

## Hubungan Antara Penggenangan Dini dan Potensi Redoks, Produksi Etilen dan Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi (*Oryza sativa*) Sistem Tabela

### *The Relationship between Early Submerging and Redox Potential, Ethylene Production, and its Effects on Growth and Yield of Rice (*Oryza sativa*) on Direct Seeding System*

IGK. Dana Arsana<sup>1)</sup>, S. Yahya<sup>2)</sup>, A.P. Lontoh<sup>2)</sup>, H. Pane<sup>3)</sup>

#### ABSTRACT

The research was conducted at the Rice Research Center, Sukamandi and at the Biotechnology Research Center, Bogor. A two factors factorial experiment was arranged on Split Plot Design, where three levels of submerging: saturated, 5 and 10 cm in depth were assigned as the main plot and three lowland rice genotypes: IR 64, S. 3254-29-21-2 and S. 3382-2d-16-3 lines as subplots. The results indicate that submerging revealed a significant effect on increasing the redox potential, pH, ethylene production, and yield, however decreasing weed infestation. Almost there was no significant difference among three genotypes on their ethylene, growth and yield, and also on their responses to the submerging treatment. Furthermore, submerging at 5 cm depth increased yield by 110 kg ha<sup>-1</sup>, or about 1.5 percent compared to just saturated condition. On the other hands, submerging at 10 cm depth increased yield by 612 kg<sup>-1</sup>. In term of varieties, the promising lines of S.3254-29-21-2 and S.3382-2d-16-3 did not prove to have a difference with IR 64, in terms of their tolerance to early submerging condition.

Key words : Submerging, Redox potential, Ethylene, Direct seeding system

#### PENDAHULUAN

Peluang peningkatan produksi padi sawah dapat dilakukan melalui penggenangan. Penggenangan pada budi daya padi sawah berperan mempercepat proses dekomposisi mulsa atau jerami dan melunakkan tanah sebelum penanaman. Semakin menyurutnya tinggi genangan akan memberi peluang bagi meningkatnya populasi gulma dan dapat menekan hasil padi (Bhan, 1983).

Penggenangan menyebabkan perubahan-perubahan kimia tanah, yang ditentukan oleh potensial reduksi-oksidasi (redoks). Pada pH 7 dengan nilai potensial redoks 450 – 550 mV mulai terjadi reduksi nitrat (denitrifikasi), antara 350 – 450 mV mulai terbentuk Mn<sup>2+</sup>, pada 300 mV tidak ada O<sub>2</sub> bebas, pada 250 mV tidak ada nitrat, pada 150 mV mulai terbentuk Fe<sup>2+</sup>, pada – 50 mV mulai terjadi reduksi sulfat membentuk H<sub>2</sub>S (Marschner, 1986). Perubahan-perubahan penting kimia tanah menyangkut tingkat ketersediaan beberapa unsur hara bagi tanaman.

Tanggap tanaman terhadap cekaman secara umum, termasuk penggenangan adalah meningkatnya kadar

etilen (Wang *et al.*, 1990) Hormon etilen tersebut merangsang terbentuknya jaringan aerenkima dan munculnya akar-akar dan tunas baru, sebagai mekanisme adaptasi tanaman padi terhadap genangan. Di pihak lain ada kekhawatiran terhadap penggenangan dini yang diduga dapat menghambat perkecambahan dan pertumbuhan awal padi sawah pada sistem Tabela (tanam benih langsung), padahal penggenangan diperlukan bagi pengendalian gulma.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari hubungan respon potensi redoks dan produksi etilen dengan pertumbuhan dan hasil padi pada kondisi cekaman penggenangan sejak dini pada sistem Tabela.

#### BAHAN DAN METODE

##### *Bahan dan Alat*

Penelitian dilaksanakan di Balai Tanaman Padi (Balitpa) Sukamandi dan Balai Penelitian Bioteknologi (Balitbio) – Bogor, pada musim tanam I, November 2000 hingga Maret 2001.

<sup>1)</sup> Staf BPTP Bali

<sup>2)</sup> Staf Pengajar Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian IPB

<sup>3)</sup> Peneliti pada Balitpa Sukamandi

Bahan yang digunakan adalah : sepetak lahan sawah irigasi (masing-masing unit petak adalah 5 m x 6 m), varietas IR 64, Galur S. 3254 – 29 – 21 – 2, Galur S.3382 – 2d – 16 – 3. Pupuk nitrogen yang berasal dari urea prill, SP 36, KCl, ajir bambu, papan kayu, plastik bahan paga, piezometer, furadan, oven, gelas erlemeyer, botol akar, karet penutup, syringe dan kromatografi gas.

Alat-alat utama yang digunakan adalah: alat pengolah tanah, alat perata tanah, pompa air, meteran, timbangan, skala miring, *water pas*, *sprayer*, pH meter untuk mengukur potensi redoks dan alat untuk mengukur luas daun (*leaf area meter*).

#### Rancangan

Rancangan yang digunakan adalah: Petak–terpisah dengan empat ulangan. Ukuran per petak 5 m x 6 m. Perlakuan terdiri atas dua faktor yaitu tiga penggenangan dan tiga varietas. Petak utama adalah penggenangan terdiri dari macak-macam ( $P_1$ ), penggenangan dengan ketinggian air 5 cm dan ( $P_2$ ) penggenangan dengan ketinggian air 10 cm ( $P_3$ ). Anak petak adalah penggunaan tiga jenis varietas (V): Varietas IR 64 ( $V_1$ ), Galur S. 3254 – 29 – 21 – ( $V_2$ ) dan Galur S.3382 – 2d – 16 – 3 ( $V_3$ ) dan diulang 4 kali.

#### Pelaksanaan Percobaan

Setelah pengolahan tanah dilakukan pemetakan. Perataan petakan bertujuan untuk mengatur ketinggian penggenangan. Benih direndam selama 24 jam kemudian diperam selama 12 jam (jarak tanam 25 cm x 25 cm, benih sebanyak 6 biji setiap titik). Urea diberikan tiga kali. Pupuk SP-36 dan KCl 100 kg ha<sup>-1</sup>. Penggenangan dimulai sejak 5 hari sampai 80 hari setelah tanam (HST).

#### Pengamatan yang Dilakukan

Pengamatan terhadap padi meliputi: kandungan etilen pada akar, pertumbuhan tanaman, laju pertumbuhan tanaman, hasil dan komponen hasil. Pengukuran lainnya yang dilakukan adalah potensial redoks daerah perakaran, dan pertumbuhan gulma.

*Potensial redoks.* Peubah diukur pada tanah kedalaman 10 cm, saat tanaman umur 30, 50 dan 70 HST. Pengukuran dilakukan dengan cara, tanah dimasukkan ke dalam gelas erlenmeyer dan dilarutkan dalam air dengan perbandingan volume 1 : 1 (50 ml : 50 ml) Alat pengukur potensial redoks (pH meter) dicelupkan ke dalam larutan tersebut selama 5 menit dan selanjutnya angka potensial dapat dibaca.

*Kadar etilen akar.* Analisis etilen akar diukur pada umur 30, 50 dan 70 hari setelah tanam. Etilen akar

diukur dengan metode Lizada dan Yang (1979). Etilen akar diukur dengan cara mengambil contoh di lapangan. Akar segar diambil mulai dari leher akar kemudian dimasukan ke dalam gelas erlenmeyer dan diinkubasikan selama 6 jam, kemudian diambil 1 ml dengan syringe untuk diukur etilennya dengan Kromatograf gas (HITACHI 263 – 50).

*Pengamatan gulma.* Populasi dan bobot kering gulma diamati pada 35 HST dengan mencatat populasi gulma pada setiap petak perlakuan seluas 1m<sup>2</sup> kemudian dikeringkan dengan oven dan dilakukan penimbangan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis tanah sebelum percobaan menunjukkan kesuburan tanah di petak sawah rendah. Hal ini ditandai oleh kadar bahan organik tanah yang rendah (C-organik maupun N total tanah), pH tanah masam, kadar P-tersedia sangat rendah, KTK tanah rendah. Hasil analisis tanah di lapangan sampai kedalaman ± 20 cm menunjukkan tanah memiliki kandungan liat 53.33%, debu 29.73% dan pasir 16.74% yang termasuk dalam klas tekstur liat. Kondisi drainase tanah buruk, hal ini terlihat dari muka air tanah yang dangkal ± 15 cm dari permukaan tanah dan warna tanah kelabu kehijauan.

#### *Potensial Redoks (Eh) dan pH*

Penggenangan berpengaruh nyata terhadap nilai potensial redoks (Eh), pH, dan Etilen (Tabel 1). Terjadi penurunan nilai potensial redoks semakin dalam penggenangan nilai potensial redoks semakin rendah. Sedangkan nilai pH menunjukkan nilai semakin meningkat. Peningkatan pH tanah disebabkan oleh reaksi reduksi di dalam tanah yang mengambil ion H<sup>+</sup> sehingga mengurangi kemasaman tanah. Peningkatan pH juga dapat disebabkan oleh dilepaskan ion OH akibat reduksi besi ferri menjadi besi ferro, kestabilan tercapai apabila telah terjadi keseimbangan antara Fe<sup>2+</sup> dan Mn<sup>2+</sup> diendapkan dan terjadi keseimbangan di dalam tanah (Ponnamperuma *et al.*, 1966).

Terdapat hubungan yang negatif antara perubahan Eh dan pH tanah. Semakin naik pH, semakin rendah nilai Eh. Begitu pula semakin turun nilai redoks, nilai pH semakin naik, dengan nilai R<sup>2</sup> = 0.989. Berdasarkan persamaan regresinya setiap penurunan nilai redoks sebesar 356 mV akan menaikkan sebesar 1 unit pH. Penurunan nilai potensial redoks (Eh) dan kenaikan pH mempunyai pengaruh yang baik terhadap penyerapan unsur hara.

Tabel 1. Pengaruh penggenangan terhadap potensial redoks, pH, dan etilen

Perlakuan	Potensial Redoks (mV)			pH			Etilen (nmol/rumpun/jam)		
	30	50	70	30	50	70	30	50	70
Varietas (V)									
IR.64	487.0 <sup>A</sup>	517.5 <sup>AB</sup>	568.4 <sup>A</sup>	5.9 <sup>A</sup>	5.9 <sup>A</sup>	6.0 <sup>A</sup>	0.50 <sup>C</sup>	0.49 <sup>B</sup>	0.54 <sup>B</sup>
S.3254-29-21-2	529.8 <sup>A</sup>	504.6 <sup>B</sup>	549.9 <sup>A</sup>	5.9 <sup>A</sup>	5.7 <sup>A</sup>	5.9 <sup>A</sup>	0.55 <sup>B</sup>	0.55 <sup>B</sup>	0.58 <sup>A</sup>
S.3382-2d-16-3	503.7 <sup>A</sup>	526.5 <sup>A</sup>	557.1 <sup>A</sup>	5.9 <sup>A</sup>	5.8 <sup>A</sup>	6.0 <sup>A</sup>	0.61 <sup>A</sup>	0.62 <sup>A</sup>	0.60 <sup>A</sup>
Penggenangan (P)									
Macak-macak									
P.5 cm	727.8 <sup>A</sup>	758.5 <sup>A</sup>	722.3 <sup>A</sup>	5.6 <sup>B</sup>	5.7 <sup>B</sup>	5.8 <sup>B</sup>	0.40 <sup>C</sup>	0.40 <sup>C</sup>	0.45 <sup>B</sup>
P.10 cm	476.6 <sup>B</sup>	477.1 <sup>B</sup>	499.3 <sup>B</sup>	5.9 <sup>B</sup>	5.6 <sup>B</sup>	6.0 <sup>A</sup>	0.46 <sup>B</sup>	0.51 <sup>B</sup>	0.48 <sup>B</sup>
P.10 cm	316.1 <sup>C</sup>	313.0 <sup>C</sup>	453.8 <sup>C</sup>	6.3 <sup>A</sup>	5.1 <sup>A</sup>	6.2 <sup>A</sup>	0.80 <sup>A</sup>	0.75 <sup>A</sup>	0.80 <sup>A</sup>
KK (V%)	15.6%	3.8%	9.8%	6.4%	4.0%	2.8%	6.4%	13.2%	6.3%
KK (P,%)	14.0%	14.0%	11.3%	4.8%	4.8%	3.7%	14.4%	12.8%	11.0%

Keterangan : Huruf yang sama pada kolom dan kelompok perlakuan yang sama berarti berbeda tidak nyata pada taraf DMRT 5%.

Keadaan seperti ini sangat berpengaruh baik terhadap penyerapan unsur hara seperti penyerapan P dan berpengaruh baik terhadap pertumbuhan padi. Penelitian Widowati *et al.* (1997) yang dilakukan di rumah kaca terhadap tanah Ultisols menemukan bahwa kelarutan P dipengaruhi oleh Eh dan pH tanah. Penurunan Eh akan meningkatkan kelarutan P, karena  $Al_3PO_4$  berubah menjadi  $Al(OH)_3$ , sehingga P dibebaskan (Tan, 1982).

#### Produksi Etilen

Peningkatan etilen pada jaringan tanaman merupakan tanggap tanaman pada saat mengalami cekaman. Penggenangan nyata dapat meningkatkan produksi etilen pada umur 30, 50 dan 70 HST begitu pula perbedaan varietas yang ditanam (Tabel 1). Semakin rendah potensial redoks, produksi etilen semakin meningkat. Menurunnya nilai potensial redoks sebesar 444.66 mV menyebabkan kenaikan etilen sebesar 1 satuan. Etilen meningkat dengan semakin dalam penggenangan dan produksi etilen juga nyata dipengaruhi oleh varietas. Kenaikan etilen diduga oleh

kondisi anaerob, sejalan pendapat Wang *et al.*, (1990). Bradford dan Dilley (1978) juga menyatakan bahwa etilen terakumulasi dalam tanaman dalam keadaan anaerob.

Produksi etilen dalam jaringan tanaman membutuhkan oksigen ( $O_2$ ), jika jaringan tanaman diinkubasi dalam keadaan anaerob, kemudian dikembalikan ke udara akan memberikan produksi etilen yang besar. Prekursor diubah ke etilen dalam keadaan aerob. Prekursor tersebut adalah aminocyclopropane – 1 – carboxylic acid (ACC) (Yang, 1980). Etilen merangsang pembentukan aerenkhima pada perakaran yang telah ada dan pembentukan akar-akar baru dan anakan untuk meningkatkan ketahanan tanaman, jaringan aerenkhima memfasilitasi pergerakan gas-gas  $O_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$  dan  $C_2H_2$ ) (Drew, 1992).

#### Pertumbuhan Tanaman

Tinggi tanaman dan jumlah anakan. Penggenangan berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah anakan Tabel 2. Penggenangan meningkatkan tinggi tanaman dan anakan 70 HST.

Tabel 2. Pengaruh penggenangan terhadap tinggi tanaman dan jumlah anakan

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)			Anakan (batang)		
	.....Hari Sesudah Tanam .....					
	30	50	70	30	50	70
Varietas (V)						
IR.64	65.8 <sup>A</sup>	73.1 <sup>A</sup>	82.9 <sup>A</sup>	32.4 <sup>A</sup>	34.9 <sup>A</sup>	26.2 <sup>A</sup>
S.3254-29-21-2	67.3 <sup>A</sup>	73.2 <sup>A</sup>	83.6 <sup>A</sup>	32.1 <sup>A</sup>	35.1 <sup>A</sup>	26.1 <sup>A</sup>
S.3382-2d-16-3	67.3 <sup>A</sup>	73.2 <sup>A</sup>	83.8 <sup>A</sup>	30.4 <sup>A</sup>	34.9 <sup>A</sup>	27.3 <sup>A</sup>
Penggenangan (P)						
Macak-macak						
Penggenangan 5 cm	66.4 <sup>A</sup>	72.1 <sup>C</sup>	82.6 <sup>B</sup>	31.5 <sup>A</sup>	35.4 <sup>A</sup>	26.2 <sup>B</sup>
Penggenangan 10 cm	65.8 <sup>A</sup>	73.1 <sup>B</sup>	83.4 <sup>AB</sup>	32.1 <sup>A</sup>	34.9 <sup>A</sup>	26.1 <sup>B</sup>
Penggenangan 10 cm	68.3 <sup>A</sup>	74.3 <sup>A</sup>	84.4 <sup>A</sup>	31.2 <sup>A</sup>	34.7 <sup>A</sup>	27.3 <sup>A</sup>
KK (V%)	4.1%	1.5%	1.2%	5.7%	4.9%	3.5%
KK (P,%)	5.3%	3.9%	1.8%	5.8%	2.6%	3.1%

Keterangan : Huruf yang sama pada kolom dan kelompok perlakuan yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf DMRT 5%

*Analisis pertumbuhan tanaman.* Penggenangan tidak mempengaruhi Indeks Luas Daun (ILD), Laju Pertumbuhan Tanaman (LPT), Laju Asimilasi Bersih (LAB), dan Nisbah Tajuk Akar (NTA).

*Komponen Hasil dan Hasil*

Penggenangan berpengaruh nyata terhadap jumlah malai per rumpun, indeks panen dan gabah kering

panen (GKP. KA. 14%), tidak berpengaruh nyata terhadap gabah per malai, persentase gabah isi, dan bobot 1000 butir (Tabel 3). Jumlah malai per rumpun berpengaruh terhadap gabah kering panen kadar air 14%. Jumlah malai per rumpun berasal dari jumlah anakan produktif per rumpun.

Tabel 3. Pengaruh penggenangan terhadap komponen hasil dan hasil padi

Perlakuan	Σ Malai/rumpun	Σ Gabah per Malai	Σ Persentase Gabah Isi	Bobot 1000 Butir (g)	Indeks Panen	GKP (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Varietas (V)</b>						
IR.64	18.8 <sup>A</sup>	82.4 <sup>A</sup>	92.6 <sup>A</sup>	25.0 <sup>A</sup>	1.3 <sup>A</sup>	7610 <sup>A</sup>
S.3254-29-21-2	19.1 <sup>A</sup>	80.9 <sup>A</sup>	92.4 <sup>A</sup>	25.4 <sup>A</sup>	1.3 <sup>A</sup>	7600 <sup>A</sup>
S.3382-2d-16-3	18.9 <sup>A</sup>	78.2 <sup>A</sup>	88.8 <sup>A</sup>	27.7 <sup>A</sup>	1.3 <sup>A</sup>	7640 <sup>A</sup>
<b>Penggenangan (P)</b>						
Macak-macak	16.7 <sup>B</sup>	80.9 <sup>A</sup>	91.0 <sup>A</sup>	26.2 <sup>A</sup>	1.3 <sup>B</sup>	7380 <sup>B</sup>
P. 5 cm	18.3 <sup>AB</sup>	80.3 <sup>A</sup>	91.2 <sup>A</sup>	26.1 <sup>A</sup>	1.3 <sup>B</sup>	7490 <sup>B</sup>
P. 10 cm	21.8 <sup>A</sup>	80.2 <sup>A</sup>	91.6 <sup>A</sup>	25.9 <sup>A</sup>	1.5 <sup>A</sup>	7990 <sup>A</sup>
KK (V%)	7.3%	7.5%	2.0%	1.2%	2.1%	6.0%
KK (P%)	6.8%	4.6%	2.8%	1.9%	7.4%	9.9%

Keterangan : Huruf yang sama pada kolom dan kelompok perlakuan yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf DMRT 5%

*Indeks panen.* Perlakuan Penggenangan mempengaruhi indeks panen, yang menggambarkan nisbah hasil panen yang bernilai ekonomis (*hasil gabah*) terhadap hasil biologis (*bobot brangkas*) menunjukkan kemampuan tanaman memanfaatkan cahaya matahari untuk pembentukan bahan kering. Indeks panen yang tinggi berarti tanaman lebih efisien mentranslokasikan hasil asimilat yang dihasilkan lebih banyak ke dalam biji.

*Gabah kering panen.* Penggenangan mempengaruhi hasil gabah kering panen. Berbedanya hasil gabah kering panen berhubungan langsung dengan peubah-peubah lainnya yang berinteraksi, baik keadaan lingkungan (potensial redoks dan pH), komponen pertumbuhan, analisis pertumbuhan maupun komponen hasil. Perlakuan macak-macak memberikan hasil 7380 kg ha<sup>-1</sup>, penggenangan 5 cm 7490 kg ha<sup>-1</sup> dan penggenangan 10 cm memberikan hasil sebanyak 7990 kg ha<sup>-1</sup>. Penggenangan 5 cm dibandingkan dengan macak-macak menghasilkan selisih sebanyak 110 kg ha<sup>-1</sup> (1.5%) penggenangan 10 cm menghasilkan 610 kg ha<sup>-1</sup> (8.0%) lebih banyak daripada perlakuan macak-macak.

*Populasi dan Bobot Kering Gulma*

Penggenangan berpengaruh nyata terhadap populasi gulma setiap m<sup>2</sup> (Tabel 4). Penggenangan dapat menekan pertumbuhan gulma selanjutnya memacu pertumbuhan tanaman padi, berbeda dengan perlakuan macak-macak. Lahan macak-macak menciptakan lingkungan yang baik pertumbuhan gulma, sehingga infestasi gulma menjadi lebih hebat, kompetisi padi dengan gulma meningkat.

Berdasarkan penelitian ini disimpulkan :

1. Penggenangan dini mampu menurunkan nilai potensial redoks, menaikkan pH tanah, produksi etilen dan menaikkan jumlah anakan pada 70 HST.
2. Penggenangan meningkatkan gabah kering panen berhubungan erat dengan peningkatan jumlah malai per rumpun yang disebabkan oleh peningkatan jumlah anakan produktif.
3. Tidak terdapat perbedaan kemampuan adaptasi terhadap penggenangan antara ketiga varietas
4. Penelitian perlu dilanjutkan dengan melihat serapan hara pada kondisi tergenang, mengamati tahapan-tahapan terbentuknya etilen pada tanaman padi pada kondisi cekaman penggenangan, dan mengukur kompetisi gulma dengan tanaman padi pada kondisi cekaman penggenangan.

Tabel 4. Pengaruh penggenangan terhadap populasi dan bobot kering gulma

Perlakuan	35 Hari Sesudah Tanam	
	Populasi gulma (batang)	Bobot kering (g)
Varietas (V)		
IR.64	78.9 <sup>A</sup>	159.0 <sup>AB</sup>
S.3254-29-21-2	83.8 <sup>A</sup>	180.3 <sup>A</sup>
S.3382-2d-16-3	81.6 <sup>A</sup>	147.7 <sup>B</sup>
Penggenangan (P)		
Macak-macak	158.8 <sup>A</sup>	250.9 <sup>A</sup>
P. 5 cm	67.3 <sup>B</sup>	187.8 <sup>B</sup>
P. 10 cm	18.2 <sup>C</sup>	48.3 <sup>C</sup>
KK (V%)	22.5%	24.4%
KK (P,%)	30.8%	19.4%

Keterangan : Huruf yang sama pada kolom dan kelompok perlakuan yang sama berarti berbeda tidak nyata pada taraf DMRT 5%

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bradford, K. J., D. R. Dilley. 1978. Effect of root and anaerobiosis on ethylene production, epinasty and growth of tomato plants. *Plant Physiol.* 61:506 – 509.
- Bhan, V.M. 1983. Effects of Hydrology, Soil Moisture Regime, and Fertility Management on Weed Population and their Control in Rice, p. 47-56. *In* : W. H. Smith (ed). *Weed Control in Rice*. IRRI, Los Banos, Philippines.
- Drew, M.C. 1992. Soil aeration and plant root metabolism. *Soil Sci.* 154: 259 – 268.
- Lizada, M.M.C., S.F.Yang. 1974. A simple and sensitive assay for aminocyclopropane-1-carboxylic acid. *Anal. Biochem.* 100 : 140-145.
- Marschner, H. 1986. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, Harcourt Brac Jovanvich, Publ., London.
- Ponnamperuma, F.N., E. Martine, T. Coy. 1966. Influence of redox potential and partial pressure of carbo dioxide on pH value and suspension effect of fluoded Soil. *Soil Sci.* 101 : 421-431
- Tan, K.H. 1982. *Principle of soils chemistry*. The University of Georgia. College of Agriculture, Athens, Georgia.
- Wang, S. Y., C. Y. Wang, A. R. Wellburn. 1990. Role of Ethylene under Stress Conditions, P. 148 – 173. *In* : R. G. Alscher and J.R. Cumming (ed). *Stress Responses in Plants. Adaptations and Acclimation Mechanism*. Willey-Liss, Inc. Publ. New York. 407p.
- Widowati, L.R., D. Nursyamsi, J. Sri Adiningsih. 1997. Perubahan sifat kimia tanah dan pertumbuhan tanaman padi pada lahan sawah baru di rumah kaca. *Jurnal Tanah dan Iklim* 15:50 – 60.
- Yang, S. F. 1980. Regulation of ethylene biosynthesis. *Hort Sci.* 15:238 – 243.