

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/215543269>

Effectiveness of poly-ethylene glycol (PEG) to characterize the response of Soybean genotypes against drought stress

Article · January 2005

CITATION

1

READS

15

4 authors, including:



Widi Sunaryo

Universitas Mulawarman

13 PUBLICATIONS 15 CITATIONS

SEE PROFILE



Wahyu Widoretno

Brawijaya University

6 PUBLICATIONS 5 CITATIONS

SEE PROFILE



S. Sudarsono

Bogor Agricultural University

70 PUBLICATIONS 125 CITATIONS

SEE PROFILE

FRONTIR

JURNAL ILMIAH ILMU-ILMU PERTANIAN UNIVERSITAS MULAWARMAN

HASIL PENELITIAN

Efektivitas Penanaman Tiga Jenis Famili Verbenaceae dalam Tegakan Campuran di Hutan Penelitian dan Pengembangan PT Kutai Timber Indonesia Sebulu	Afif Ruchaemi	53 - 58
Pemanfaatan Limbah Kayu untuk Bahan Campuran Pembuatan Briket Arang	Dharma Widada	59 - 62
Efektivitas Poly Ethylene Glycol (Peg) untuk Karakterisasi Respon Genotipe Kedelai terhadap Cekaman Kekeringan	Widi Sunaryo, Wahyu Widoretno, Hajrial Aswidinnoor, & Sudarsono	63 - 69
Pengaruh Sistem Olah Tanah Intensif (OTI) dan Pemupukan Nitrogen terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung Manis (<i>Zea mays Var. saccharata</i> Sturt)	Desvo Wiesje Rorie	70 - 73
Status Trawl di Perairan Kalimantan Timur	Muhammad Zainuri	74 - 78
Pengaruh Penambahan Anhidrida Asam Maleat dan Waktu Pemasakan pada Getah Pinus (<i>Pinus merkusii</i> Jungh et de Vries) terhadap Sifat-Sifat Gondorukem	Edi Sukaton	79 - 84
Pengaruh Effective Microorganism-4 (Em-4) dan Kompos Limbah Padi terhadap Pertumbuhan dan Produksi Padi (<i>Oryza sativa L.</i>) pada Tanah Entisol	Ketut Sudarsana	85 - 88
Uji Ketahanan beberapa Varietas Padi Sawah (<i>Oryza Sativa L.</i>) Terhadap Serangan Walang Sangit <i>Leptocorisa Acuta</i> Thunb.	Sudarmi Thalib	89 - 92
Analisis Peranan Sektor Perikanan dalam Pembangunan Ekonomi Regional Kabupaten Kutai Kartanegara	Helminuddin	93 - 103
Studi Tentang Potensi dan Tingkat Pemanfaatan Ikan Pelagis di Perairan Manggar Baru Balikpapan Timur	Muhammad Syahrir	104 - 110
Optimasi Kromatografi Gas untuk Analisis Residu Diazinon dan Klorpirifos pada Padi	Muflihah dan Sulistyو Prabowo	111 - 115



Media Komunikasi Ilmu-ilmu Pertanian

ISSN 0216-1516

Akreditasi SK No. 49/Dikti/Kep/2003

Terbit dua kali setahun



FRONTIR

JURNAL ILMIAH ILMU-ILMU PERTANIAN UNIVERSITAS MULAWARMAN

Volume 19 • Nomor 2 • September 2005

PENERBIT

Universitas Mulawarman

Rektorat Kampus Gunung Kelua, Jalan Kuaro I, Kotak Pos 1068 Samarinda 75119

Tel: +62-541-739885, Fax: +62-541-747479, E-mail : pr1_unmul@yahoo.com

PELINDUNG

Rachmad Hernadi

(Rektor Universitas Mulawarman)

PENANGGUNG JAWAB

Ach. Ariffien Bratawinata

(Pembantu Rektor I Universitas Mulawarman)

REDAKSI PELAKSANA

Yosep Ruslim

DEWAN EDITOR

Maman Sutisna (Budidaya Hutan, Fakultas Kehutanan UNMUL)

J. Siahaya (Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan UNMUL)

Edi Budiarmo (Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan UNMUL)

Rusmadi (Ekonomi Pertanian, Fakultas Pertanian UNMUL)

Asfie Maidie (Budidaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNMUL)

Slamet Riyadhhi Gadas (Biometrika Hutan, Balai Penelitian Kehutanan Jakarta)

Nina Juliati (Ekologi Hutan, Balai Penelitian Kehutanan Samarinda)

Hongo Ichiro (College of Bioresource Science, Nihon University, Japan)

Steve Lansing (Santa Fe Institute, University of Arizona, USA)

Midori Kawabe (Institute for Socio-Economic Planning, University of Tsukuba, Japan)

SIRKULASI DAN KORESPONDENSI

Abdul Khadir

ISSN 0216-1516

Akreditasi SK No. 49/Dikti/Kep/2003

Jurnal FRONTIR Universitas Mulawarman PEDOMAN PENULISAN NASKAH

1. Redaksi menerima permohonan menerbitkan tulisan ilmiah dalam bentuk artikel hasil penelitian (article), ulasan balik (review), catatan penelitian (notes), maupun komunikasi (communication) di bidang ilmu-ilmu pertanian.
2. Panjang tulisan 4 - 7 halaman jurnal setelah diedit atau 15 halaman naskah yang ditulis dengan spasi ganda termasuk tabel dan gambar pada kertas berukuran A4 (210x297 mm).
3. Pengetikan: manuskrip harus diserahkan berupa hasil cetakan dan arsip elektroniknya yang disimpan dalam format rich text format (.rtf) agar tidak membawa virus makro. Naskah beserta disketnya dapat dikirimkan kepada:

Redaksi Jurnal FRONTIR

d.a. Sekretariat Rektor (Pembantu Rektor I)
Universitas Mulawarman, Kampus Gunung Kelua,
Samarinda 75123

Website : unmul@ac.id

e-mail: pr1_unmul@yahoo.com

Telp/Fax. +62-541-739885

4. Penyajian tulisan diusahakan mengikuti tatanan sebagai berikut:
 - a. judul tulisan (disajikan ringkas dalam Bahasa Indonesia dan Inggris),
 - b. nama penulis ditulis secara lengkap yang disertai keterangan mengenai pekerjaan/profesi dan alamat tempat bekerja/komunikasi, telp/fax, e-mail.
 - c. abstrak disajikan dalam satu bahasa yaitu Bahasa Inggris dengan panjang tidak melebihi 200 kata,
 - d. keywords disajikan dalam Bahasa Inggris, dengan panjang tidak melebihi 5 kata,
 - e. Pendahuluan berisi latar belakang dan tujuan penelitian,
 - f. metode penelitian,
 - g. hasil dan pembahasan,
 - h. kesimpulan dan saran,
 - i. daftar pustaka menyajikan pustaka yang digunakan dalam tulisan secara urut mengikuti abjad terdepan nama belakang penulis,
 - j. lampiran,
 - k. foto hitam-putih.
5. Penulisan pustaka
Pustaka yang dicantumkan dalam daftar pustaka hanya pustaka yang dikutip dalam teks. Penulisan sumber tulisan dalam teks yang ditulis oleh satu atau dua orang dinyatakan dengan penulis dan tahunnya, misalnya Richards (1952) atau (Richards, 1952), (Sutisna dan Ruhayat, 2000) atau Sutisna dan

Ruhayat (2000) tergantung kepada susunan kalimat. Komunikasi pribadi (personal communication) dan data yang tidak diterbitkan tidak dicantumkan dalam daftar pustaka, tetapi dicantumkan sumbernya dalam teks, contoh (Bratawinata, data tidak dipublikasikan, 1999).

Buku:

Lamprecht, H. 1986. *Waldbau in den Tropen (Silviculture in the tropics)*. Verlag Paul Parey, Hamburg. 318p.

Artikel dalam buku:

Soerianegara, I. 1996. Masalah permudaan hutan pada pengusahaan hutan tropika humida di Indonesia, dalam Ekologi dan pengelolaan sumberdaya hutan. Jurusan Manajemen Hutan. IPB, Bogor. hal. 112-124.

Artikel dalam jurnal:

Sumaryono. 1998. Sebaran spasial jenis-jenis pohon di hutan Kalimantan Timur dalam hubungannya dengan topografi dan tipe tanah. *Buletin Rimba Kalimantan* vol. 3, hal. 13-24.

Prosidings:

Rahayu, S. 1999. The impacts of fire on the diversity and biomass of macro fungi. In impact of fire and human activities on forest ecosystems in the tropics (Proc. 3rd intern. Symp. Asian Trop. For. Mgt. Samarinda, Indonesia. Tropical Forest Research Center Mulawarman University and Japan International Cooperation Agency)

Pustaka dari website:

Diaz, H.F. 1997. Precipitation trends and water consumption in the Southwestern United States USGS Web Conference, URL: <http://geochange.er.usgs.gov/sw/changes/naturl/diaz/>.

6. Redaksi berhak menyunting/mengubah naskah yang dianggap perlu tanpa mengubah maksud dan arti naskah tersebut.
7. Setiap artikel yang dimuat diwajibkan memberikan kontribusi sebesar Rp. 250.000,- penulis artikel akan mendapat 1 (satu) eks Jurnal FRONTIR yang membuat artikel tersebut, dan 10 cetak lepas dari artikel.

JURNAL FRONTIR UNIVERSITAS MULAWARMAN

Volume 19 Nomor 1	Maret 2005
Identifikasi Satwaliar di Kawasan Peruntukan Tambang Batubara, PT Trubaindo, Kutai Barat, Chandradewana Boer	1 - 4
Patogenisitas Jamur <i>Pyricularia Oryzae</i> Cav. Pada Beberapa Spesies Gulma <i>Gramineae</i> dan Kultivar Differensial Padi (<i>Oryza sativa</i> L.), E. Akhmad Syaifudin	5 - 7
Isoladi dan Identifikasi Bakteri Penghasil Fitase, Heru Kusdianto, Dwi Andreas Santosa & Muhammad Herman	8 - 11
Dampak Peningkatan Ekspor Sektor-sektor Pertanian Terhadap Perekonomian Indonesia pada Masa Krisis Ekonomi: SAM Analisis, Achmad Zaini	12 - 17
Pemanfaatan Gelombang Ultrasonik Penghambat Proses Pembusukan Udang Windu (<i>Penaeus monodon</i>), Jamaluddin	18 - 23
Efek Fenol terhadap Regulasi Osmotik Udang Windu (<i>Penaeus monodon</i> Fab.), H.S. Sanusi, Haeruddin & A. Rafii	24 - 27
Pertumbuhan dan Kestabilan Tanaman Jati Umur 2 Tahun dari Asal Bibit yang Berbeda pada Lahan Semak Belukar di Areal Hutan Penelitian Samboja, Ismail dan Djumansi Derita	28 - 31
Analisis Finansial Usaha Pembenihan Ikan di Balai Benih Sentral Ikan Air Tawar Sebulu Kecamatan Sebulu Kabupaten Kutai Kertanegara Provinsi Kalimantan Timur, Helminuddin	32 - 37
Analisis Finansial Usaha Pemanfaatan Sumberdaya Pesisir dan Laut Desa Tanah Kuning Kecamatan Tanjung Palas Timur Kabupaten Bulungan, Muhamad Syafril	38 - 42
Pengaruh Jenis Gula Pasir dan Saat Penambahannya Terhadap Sifat-sifat Sari Jahe (<i>Zingiber Officinale</i> Rose), Hudaida Syahrumsyah	43 - 47
Analisis Faktor Produksi yang Mempengaruhi Nilai Tambah Sub Sektor Perikanan di Kalimantan Timur, Zamruddin Hasid	48 - 52
Volume 19 Nomor 2	September 2005
Efektivitas Penanaman Tiga Jenis Famili Verbenaceae dalam Tegakan Campuran di Hutan Penelitian dan Pengembangan PT Kutai Timber Indonesia Sebulu, Afif Ruchaemi	53 - 58
Pemanfaatan Limbah Kayu untuk Bahan Campuran Pembuatan Briket Arang, Dharma Widada	59 - 62
Efektivitas Poly Ethylene Glycol (Peg) untuk Karakterisasi Respon Genotipe Kedelai terhadap Cekaman Kekeringan, Widi Sunaryo, Wahyu Widoretno, Hajrial Aswidinnoor, & Sudarsono.	63 - 69
Pengaruh Sistem Olah Tanah Intensif (OTI) dan Pemupukan Nitrogen terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung Manis (<i>Zea mays</i> Var. <i>saccharata</i> Sturt), Desvo Wiesje Rorie	70 - 73
Status Trawl di Perairan Kalimantan Timur, Muhammad Zainuri	74 - 78
Pengaruh Penambahan Anhidrida Asam Maleat dan Waktu Pemasakan pada Getah Pinus (<i>Pinus merkusii</i> Jungh et de Vries) terhadap Sifat-Sifat Gondorukem, Edi Sukaton	79 - 84
Pengaruh Effective Microorganism-4 (Em-4) dan Kompos Limbah Padi terhadap Pertumbuhan dan Produksi Padi (<i>Oryza sativa</i> L.) pada Tanah Entisol, Ketut Sudarsana	85 - 88
Uji Ketahanan beberapa Varietas Padi Sawah (<i>Oryza Sativa</i> L.) Terhadap Serangan Walang Sangit <i>Leptocorisa Acuta</i> Thunb., Sudarmi Thalib	89 - 92
Analisis Peranan Sektor Perikanan dalam Pembangunan Ekonomi Regional Kabupaten Kutai Kartanegara, Helminuddin	93 - 103
Studi Tentang Potensi dan Tingkat Pemanfaatan Ikan Pelagis di Perairan Manggar Baru Balikpapan Timur, Muhammad Syahrir	104 - 110
Optimasi Kromatografi Gas untuk Analisis Residu Diazinon dan Klorpirifos pada Padi, Muflihah dan Sulistyio Prabowo	111 - 115

Efektivitas Poly Ethylene Glycol (Peg) untuk Karakterisasi Respon Genotipe Kedelai Terhadap Cekaman Kekeringan

(Effectiveness of Poly Ethylene Glycol (Peg) to Characterize the Response of Soybean Genotypes Against Drought Stress)

WIDI SUNARYO¹⁾, WAHYU WIDORETNO²⁾, HAJRIAL ASWIDINNOOR³⁾ dan SUDARSONO^{3*)}

1) Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman

2) Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Brawijaya, Malang

3) Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor

(* alamat korespondensi, e-mail : agrspipb@indo.net.id)

ABSTRACT

Polyethylene glycol (PEG) solution is able to homogenously reduce water potential, therefore, it can be used to imitate soil water stress. The objectives of this research were to determine the effectiveness of PEG solution to characterize and evaluate the tolerance of three soybean genotypes against drought stress at vegetative growth stage. Soybean seedlings were grown on semi hydroponics system using greenlaf as supporting medium. The seedlings were watered with half strength of MS medium for 14 days, followed by half strength MS medium containing either 0 %, 5%, 10%, 15%, or 20% of PEG until harvesting period. The vegetative growth characters such as plant height, trifoliate leaves number, nodes number, leaf firing intensity, shoot dry weight, root dry weight, root and shoot dry weight ratio, and biomass dry weight were recorded. The drought sensitivity index (S) was used to group the response of tested soybean genotypes against drought stress. Results of the experiment showed PEG solution inhibited vegetative growth of soybean plants, as indicated by reducing plant height, nodes and leaves number, and biomass dry weight. Moreover, the stress due to PEG solution resulted in increasing leaf firing intensity, root length, and root/shoot dry weight ratio. The drought sensitivity index calculated based on the collected data have grouped the three tested soybean genotypes into drought tolerance (MLG2805), medium tolerance (MLG2999), and drought sensitive (MSC8606). This drought stress response was similar to results of the previous evaluation under the field condition. Under this condition, PEG solution at 5% concentration was the best for differentiating the response of soybean genotypes against drought stress.

Key words: drought stress, drought tolerance, poly ethylene glycol

PENDAHULUAN

Pengembangan tanaman budidaya yang toleran terhadap cekaman kekeringan merupakan suatu program pemuliaan tanaman yang sangat penting (Tuinstra *et al.*, 1998). Hal ini disebabkan cekaman kekeringan merupakan hambatan utama dalam peningkatan produksi tanaman budidaya, termasuk kedelai.

Adanya cekaman kekeringan yang dialami kedelai, baik pada fase vegetatif, fase pembungaan, atau fase pengisian polong dilaporkan berpengaruh negatif terhadap hasil biji yang didapat. Pengaruh cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan tanaman sangat ditentukan oleh besarnya tingkat cekaman yang dialami dan fase pertumbuhan tanaman tersebut saat mendapat cekaman kekeringan. Sejumlah studi menunjukkan bahwa perkecambahan benih mengalami penurunan dan kerusakan akibat rendahnya potensial air tanah (Hamim, 1995). Pada perkembangan selanjutnya cekaman kekeringan menyebabkan terjadinya penghambatan pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan akar tanaman sangat nyata dipengaruhi oleh cekaman kekeringan (Hamim, 1995; Jones, 1992). Penurunan yang nyata juga terjadi pada tinggi tanaman, luas daun, jumlah nodus, jumlah polong per tanaman, jumlah bunga, jumlah bunga yang gugur, jumlah biji per tanaman dan berat per satuan

biji (Jones, 1992). Tanaman kedelai sangat sensitif terhadap cekaman kekeringan terutama pada saat pengisian biji. Perlakuan cekaman kekeringan selama pembentukan polong menyebabkan penurunan hasil yang lebih besar dibanding dengan perlakuan yang diberikan pada saat induksi pembungaan atau saat pembungaan (Hamim, 1995).

Panjang dan densitas akar merupakan dua sifat morfologi yang juga sangat dipengaruhi oleh cekaman kekeringan, walaupun kedua sifat ini juga dipengaruhi oleh genotipenya. Selain panjang dan densitas akar, bobot kering akar yang tinggi merupakan suatu indikasi bahwa tanaman menghindari dari cekaman kekeringan. Hasil percobaan Hoogenboom *et al.* (1987) dalam Hamim (1995) menunjukkan bahwa tanaman kedelai yang mendapatkan perlakuan cekaman kekeringan menjadi lebih peka jika ukuran tajuk (kanopi) meningkat. Ini berkaitan dengan luas permukaan transpirasi tanaman. Oleh karena itu tanaman yang mendapat cekaman kekeringan akan mengalami peningkatan rasio akar/tajuk, dimana pertumbuhan tajuk menurun sementara pertumbuhan akar terus berjalan agar tanaman memperoleh status air yang baik.

Dalam pengembangan galur kedelai yang toleran terhadap celaman kekeringan, permasalahan utama yang sering dialami adalah belum tersedianya metode seleksi

toleransi terhadap cekaman kekeringan yang efektif. Kebanyakan metode seleksi untuk toleransi kekeringan ini adalah dilakukan di lapang dengan atau tanpa irigasi (Sakarvadia and Yadav, 1994), dan menggunakan pot untuk meniru kondisi kekeringan (Laohasiriwong, 1986; Yamada, 1982; Harnowo, 1992; Hamim, 1995; Cellier *et al.*, 1998). Metode seleksi ini mempunyai kelemahan yaitu homogenitas kekeringan yang tidak dapat dikontrol dan pengukuran tingkat cekaman kekeringan sukar dilakukan, sehingga kemungkinan untuk mendapatkan hasil yang sangat besar.

Salah satu metode seleksi dengan tingkat homogenitas yang lebih baik adalah dengan menggunakan larutan Poly ethilene glycol (PEG). Hal ini didasarkan kepada kemampuan PEG untuk mengontrol penurunan potensial air secara homogen, sehingga dapat meniru potensial air tanah (Michel and Kauffmann, 1973). Selain itu penggunaan PEG dalam waktu lama tidak menyebabkan terserapnya PEG ke jaringan tanaman, karena dinding sel tanaman tidak dapat dilalui oleh molekul PEG yang mempunyai Berat Molekul > 6000, sehingga tidak menyebabkan tanaman keracunan (Hardegree and Merich, 1992).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan PEG untuk mengkarakterisasi toleransi tanaman kedelai terhadap cekaman kekeringan pada fase vegetatif.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan bahan tanaman berupa benih yang berasal dari koleksi Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (Balitkabi), Malang yang telah diketahui tingkat toleransinya terhadap cekaman kekeringan melalui penelitian di lapang. Genotipe kedelai yang digunakan adalah MLG 2805 dan MLG 2999 yang dilaporkan toleran terhadap cekaman kekeringan, serta genotipe MSC 8606 yang dilaporkan rentan terhadap cekaman kekeringan (Jusuf dkk, 1993; Soepandie dkk. 1996).

Persiapan dan Penanaman Benih

Percobaan dilakukan secara *semi hidroponik* di *green house* milik Jurusan Budidaya Pertanian, Institut Pertanian Bogor dengan media tumbuh *Greenleaf* (sabut kelapa) yang dicampur dengan arang sekam dengan perbandingan 3 : 1. PEG yang digunakan adalah *PEG 6000* (PEG teknis) yang kemudian dicampur dengan larutan hara ½ MS (Media Murishage and Skoog, 1968) dengan konsentrasi perlakuan 0% (tanpa PEG), 5% (setara dengan -0,03 MPa), 10% (-0,19 MPa), 15 % (-0,41 MPa), dan 20% (-0,67 MPa) w/v.

Benih dari genotipe ketiga genotipe ditanam dalam pot tabung (berisi media tumbuh) yang berukuran panjang 30 cm dan diameter 10 cm yang dibungkus dengan plastik hitam untuk mencegah sinar matahari mengenai perakaran. Setiap kombinasi perlakuan diulang

sebanyak 10 kali. Pot-pot disusun dalam rak penyangga agar pot bisa berdiri tegak. Sejak hari pertama penanaman benih, larutan hara ½ MS disiramkan sebanyak 50 ml setiap dua hari sekali.

Simulasi kondisi kekeringan dengan PEG

Perlakuan PEG yang telah dicampur dengan larutan hara diberikan apabila tanaman telah mempunyai 3 daun trifoliar (\pm 15 hari setelah tanam). Sejak itu perlakuan diulang dua hari sekali. Pada perlakuan ke-7 volume larutan PEG dan hara ditingkatkan menjadi dua kalinya. Selain pemberian perlakuan dan hara, tanaman juga dijaga dari serangan hama dan penyakit serta dipelihara sampai pengamatan terakhir.

Pengamatan dan analisis data

Pengamatan dilakukan pada tanaman yang berumur 45 hari setelah tanam terhadap karakter tinggi tanaman, jumlah nodus, dan jumlah daun trifoliar, intensitas kerusakan daun, panjang akar, bobot kering akar, bobot kering tajuk, bobot kering total (biomasa), dan rasio berat kering akar/tajuk.

Intensitas kerusakan daun dihitung dengan mengamati gejala kekeringan (kerusakan) pada daun dan disesuaikan dengan skor gejalanya (Gambar 1.). Adapun rumus untuk menentukan intensitas kerusakan daun seperti yang dikemukakan oleh Natawigena (1985)

$$P = \frac{\sum (n \times V)}{Z \times N} \times 100 \%$$

adalah :

Keterangan :

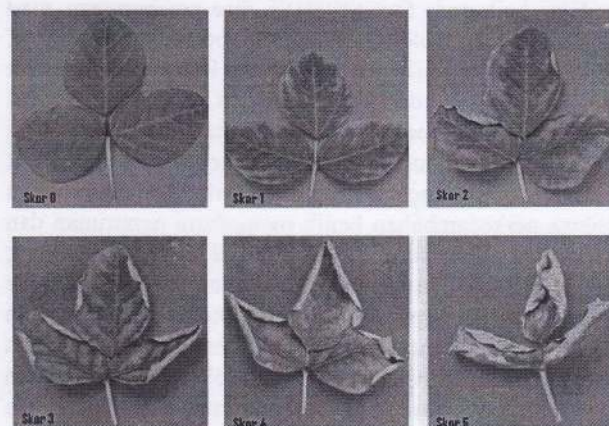
P = Intensitas kerusakan daun(%)

n = Jumlah daun tiap katagori gejala

V = Nilai skor tiap katagori gejala (0, 1, 2, 3, 4, 5) (Gambar 1.)

N = Jumlah keseluruhan daun trifoliar yang diamati dalam satu tanaman.

Z = Nilai skor tertinggi (5)



Gambar 1. Skoring gejala daun yang mengalami cekaman kekeringan simulasi PEG.

Sedangkan untuk mengetahui indeks sensitivitas kekeringan (S) digunakan rumus seperti yang dikemukakan oleh Fischer dan Maurer (1978) :

$$S = \frac{(1 - Y_p/Y)}{(1 - X_p/X)}$$

Di mana :

- S = Indeks sensitivitas kekeringan
 Y_p = Rata-rata suatu genotipe yang mendapatkan stress kekeringan
 Y = Rata-rata suatu genotipe yang tidak mendapatkan cekaman kekeringan.
 X_p = Rata-rata dari seluruh genotipe yang mendapatkan cekaman kekeringan .
 X = Rata-rata dari seluruh genotipe yang tidak mendapatkan cekaman kekeringan.

Pengelompokkan respons tanaman terhadap cekaman ditentukan berdasarkan nilai indeks yang didapat, yaitu sebagai toleran jika $S \leq 0,5$, medium toleran jika $0,5 < S \leq 1,0$ dan sensitif terhadap cekaman jika $S > 1,0$. Selain itu, data yang didapat juga dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan

Pengaruh konsentrasi PEG terhadap pertumbuhan tanaman kedelai

Pemberian PEG pada larutan hara yang diberikan pada tanaman kedelai ternyata berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan tanaman kedelai. Hal ini bisa dilihat dengan adanya penyusutan tinggi tanaman, berkurangnya jumlah nodus dan daun trifoliar, meningkatnya intensitas kerusakan daun, berkurangnya panjang akar, bobot kering akar, bobot kering tajuk, dan bobot kering biomass, serta meningkatnya rasio bobot kering akar/tajuk.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tiga genotipe yang penambahan konsentrasi PEG menyebabkan penurunan tinggi tanaman, jumlah nodus, jumlah daun trifoliar, bobot kering akar, bobot kering tajuk, dan bobot kering total (Tabel 1). Sebaliknya penambahan konsentrasi PEG menyebabkan peningkatan intensitas kerusakan daun dan rasio bobot kering akar/tajuk. Pemberian larutan PEG menyebabkan penurunan panjang akar namun peningkatan konsentrasinya tidak memberikan pengaruh yang konsisten. Semua data ini mengindikasikan bahwa larutan PEG ternyata mampu menghambat pertumbuhan tanaman kedelai pada fase vegetatif.

Respon genotipe terhadap pemberian larutan PEG

Data yang didapat menunjukkan bahwa masing-masing genotipe menunjukkan respon yang berbeda terhadap perlakuan konsentrasi larutan PEG (Tabel 1). Genotipe MLG 2805 secara signifikan mempunyai

respon lebih baik terhadap genotipe MSC 8606 bila dilihat.

Tabel 1. Penampilan karakter-karakter vegetatif tiga genotipe kedelai yang diberi cekaman kekeringan dengan simulasi PEG pada konsentrasi yang berbeda

Karakter	Genotipe Kedelai	Konsentrasi PEG				
		0%	5%	10%	15%	20%
Tinggi	MLG2805	71.5b	73.3a	54.9a	45.6a	46.5a
Tanaman (cm)	MLG2999	66.3b	55.9b	49.4a	41.0ab	36.3b
	MSC8606	91.7a	56.9b	35.5b	31.8b	29.2b
	MLG2805	12.7a	11.4a	8.3a	7.3a	8.3a
Jumlah Nodus	MLG2999	9.9b	6.5b	7.0ab	5.5b	4.9b
	MSC8606	13.5a	8.0b	5.4b	5.5b	4.9b
	MLG2805	11.5a	10.3a	7.3a	5.9a	7.3a
Jumlah Daun Trifoliar	MLG2999	9.7b	6.0b	5.5b	4.6a	3.9b
	MSC8606	12.3a	6.7b	4.4b	4.4a	4.2b
	MLG2805	29a	34b	67b	79ab (272)	83b
Intensitas Kerusakan Daun (%)	MLG2999	35a	47b	69b	76b	83b
	MSC8606	28a	64a	92a	94a	100a
	MLG2805	19.7a	20.4a	19.2a	20.1a	21.4a
Panjang Akar (cm)	MLG2999	19.3a	18.3ab	16.7a	17.0ab	15.0b
	MSC8606	20.3a	18.1b	13.3b	16.6b	14.2b
	MLG2805	0.54a	0.82a	0.53a	0.28a	0.35a
Bobot Kering Akar (g)	MLG2999	0.45b	0.44b	0.46a	0.35a	0.19a
	MSC8606	0.69a	0.37b	0.13b	0.23a	0.16a
	MLG2805	2.53ab	2.24 a	1.22 a	0.80a	1.00a
Bobot Kering Tajuk (g)	MLG2999	2.09 b	1.32 b	1.07a	0.66a	0.47b
	MSC8606	2.73 a	1.09 b	0.41b (15)	0.42a	0.30b
	MLG2805	3.07ab	2.90 a	1.75a	1.08a	1.35a
Bobot Kering Total (g)	MLG2999	2.55 b	1.76 b	1.53a	1.01a	0.66b
	MSC8606	3.41 a	1.47 b	0.54b	0.64a	0.45b
	MLG2805	0.20a	0.36a	0.41a	0.34b	0.36b
Rasio Bobot Kering Akar/Pucuk	MLG2999	0.21a	0.33a	0.42a	0.55a	0.42b
	MLG2805	0.25a	0.29a	0.29b	0.55a	0.54a

Keterangan : Pada suatu karakter dan konsentrasi PEG tertentu pada kolom yang sama, angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada =0.05.

dari peubah tinggi tanaman, jumlah nodus, jumlah daun trifoliar, intensitas kerusakan daun, panjang akar, bobot kering akar, bobot kering tajuk, dan bobot kering total pada semua kondisi cekaman PEG (5% - 20%) yang diberikan. Sedangkan pada peubah rasio bobot kering akar/tajuk MLG 2805 mempunyai respon yang lebih baik daripada MSC 8606 hanya pada kondisi cekaman PEG 5 % dan 10 %.

Genotipe MLG 2999 menunjukkan respon yang berbeda untuk berbagai peubah yang diamati. Secara umum genotipe MLG 2999 menunjukkan respon yang berada diantara genotipe MLG 2805 dan MSC 8606 ditinjau dari beberapa peubah dan konsentrasi PEG.

Indeks sensitivitas kekeringan (S) sebagai penduga toleransi tanaman kedelai terhadap cekaman kekeringan

Agar dapat digunakan sebagai alternatif metode seleksi, perlakuan PEG pada konsentrasi cekaman tertentu harus dapat mengelompokkan genotipe kedelai yang toleran dan yang peka ke dalam kelompok yang berbeda pada peubah-peubah yang diamati.

Indeks sensitivitas kekeringan (S) (Fischer and Maurer, 1978) yang mengklasifikasikan genotipe kedalam tiga kelompok yaitu toleran apabila nilai $S \leq 0,05$, agak toleran apabila $0,05 < S \leq 1,00$, dan peka apabila nilai $S > 1,00$, diharapkan dapat digunakan sebagai alat kriteria seleksi genotipe kedelai terhadap cekaman kekeringan. Suatu kondisi konsentrasi cekaman simulasi PEG tertentu dapat dipakai sebagai konsentrasi pengkarakterisasi genotipe kedelai terhadap cekaman kekeringan apabila dapat membedakan genotipe kedelai yang toleran dan yang rentan dalam kelompok yang berbeda.

Hasil analisis terhadap nilai indeks sensitivitas kekeringan (S) terhadap berbagai peubah yang diamati pada berbagai kondisi stress yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Indeks sensitivitas kekeringan (S) karakter-karakter vegetatif tiga genotipe kedelai yang diberi cekaman kekeringan dengan simulasi PEG pada konsentrasi yang berbeda

Karakter	Genotipe Kedelai	Konsentrasi PEG			
		5%	10%	15%	20%
Tinggi Tanaman	MLG2805	-0.1	0.6	0.7	0.7
	MLG2999	0.8	0.7	0.8	0.9
	MSC8606	2.0	1.6	1.3	1.3
Jumlah Nodus	MLG2805	0.4	0.8	0.9	0.7
	MLG2999	1.2	0.8	0.9	1.0
	MSC8606	1.5	1.4	1.2	1.3
Jumlah Daun Trifoliar	MLG2805	0.3	0.8	0.9	0.7
	MLG2999	1.2	0.8	1.0	1.1
	MSC8606	1.5	1.4	1.4	1.2
Intensitas Kerusakan Daun	MLG2805	0.3	0.9	1.0	1.0
	MLG2999	0.6	0.6	0.7	0.7
	MSC8606	2.3	1.6	1.4	1.4
Panjang Akar	MLG2805	-0.8	0.1	-0.2	-0.6
	MLG2999	1.2	0.8	1.3	1.5
	MSC8606	2.3	2.0	1.9	2.1
Bobot Kering Akar	MLG2805	-15.7	0.1	1.0	0.6
	MLG2999	1.2	-0.0	0.5	1.0
	MSC8606	13.9	2.42	1.4	1.3
Bobot Kering Tajuk	MLG2805	0.3	0.8	0.9	0.8
	MLG2999	0.8	0.8	0.9	1.0
	MSC8606	1.6	1.3	1.1	1.2
Bobot Kering Total	MLG2805	0.1	0.7	0.9	0.8
	MLG2999	1.0	0.9	0.9	1.0
	MSC8606	1.8	1.4	1.2	1.2
Rasio Bobot Kering Akar/Pucuk	MLG2805	1.4	1.5	0.7	0.8
	MLG2999	1.0	1.5	1.4	1.0
	MSC8606	0.6	0.2	1.1	1.1

Keterangan : *Indeks toleransi kekeringan (S) dihitung dengan rumus $S = (1 - Y_p/Y) / (1 - X_p/X)$, dimana Y_p : rata-rata pengamatan untuk satu genotipe dalam kondisi stres tertentu, Y : rata-rata pengamatan dalam kondisi non-stress, X_p : rata-rata pengamatan untuk seluruh genotipe dalam kondisi stress, dan X : rata-rata pengamatan untuk seluruh genotipe dalam kondisi non-stres (Fischer dan Maurer, 1978). Kedelai dikelompokkan toleran jika $S \leq 0.5$, agak toleran jika $0.5 < S \leq 1$, dan peka jika $S > 1$.

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai indeks sensitivitas kekeringan (S) dapat digunakan untuk mengkarakterisasi toleransi genotipe kedelai terhadap cekaman kekeringan karena genotipe yang dilaporkan toleran mempunyai nilai S yang lebih rendah dibandingkan dengan genotipe yang dilaporkan peka, namun diantara perlakuan konsentrasi PEG yang diberikan memberikan respon yang berbeda.

Berdasarkan pengamatan terhadap nilai indeks sensitivitas kekeringan (S) pada kondisi PEG 5 % genotipe MLG 2805 yang dilaporkan toleran, dikelompokkan ke dalam genotipe yang toleran dan MSC 8606 adalah genotipe yang peka pada semua peubah yang diamati kecuali pada peubah rasio bobot kering akar/tajuk. Hal ini bisa dilihat nilai S genotipe MLG 2805 yang berkisar antara -15,7 - 0,4. Sedangkan MSC 8606 berkisar antara 1,5 - 13,9. Genotipe MLG 2999 adalah genotipe agak toleran karena nilai S berada pada kisaran 0,6 - 1,2.

Pada konsentrasi PEG 10% Nilai S dari MLG 2805 dan MLG 2999 lebih rendah dari MSC 8606 untuk semua peubah kecuali pada rasio bobot akar/tajuk. Pada konsentrasi PEG 10%, nilai S peubah tinggi tanaman, panjang akar, dan bobot kering akar mengelompokkan genotipe MLG 2805 ke dalam genotipe yang toleran. Sedangkan peubah jumlah nodus, jumlah daun trifoliar, intensitas kerusakan daun, bobot kering tajuk dan bobot kering total mengelompokkan genotipe MLG 2805 ke dalam genotipe yang agak toleran. Genotipe MLG 2999 terkelompokkan dalam genotipe agak toleran untuk semua peubah yang diamati kecuali untuk peubah bobot kering akar (toleran) dan Rasio bobot kering akar/tajuk (peka). Sebaliknya MSC 8606 terkelompokkan dalam genotipe yang peka untuk semua peubah yang diamati kecuali untuk peubah Rasio bobot kering akar/tajuk (toleran).

Pada perlakuan PEG 15 %, Genotipe MLG 2805 dikelompokkan dalam genotipe yang toleran hanya untuk peubah panjang akar, peubah yang lain mengelompokkannya dalam genotipe agak toleran. Genotipe MLG 2999 pada perlakuan konsentrasi 15% ini terkelompokkan dalam agak toleran untuk semua peubah yang diamati kecuali untuk peubah Rasio bobot kering akar/tajuk (peka). Genotipe MSC 8606 terkelompokkan dalam genotipe yang peka untuk semua peubah yang diamati.

Pada perlakuan PEG 20 %, Genotipe MLG 2805 dikelompokkan dalam genotipe yang toleran hanya untuk peubah panjang akar, peubah yang lain mengelompokkannya dalam genotipe agak toleran. Genotipe MLG 2999 pada perlakuan konsentrasi 20% ini terkelompokkan dalam agak toleran untuk semua peubah yang diamati kecuali untuk peubah panjang akar (peka). Genotipe MSC 8606 terkelompokkan dalam genotipe yang peka untuk semua peubah yang diamati.

Berdasarkan pengamatan di atas ada indikasi yang kuat bahwa MLG 2805 terkelompokkan dalam genotipe yang toleran, MLG 2999 agak toleran dan MSC

8606 peka. Konsentrasi 5 % merupakan kondisi cekaman terbaik untuk mengkarakterisasi toleransi genotipe kedelai terhadap cekaman kekeringan.

B. Pembahasan

Fase vegetatif merupakan fase pertumbuhan yang diketahui sensitif terhadap cekaman kekeringan. Sejumlah studi menunjukkan bahwa cekaman kekeringan pada fase pertumbuhan vegetatif menyebabkan terjadinya penghambatan pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan akar tanaman sangat nyata dipengaruhi oleh cekaman kekeringan (Hamim, 1995). Panjang dan densitas akar merupakan dua sifat morfologi yang penting dalam menghadapi cekaman kekeringan, walaupun kedua sifat ini juga sangat dipengaruhi oleh genotipenya. Penurunan yang nyata juga terjadi pada tinggi tanaman, luas daun dan jumlah nodus.

Hasil percobaan Hoogenboom *et al.* (1987) dalam Hamim (1995) menunjukkan bahwa tanaman kedelai yang mendapatkan perlakuan cekaman kekeringan menjadi lebih peka jika ukuran tajuk (kanopi) meningkat. Ini berkaitan dengan luas permukaan transpirasi tanaman. Oleh karena itu tanaman yang mendapat cekaman kekeringan akan mengalami peningkatan rasio akar/tajuk, dimana pertumbuhan tajuk menurun sementara pertumbuhan akar terus berjalan agar tanaman memperoleh status air yang baik.

Jones (1992) melaporkan bahwa cekaman kekeringan pada tanaman pada fase pertumbuhan vegetatif dapat menyebabkan penghambatan pertumbuhan secara umum, penurunan pembelahan dan pemanjangan sel yang berakibat pada tanaman menjadi kerdil, meningkatkan pertumbuhan akar, dan meningkatkan rasio bobot kering akar/tajuk.

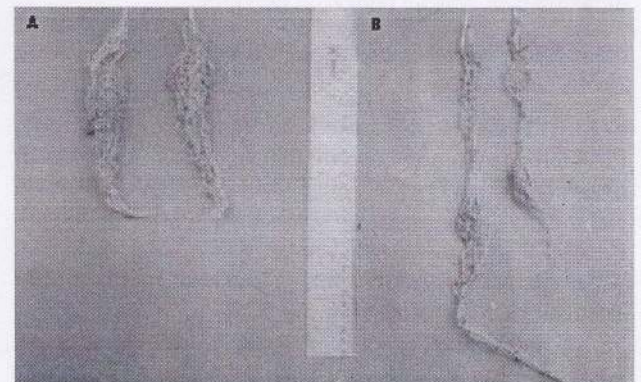
Berbagai peneliti telah menggunakan PEG untuk melakukan simulasi cekaman kekeringan. Perbedaan respon terhadap perlakuan PEG juga telah diamati pada tanaman tembakau, rumput, padi, cabai dan terong (Krishnasany and Irulappan, 1993; Mullahey *et al.*, 1996; Perez-Molphe-Balch *et al.*, 1996; Komori *et al.*, 2000).

Dalam penelitian ini simulasi cekaman kekeringan menggunakan PEG diberikan secara hidroponik pada tanaman kedelai sampai pada tahap pertumbuhan vegetatif. Secara umum, cekaman kekeringan simulasi PEG menyebabkan efek yang negatif terhadap pertumbuhan tanaman. Efek tersebut diantaranya menyebabkan penyusutan tinggi tanaman, berkurangnya jumlah nodus, jumlah daun trifoliar, bobot kering akar, bobot kering tajuk, bobot kering total, dan meningkatnya intensitas kerusakan daun, panjang akar dan rasio bobot kering akar/tajuk. Hal ini sesuai dengan apa yang dikemukakan oleh Jones (1992) dan Hamim, (1995) dan sekaligus menegaskan bahwa kondisi cekaman kekeringan simulasi PEG mempunyai efek yang sama dengan cekaman kekeringan

sesungguhnya (cekaman kekeringan di lapang). Efek negatif dari perlakuan PEG ini diduga berkaitan erat dengan kemampuan PEG untuk larut dalam air yang menyebabkan penurunan potensial air secara homogen sehingga jumlah air yang tersedia bagi tanaman berkurang (Steuer *et al.*, 1981). Air sendiri mempunyai fungsi yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman. Di antaranya adalah untuk proses fotosintesis dalam menghasilkan karbohidrat yang merupakan komponen penting dalam pembelahan, dan pemanjangan sel dalam pertumbuhan tanaman (Salesbury and Ross, 1985)

Penambahan secara *gradual* konsentrasi PEG yang diberikan pada tanaman, menyebabkan peningkatan efek negatif yang dialami tanaman pada semua peubah yang diamati kecuali pada panjang akar, dan rasio bobot kering akar/tajuk. Hal ini diduga karena penambahan konsentrasi larutan PEG menyebabkan penurunan yang *gradual* pula jumlah air yang tersedia bagi tanaman. Panjang akar tidak dipengaruhi oleh penambahan konsentrasi PEG diduga karena kedua karakter ini sangat dipengaruhi oleh genotipenya. Hal ini sesuai dengan apa yang dikemukakan oleh Hamim (1995).

Respon genotipe terhadap cekaman kekeringan yang disimulasikan oleh PEG berbeda-beda. Dari berbagai peubah yang diamati genotipe yang dilaporkan toleran mempunyai respon yang berbeda dibandingkan dengan yang peka. Bila dilihat dari nilai rata-rata dan respon relatif terhadap kontrol genotipe kedelai yang toleran mempunyai respon yang lebih baik dibanding dengan yang peka. Genotipe MLG 2805 (toleran) mempunyai tinggi tanaman, jumlah nodus, jumlah daun trifoliar, panjang akar, bobot kering akar, bobot kering tajuk, bobot kering total yang lebih tinggi dibanding dengan genotipe MSC 8606 (peka), dan mempunyai intensitas kerusakan daun dan rasio bobot kering akar/tajuk yang lebih rendah.



Gambar 2. Panjang akar tanaman kedelai genotipe MLG2805, yang dari hasil pengujian di lapang (Jusuf dkk., 1993; Soepandie dkk., 1996) dan dalam pengujian dengan PEG pada percobaan ini dikelompokkan sebagai genotipe kedelai yang toleran terhadap cekaman. Contoh akar dari tanaman dalam kondisi (A) tanpa perlakuan cekaman PEG dan (B) dengan cekaman PEG pada konsentrasi 5 %.

Pengujian selanjutnya untuk melihat tingkat toleransi genotipe kedelai terhadap cekaman kekeringan adalah dengan melihat nilai indeks sensitivitas kekeringan (S). Secara umum, nilai S dapat mengkarakterisasi toleransi genotipe kedelai terhadap cekaman kekeringan. Hal ini didukung kenyataan bahwa genotipe kedelai yang dilaporkan toleran mempunyai nilai S yang lebih tinggi dibandingkan dengan genotipe yang peka. Konsentrasi perlakuan PEG yang digunakan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap nilai S peubah-peubah yang diamati. Pada konsentrasi perlakuan PEG 5%, nilai S secara tegas dapat mengelompokkan genotipe MLG 2805 ke dalam genotipe yang toleran, MLG 2999 ke dalam kelompok yang agak toleran dan MSC 8606 ke dalam kelompok yang peka, untuk seluruh peubah yang diamati kecuali peubah rasio bobot kering akar /tajak. Sedangkan pada konsentrasi 10%-20% genotipe MLG 2805 terkelompokkan dalam genotipe yang toleran dan MSC 8606 terkelompokkan kedalam genotipe yang peka hanya pada beberapa peubah tertentu saja. Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi perlakuan PEG mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap kisaran nilai S peubah-peubah yang diamati. Hali ini diduga karena pengaruh genotipe terhadap cekaman kekeringan akan nampak pada kondisi cekaman tertentu saja. Pada konsentrasi PEG yang lebih dari 5% genotipe dapat terkarakterisasi tapi dalam kisaran yang sempit. Hal ini diduga karena pengaruh cekaman kekeringan yang melebihi pengaruh genotipenya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Jacobsen (1991) bahwa fenotipe suatu tanaman merupakan antara pengaruh genotipe dengan pengaruh lingkungan. Pada kondisi cekaman PEG 5% pengaruh genotipe lebih dominan terhadap pengaruh lingkungan. Dan sebaliknya pada konsentrasi cekaman lebih dari 5% pengaruh lingkungan lebih besar dibandingkan dengan pengaruh genotipe.

KESIMPULAN DAN SARAN

Perlakuan cekaman kekeringan dengan simulasi PEG terhadap pertumbuhan tanaman pada fase vegetatif, memberikan pengaruh yang sama dengan cekaman kekeringan di lapang (cekaman sesungguhnya). Penambahan konsentrasi larutan PEG yang diberikan pada tanaman menyebabkan penurunan pertumbuhan tanaman pada fase vegetatif.

Perlakuan PEG dapat mengelompokkan genotipe yang toleran dan yang peka dalam kelompok yang berbeda.

Kisaran nilai indeks sensitivitas kekeringan (S) dapat digunakan untuk mengkarakterisasi toleransi genotipe kedelai terhadap cekaman kekeringan. Konsentrasi PEG 5 % merupakan konsentrasi terbaik yang dapat digunakan untuk mengkarakterisasi toleransi genotipe kedelai terhadap cekaman kekeringan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagian penelitian ini dibiayai oleh Riset Unggulan Terpadu (RUT) – VIII: Pengembangan Metode Seleksi In Vitro dalam Membantu Pemuliaan Kedelai Untuk Toleransi terhadap Cekaman Kekeringan. Kantor Menteri Negara Riset dan Teknologi, Republik Indonesia. No. Kontrak: 011.33/SK/RUT/2001, tahun 2001-2002. Widi Sunaryo mendapatkan beasiswa unggulan URGE BATCH V untuk program magister (S2) di IPB dari Departemen Pendidikan Nasional, Republik Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Cellier, F., G. Conejero, J. C. Bretiler and F. Casse. 1998. Molecular and Physiological Responses to Water Deficit in Drought-tolerance and Drought-sensitive Lines of Sunflower. *Plant Physiology*, 116 : 319-328.
- Fischer, R. A and R. Maurer, 1978. Drought Resistance in Spring Wheat Cultivars. L. Grain Yield Response. *Aust. J. Agric. Res.*, 29: 897-907.
- Hamim, 1995. Toleransi Kedelai Terhadap Celaman Kekeringan : Pendekatan Morfologi dan Fisiologi. Tesis, PPS IPB, Bogor. 81 hal.
- Hardegee, S. P. and W. E. Merich. 1992. Seed Germination of Four Southwestern Range Grasses to Equilibration at Sub germination Matrices Potentials. *Agronomy Journal*, 84 : 994-998.
- Harnowo, 1992. Respon Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) Terhadap Pemupukan Kalium dan Cekaman Kekeringan Pada Fase Reproduksi. Tesis, PPS IPB, Bogor. 79 hal.
- Jacobsen, E. 1991. Conventional Plant Breeding in Biotechnological Innovations in Crop Improvement (*Biotol Team, ed*). Open Universiteit, The Netherlands and Thames Polytechnic, United Kingdom. 289 p.
- Jones, H. G. 1992. Plants and Microclimate. A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology. Second edition. Cambridge University Press. P. 265-295.
- Jusuf, M., A. Kasno, D. Sopandie, E. D. J. Supena, U. Widyastuti, Miftahudin, Hamim dan Supijatno. 1993. Evaluasi Plasma Nutfah Kedelai Untuk Lahan Kering atau ber-pH Rendah serta Kualitas Nutrisi baik. Laporan Penelitian, FMIPA IPB, Bogor. 167 hal.
- Komori, T., P. N. Myers, S. Yamada, T. Kubo, and H. Imaseki. 2000. Comparative Study of The *Nicotiana* Species with Respect to Water Deficit Tolerance During Early Growth. *Euphytica*, 116: 121-130.
- Krishnasany, V. and I. Irullapan. 1993. Germination Response to Water Stress in The Seeds of Hot Pepper and Eggplant Genotypes in Proceedings Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. AVRDC, Taipei. P. 100-105.
- Laohasirwong, 1986. Yield Responses of Selected Soybean Cultivars. In: Soybean In: Tropical and Subtropical Cropping Systems. Proceedings of A Symposium Tsukuba, Japan. 49: 383-386.
- Michel, B. E. and M. R. Kaufmann, 1973. The Osmotic Potential of Poly-ethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 57 : 914-916.
- Mullayhey, J. J., S. H. West and J. A. Cornell. 1996. Effect of Simulated Drought by Polyethylene Glycol on Bahiagrass Germination. *Seed Science Technology*, 24:219-224.
- Natawigena, H. 1985. Pestisida dan Kegunaanya. CV. Armico, Bandung. 64 hal.
- Perez-Molphe-Balch, E., M. Gidekel, M. Seguro-Nieto, L. Herrera-Estrella and N. Ochoa-Alejo. 1996. Effect of Water Stress on Plant Growth and Roots Protein in Three Cultivars of Rice (*Oryza sativa*) with Different Level of Drought Tolerance. *Physiology Plantarum*, 96: 284-290.
- Salisbury, F. B. and C. W Ross, 1985. *Plant Physiology*, Third Edition. Wadsworth Publishing Company, Belmont, California, USA. 540 p.

- Sakardiva, H. L. and B. S. Yadav.** 1994. Effect of Water Stress at Different Growth Phases of Groundnut on Yield and Nutrient Absorption. *Journal of Indian Society Of Soil Science*, 42 (1): 147-149.
- Steuer, A. A.** 1981. Water Potential of Aqueous Polyethylene Glycol. *Plant Physiology*. 67: 64-67.
- Sopandie, D., Hamim, M. Jusuf dan N. Heryani.** 1996. Toleransi Tanaman Kedelai Terhadap Cekaman Air: Akumulasi Prolin dan Asam Absisik dan Hubungannya dengan Potensial Osmotik. *Buletin Agronomy*, 24: 6-9
- Tuinstra, M. R., G. E. Jeta and P. Goldbrough.** 1998. Evaluation of Near-Isogenic Sorghum Lines Contrasting for QTL Markers Associated with Drought Tolerance. *Crop Science*, 38:835-842.
- Yamada, Y and Y. Fukutoku,** 1986. Effect of Water Stress on Soybean Metabolism. *In: Soybean In: Tropical and Subtropical Cropping Systems. Proceedings of A Symposium Tsukuba, Japan* . 48: 373-382.