10 cm selalu berada di sekitar kapasitas lapangan. Genangan dalam parit bergilir satu minggu sekali, menyebabkan penurunan potensial air walaupun tidak nyata. Dengan jeluk muka air saat pengairan sedalam 15 cm, potensial air sedikit lebih rendah dibanding pada jeluk 5 cm. Jadi semakin dalam jeluk muka air, saat tidak diairi potensial air cenderung menjadi semakin rendah.

Pengairan kontrol yaitu cara pengairan yang dilakukan oleh petani dengan diluapi dua minggu sekali, menyebabkan potensial air sangat rendah saat tidak diairi. Potensial air tanah kontrol rata-rata mencapai -1,16 MPa. Menurut kesepakatan, secara umum tanaman akan menjadi layu tetap bila potensial air tanah mencapai -1,50 MPa. Dari data pendukung dapat diketahui, tanaman kedelai kultivar Wilis menjadi layu tetap bila potensial air tanah mencapai sekitar -2,10 MPa. Dengan demikian, meskipun potensial air kontrol sangat rendah, tetapi saat tidak diairi tanaman belum mencapai keadaan layu tetap. Ini juga didukung dengan kenyataan keadaan tanaman di lapangan yang tidak menampakkan gejala kelayuan secara visual.

Antara 6 sampai 10 MST terjadi peningkatan bobot kering bintil. Cara pengairan tidak mempengaruhi bobot kering bintil, baik pada tanaman berumur 6 maupun 10 minggu. Meskipun demikian, terdapat kecenderungan dengan genangan dalam parit terus menerus, bintil kedelai lebih berat dibanding pada perlakuan pengairan lain.

Laju penyematan nitrogen dinyatakan dengan aktivitas reduksi asetilin (ARA) seperti pada Tabel 1. Cara pengairan tidak merubah kemampuan penyematan nitrogen. Dengan genangan dalam parit terus menerus maupun bergilir, kemampuan penyematan nitrogen tiap satuan bobot bintil maupun per tanaman, tidak berbeda nyata dibanding dengan kontrol. Dengan genangan dalam parit diharapkan penyematan nitrogen dapat meningkat karena kontrol berganti-ganti mengalami kejenuhan dan kekeringan. Menurut King dan Purcell, 2001) akibat kekeringan penyematan nitrogen telah menurun sebelum proses lain menurun termasuk di dalamnya fotosintesis dan penyerapan nitrogen tanah.

Baik kemampuan penyematan tiap satuan bobot bintil maupun per tanaman, menurun dengan bertambahnya umur tanaman. Pernyataan Ralph (1983) bahwa dengan genangan dalam parit bintil akar akan aktif pada saat pengisian polong, tidak terbukti pada percobaan ini. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa saat pengisian polong, bintil akar yang mendapat genangan dalam parit menurun kemampuannya sama dengan kontrol. Meskipun tanaman yang mendapat genangan dalam parit terus menerus mempunyai bobot kering bintil cenderung lebih berat, tetapi karena aktivitas bintilnya lebih rendah, maka laju penyematan nitrogen per tanaman pada perlakuan tersebut tidak berbeda dengan kontrol.

Terdapat pengaruh cara pengairan terhadap aktivitas nitrat reduktase (ANR) baik per satuan bobot daun maupun per tanaman. Tabel 1 menunjukkan ANR tiap gram daun pada genangan dalam parit terus menerus, lebih rendah dibanding ANR kontrol, walaupun tidak nyata. Bila dibandingkan dengan ANR tanaman yang mendapat genangan bergilir, ANR genangan terus nyata lebih rendah. Meskipun demikian, karena tanaman yang mendapat genangan dalam parit terus mempunyai daun lebih banyak, maka total ANR per tanaman pada perlakuan tersebut nyata lebih tinggi dibanding pada perlakuan lain.

Menurut Hale dan Orcutt (1987) aktivitas nitrat reduktase menurun pada tanaman yang mengalami cekaman air seperti yang terjadi pada kontrol saat tidak diairi. Penurunan tersebut mungkin berhubungan dengan penurunan translokasi nitrat di dalam xylem. Masih belum jelas penurunan aktivitas tersebut apakah disebabkan oleh penurunan kegiatan enzim, penurunan sintesis enzim atau peningkatan kerusakan enzim. Oleh Sinha dan Nicholas (1981) ditambahkan terjadi penurunan aktivitas nitrat reduktase pada gandum, barley, sorgum, jagung, kubis dan safflower saat terjadi kekeringan dan disertai dengan peningkatan kandungan prolin.

Cara pengairan berpengaruh terhadap kandungan nitrogen daun maupun bobot nitrogen daun per tanaman. Dengan genangan dalam parit terus menerus, tanaman mempunyai kandungan nitrogen daun maupun bobot nitrogen daun lebih tinggi dibanding kontrol. Menurut Wien *et al.* (1979) akibat genangan seperti pada pengairan kontrol saat diluapi, menyebabkan kandungan nitrogen daun menurun dari 4,39 % menjadi 2,50 %, sedangkan bobot N daun per tanaman menurun dari 126 mg menjadi 70 mg.

Tabel 1. Potensial air tanah dan metabolisme nitrogen pada tanaman kedelai

Tolok ukur	Kontrol	Genangan dalam parit		
		Berg 5	Berg 15	Terus
Potensial air tanah (MPa)	-1,16 b	-0,16 a	0,35 a	-0,31 a
Bobot kering bintil (g tanaman ⁻¹)				
6 MST	0,09 a	0,12 a	0,18 a	0,24 a
10 MST	0,30 a	0,22 a	0,28 a	0,43 a
Aktivitas reduksi asetilen bintil akar ($\mu\text{M g}^{-1} \text{jam}^{-1}$)				
6 MST	2,75 a	1,85 a	0,80 a	1,40 a
10 MST	0,30 a	0,17 a	0,13 a	0,12 a
Aktivitas reduksi asetilen per tanaman ($\mu\text{M jam}^{-1}$)				
6 MST	0,29 a	0,10 a	0,16 a	0,36 a
10 MST	3,96 a	2,22 a	1,92 a	3,35 a
Aktivitas nitrat reduktase daun ($\mu\text{M g}^{-1} \text{jam}^{-1}$)				
10 MST	0,247 ab	0,253 a	0,262 a	0,217 b
Aktivitas nitrat reduktase daun per tanaman ($\mu\text{M jam}^{-1}$)				
10 MST	0,98 a	1,04 a	1,39 a	2,70 b
Kadar nitrogen daun (%)				
10 MST	2,05 b	2,69 a	2,34 ab	2,58 a
Bobot nitrogen daun (g/tanaman)				
10 MST	0,84 b	1,13 b	1,28 b	3,31 a
Kadar protein biji (%)	35,09 a	36,44 a	37,68 a	35,62 a
Bobot protein biji (g tanaman ⁻¹)	2,40 ab	2,14 b	3,12 ab	3,84 a

Keterangan: nilai diikuti huruf sama pada baris tidak berbeda nyata pada jenjang 5 % dengan uji jarak berganda Duncan

Genangan dalam parit bergilir, dapat meningkatkan kandungan nitrogen daun, terutama dengan jeluk muka air 5 cm di bawah permukaan tanah. Dengan jeluk 5 cm tersebut, kandungan nitrogen daun bahkan sedikit lebih tinggi dibanding dengan genangan dalam parit terus menerus. Meskipun demikian, bobot nitrogen daun per tanaman dengan cara bergilir, tidak berbeda dengan kontrol dan nyata lebih rendah dibanding dengan genangan dalam parit terus menerus. Cekaman air yang terjadi pada tanaman kontrol menurut De Souza *et al.* (1997), juga memacu penuaan daun yang ditunjukkan dengan penurunan kandungan klorofil dan N daun lebih cepat.

Bobot kering bintil per tanaman mempunyai kolerasi dengan bobot nitrogen dalam daun ($r = 0,88^*$) dan bobot protein biji ($r = 0,80^*$). Semakin berat bobot kering bintil semakin berat nitrogen yang dapat diakumulasi di dalam daun dan semakin berat protein yang dapat dibentuk di dalam biji.

Bobot kering bintil yang tinggi tidak selalu mencerminkan aktivitas penyematan nitrogen yang juga tinggi. Tidak ada korelasi antara bobot kering bintil dengan laju penyematan nitrogen ($r = 0,42$). King dan Purcell (2001) juga mendapatkan bahwa kekeringan menekan ARA tetapi tidak mempengaruhi bobot bintil.

Hasil penelitian ini menunjukkan tidak ada korelasi antara laju penyematan nitrogen per tanaman dengan kandungan nitrogen ($r = 0,21$) dan kandungan protein biji ($r = 0,25$). Bobot nitrogen daun dan bobot protein biji ternyata mempunyai korelasi dengan aktivitas nitrat reduktase per tanaman masing-masing sebesar 0,93 dan 0,70. Pada

kacang tanah Saini dan Srivastawa (1981) mendapatkan bahwa aktivitas nitrat reduktas mempunyai korelasi dengan kandungan protein biji. Terdapat hubungan antara bobot nitrogen daun, dengan bobot protein biji ($r = 0,85^*$). Tanaman yang mendapat genangan dalam parit terus menerus dengan bobot nitrogen daun nyata lebih tinggi dibanding kontrol, mempunyai bobot protein biji sekitar 60 % lebih tinggi, meskipun secara statistik tidak berbeda nyata.

Percobaan ini menunjukkan bahwa genangan dalam parit dapat meningkatkan bobot nitrogen dalam daun dan bobot protein dalam biji. Peningkatan tersebut ternyata lebih banyak disebabkan oleh peningkatan aktivitas nitrat reduktase per tanaman dibanding peningkatan reduksi asetilen per tanaman. Tingginya bobot senyawa yang mengandung nitrogen di dalam tanaman yang mendapat genangan dalam parit dipengaruhi oleh kemampuan tanaman merubah nitrat menjadi nitrit dan tidak dipengaruhi oleh kemampuan penyematan nitrogen oleh bintil akar. Dengan demikian tanaman yang mendapat genangan dalam parit diduga menyerap nitrat dari dalam tanah lebih banyak dibanding yang mendapat pengairan kontrol. Fan *et al.* (2002) menyatakan ANR di tajuk meningkat sangat tajam saat ada nitrat dan terus meningkat sesuai dengan aras peningkatan nitrat. Dugaan ini didukung oleh penelitian Indradewa (2002) yang mendapatkan bahwa kandungan nitrogen tanah setelah penanaman kedelai dengan genangan dalam parit di tanah regosol nyata lebih rendah dibanding di tanah yang mendapat pengairan kontrol.

Berbeda dengan hasil percobaan ini, Guofa (1990) menyatakan bahwa genangan dalam parit meningkatkan penyematan nitrogen 44 % di atas cara pengairan biasa. Pengaruh tersebut mempunyai hubungan dengan penurunan penyerapan nitrogen tanah, peningkatan nitrogen dalam tajuk dan peningkatan pembentukan bintil. Tanaman yang mendapatkan genangan dalam parit, mendapatkan nitrogen lebih banyak dari penyematan nitrogen dari bintil yang terus berlangsung sepanjang pertumbuhan tanaman.

Dari penelitian ini juga dapat diketahui bahwa genangan dalam parit meningkatkan ANR dan bobot bintil, namun tidak meningkatkan ARA. Peningkatan bobot bintil karena ketersediaan air yang lebih baik pada tanaman yang mendapat genangan dalam parit seharusnya meningkatkan ARA, namun peningkatan penyerapan nitrat yang meningkatkan ANR diduga telah menekan ARA.. Fan *et al.* (2002) dan Kato *et al.* (2003) menyatakan bahwa peningkatan penyerapan nitrat menyebabkan penghambatan penyematan nitrogen.

KESIMPULAN

1. Genangan dalam parit menyebabkan lengas berada di sekitar kapasitas lapangan, sedangkan pengairan kontrol seperti yang dilakukan petani menyebabkan lengas berubah dari jenuh saat diairi sampai hampir mencapai titik layu saat tidak diairi.
2. Genangan dalam parit meningkatkan pembentukan bintil akar, namun tidak meningkatkan penyematan nitrogen.
3. Peningkatan jumlah nitrogen daun dan bobot protein biji akibat genangan dalam parit, disebabkan oleh peningkatan aktivitas nitrat reduktase, bukan karena peningkatan penyematan nitrogen udara.

DAFTAR PUSTAKA

- Adie, M.M., Soegito, Rodiah, H. Purnomo. 1990. Tanggapan beberapa genotipe kedelai terhadap cara budidaya basah dan kering. *Risalah hasil penelitian tanaman pangan tahun 1990*. Bogor. Hal. 8-13.
- Cooper, R.L., R.J. Lawn and H.V.A. Bushby. 1993. Improving yield potensial of irrigated soybean. *CSIRO Biennial Research Report 1992-1993*. pp. 15-16.
- De Souza, P.I., D.B. Egli, and W.P. Bruening. 1997. Water stress during seed filling and leaf senescence in soybean. *Agron. J.* 89: 807-812.
- Fan, X. H., C. Tang, Z. Rengel. 2002. Nitrate uptake, Nitra
- Guofa, W. 1990. *Evaluation of soybean in saturated soil culture related to its adaptation and nitrogen fixation*. Thesis Abstr. of AGS Student.
- Hale, M.G. and D.M. Orcutt. 1987. *The physiology of plant under stress*. John Wiley and Sons. New York. pp. 5-44.
- Hartley, R.A., R.J. Lawn and D.E. Byth. 1987. Supernodulating soybean in saturated soil culture. *CSIRO Annual Report 1986-1987*. pp. 104-105.
- Manwan, I. Sumarno, A.S. Karama, A.M. Fagi. 1990. *Teknologi peningkatan produksi kedelai di Indonesia*. Puslitbangtan. Bogor. 49 hal.
- Ralph, W. 1983. Soybean respond to controlled waterlogging. *Rural Res.* 120: 4-8.
- Saini, H.S. and A.K. Srivastava. 1981. Osmotic stress and the nitrogen metabolism of two groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cultivar. *Irrig. Sci.* 2: 185-192.
- Sinha, S.K. and D.J.D. Nicholas. 1981. *Nitrat reduktase*. In: *The physiology and biochemistry of drought resistance in plants*. Paleg, L.G. and D. Aspinal (eds.). Academic Press. Sydney. pp. 145-168.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 1998. *Plant Physiology* 2nd ed. Sinauer Associates. Inc. Publ. Massachusetts.
- Troedson, R.J., R.J. Lawn and D.E. Byth. 1982. Wet soil culture of soybeans. *CSIRO Annual Report 1981-1982*. p. 40.
- Troedson, R.J., R.J. Lawn and D.E. Byth. 1983. Saturated soil culture of soybeans. *CSIRO Annual Report 1982-1983*. pp. 35-36.
- Troedson, R.J., R.J. Lawn, D.E. Byth and G.L. Wilson. 1985. *Saturated soil culture - an innovative water management option for soybean in the tropics and subtropics*. In: *Soybean in Tropical and Subtropical Cropping System*. Proceeding of A Symposium. Sanmugasundaram, S. and E.W. Sulzberger (eds.). The Asian Vegetable Research and Development Center. Shanhua. Taiwan. China. pp. 171-180.
- Wien, C., R. Lal, E.L. Pulber. 1979. Effects of transient flooding on growth and yield of some tropical crops. In: *Soil Physical Properties and Crop Production in The Tropics*. John Wiley and Sons. New York. pp. 235-245.
- Wright, G.C. and C.J. Smith. 1987. Soybeans root distribution under wet soil culture on a red-brown earth. *Plant and Soil* 103: 129-133.