

**UJI RESPON MORFOLOGIS TANAMAN PADI (*Oryza sativa* L.)  
VARIETAS IR64, CIHERANG DAN PANDAN WANGI  
MENGUNAKAN *POLYETHYLENE GLICOL* 6000**

*TEST RESPONSE OF MORPHOLOGICAL RICE PLANT (*Oryza sativa* L.)  
IR64, CIHERANG AND PANDAN WANGI VARIETIES  
USING *POLYETHYLENE GLICOL* 6000*

**Angga Rahabistara Sumadji<sup>1)</sup>\* dan Leo Eladisa Ganjari<sup>1)</sup>**

*\*[biologi@widyamandala.ac.id](mailto:biologi@widyamandala.ac.id)*

**ABSTRACT**

*Rice (*Oryza sativa* L.) is a very important food crop because to date rice is still used as staple food for most of the world population, especially Asia. The impact of natural disasters in the form of long droughts and fertile rice fields that turned the function into industrial and residential areas caused rice production to decline every year. The rice seed requires a large amount of water to be absorbed before germination can occur, which is about two or three times its dry weight. To improve the resistance of rice plants to the stress of drought, it is necessary research that can produce rice plants that are resistant to drought stress.*

*This research examined consistency of morphological response of rice to dryness in germination phase by treatment of Polyethylene Glycol (PEG) solution as osmotic solution. This research was conducted by factorial experiment in Completely Randomized Design (RAL) consisting of 2 factors with 3 replications. The first treatment factor is the variety of rice varieties consisting of 3 varieties of IR64, Ciherang and Pandan Wangi varieties. The second treatment factor was the level of germination solution with PEG 6000, the treatment consisted of 4 levels of solution ie PEG 6000 with 0 g / l water, 10 g / l water, 15 g / l water and 20 g / l water.*

*The results showed that Ciherang varieties of PEG 15 g / l and 20 g / l had good germination and root penetration is best compared with other varieties. The number of root penetrating layers of Ciherang and Pandan Wangi varieties has the largest number of roots compared to IR64 varieties. For plant height, rice plants have an average height ranging from 81.4 - 107, 4 cm with the number of tillers 5-6.*

**Keywords:** *Oryza sativa* L., Polyethylene Glycol, and morphological response

---

1) Staf pengajar program studi Biologi Universitas Katolik Widya Mandala Madiun

## PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman pangan yang sangat penting dan dipandang sebagai produk kunci bagi kestabilan perekonomian dan politik. Indonesia saat ini menghadapi masalah pangan akibat peningkatan jumlah penduduk yang diikuti oleh banyaknya sawah subur di Pulau Jawa yang beralih fungsi menjadi kawasan industri dan pemukiman. Selain itu, pengaruh bencana alam berupa kemarau panjang atau banjir yang terjadi hampir setiap tahun menyebabkan produksi beras menurun, sehingga untuk memenuhi keperluan nasional, pemerintah harus mengimpor beras (Purnamaningsih, 2006).

Peningkatan jumlah penduduk yang semakin tinggi adalah suatu tantangan bagi dunia pertanian lainnya. Hal ini erat kaitannya dengan kebutuhan akan bahan makanan pokok yang juga semakin bertambah. Sementara itu, peningkatan ini tidak diimbangi dengan penyediaan lahan pertanian subur yang berakibat pada penurunan jumlah produksi setiap tahunnya (Santoso, 2008).

Usaha untuk meningkatkan produksi beras dilakukan dengan cara intensifikasi dan ekstensifikasi. Usaha

ekstensifikasi dilakukan dengan perluasan lahan, dengan memanfaatkan lahan kering. Hal tersebut dilaksanakan untuk mengatasi masalah berkurangnya luas lahan (Santoso, 2008). Kendala utama dalam budidaya pada lahan kering adalah ketersediaan air yang sangat sedikit serta fluktuasi kadar air tanah yang besar. Adanya fluktuasi kadar air tanah menyebabkan seluruh proses metabolisme tanaman akan terhambat (Noor, 1996). Setiap tanaman, termasuk padi membutuhkan air untuk melangsungkan siklus hidupnya. Kebutuhan padi akan ketersediaan air dalam melakukan proses pertumbuhan berbeda-beda, diantara faktor yang berpengaruh adalah faktor internal tanaman disamping faktor lingkungan sebagai faktor luar (Noor, 1996).

Untuk mengatasi ketahanan padi terhadap kekeringan, penggunaan varietas padi yang tahan kekeringan merupakan cara yang paling mudah dan murah. Hasil-hasil penelitian tentang metode ketahanan padi subspecies japonica dan javanica terhadap tingkat kekeringan telah banyak dilakukan, akan tetapi untuk padi yang masuk ke dalam subspecies

indica masih sedikit informasi yang diperoleh (Lestari dan Mariska, 2006).

PEG 6000 merupakan senyawa polimer dari *ethylene oxide* yang dapat digunakan untuk meniru besarnya potensial air tanah atau tingkat cekaman kekeringan. Penurunan potensial air bergantung pada konsentrasi dan bobot molekul PEG yang terlarut dalam air (Michel and Kaufman, 1972).

Menurut Michel and Kaufman (1972) larutan PEG 6000 tidak dapat masuk ke dalam jaringan tanaman, sehingga tidak bersifat racun bagi tanaman. Keunggulan sifat tersebut memungkinkan PEG 6000 dapat digunakan sebagai alternatif metode seleksi toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan pada fase perkecambahan dengan memberikan larutan PEG pada media perkecambahan seperti pada air, kertas atau pada media pasir.

## **METODE PENELITIAN**

### **A. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di laboratorium dan kebun biologi Universitas Katolik Widya Mandala Madiun dari bulan Januari hingga Agustus tahun 2016. Benih padi IR64,

Ciherang dan Pandan Wangi diperoleh dari balai benih padi milik kelompok tani.

### **B. Alat dan Bahan Penelitian**

1. Percobaan penyaringan ketahanan kekeringan padi dengan PEG 6000

Bahan-bahan yang digunakan antara lain: senyawa kimia PEG (*Polyethylene glycol*) 6000, kertas saring, aquades dan 3 jenis varietas padi bersertifikat. Sedangkan alat yang digunakan antara lain: timbangan digital, cawan petri ukuran diameter 10 cm, pipet, penggaris dan gelas ukur

2. Uji daya tembus akar menggunakan campuran vaselin dan parafin

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain: gelas plastik volume 240 ml, parafin, vaselin, tanah dan pasir.

### **C. Tata Laksana Penelitian**

1. Percobaan penyaringan ketahanan kekeringan padi dengan PEG 6000

Untuk pengamatan daya kecambah dan indeks vigor, tiap-tiap varietas padi dikecambahkan pada media perkecambahan dalam cawan petri yang telah diberi larutan PEG 6000 sesuai dengan tingkat kadar yang telah ditentukan. Uji perkecambahan menggunakan metode substratum cawan petri tertutup. Cawan petri yang

digunakan dengan ukuran diameter 10 cm, bagian dalamnya diberi alas dengan kertas saring (*filter paper*) sebanyak 1 lapis. Benih padi yang diperlakukan diletakkan di atasnya sejumlah 20 buah, kemudian cawan petri ditutup dengan penutupnya.

2. Percobaan uji daya tembus akar padi menggunakan campuran vaselin dan parafin

Pada hari ke-7 setelah perkecambahan, benih yang telah berkecambah dipilih 5 buah yang tinggi tunasnya kurang lebih 1 cm, demikian pula akar dipilih yang tidak terlalu panjang karena apabila terlalu panjang akan menyulitkan dalam penanaman. Kecambah padi ditanam dalam pot plastik yang berisi media tanam, yang merupakan campuran tanah : pasir : pupuk kandang dengan perbandingan (1 : 1 : 1). Pada bagian dasar pot plastik dilapisi dengan campuran parafin dan vaselin dengan perbandingan (60% : 40%) pada suhu 30°C dengan ketebalan 3 mm.

3. Percobaan tanaman padi pada media tanam normal

Pada perlakuan ini tanaman padi yang telah berumur empat minggu ditanam pada media tanam dengan tanah sebanyak 4 kg/pot, dan

pemupukan diberikan sebanyak 3 kali yaitu pada saat tanam dengan NPK 5 g/pot dengan perbandingan (15:15:15) diberikan pada saat tanaman berumur 21 hari dengan penambahan urea sebanyak 1 g/pot dan terakhir pada saat fase primordia bunga dengan penambahan urea 1 g/pot.

#### **D. Rancangan Percobaan**

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas 2 faktor dengan 3 ulangan. Faktor perlakuan pertama adalah macam varietas padi sedangkan faktor perlakuan kedua adalah kadar larutan perkecambahan dengan PEG 6000, yang terdiri atas 4 taraf kadar larutan yaitu:

K1 : PEG dengan kadar 0 g/l air

K2 : PEG dengan kadar 10 g/l air

K3 : PEG dengan kadar 15 g/l air

K4 : PEG dengan kadar 20 g/l air

Parameter yang diamati dari perlakuan ini adalah:

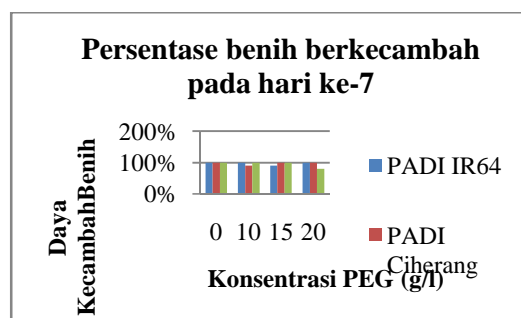
- a. Daya kecambah
- b. Panjang akar tembus lapisan lilin
- c. Jumlah akar tembus lapisan lilin
- d. Tinggi tanaman
- e. Jumlah anakan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Daya Kecambah

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa gabah dengan konsentrasi PEG 0 – 15 g/l pada ketiga varietas padi IR64, Ciherang dan Pandan Wangi memberikan hasil yang sama, dan kemampuan gabah berkecambah akan semakin menurun dengan melihat panjang tunasnya. Pada PEG 0 dan 10 g/l, persentase gabah yang berkecambah dapat mencapai 100% pada hari ke-3 setelah perkecambahan.

Pada hari ke-7 setelah perkecambahan, persentase gabah yang berkecambah dari masing-masing varietas pada konsentrasi PEG 15 g/l dan 20 g/l mencapai 100% pada varietas Ciherang, 90% pada varietas IR64 dan 80% pada varietas Pandan Wangi (Gambar 1).



Gambar 1. Persentase gabah berkecambah dalam larutan PEG 6000

Untuk panjang tunas dan panjang akar dari hasil pengamatan diperoleh, bahwa pada hari ke-4, ke-7, dan hari ke-10 pada konsentrasi PEG 20 g/l menunjukkan varietas Ciherang berkecambah lebih cepat dan tunas serta akar yang dihasilkan lebih panjang dibandingkan varietas IR64 dan Pandan Wangi.

Menurut Molphe-Balch *et al.*, (1996) adanya respon yang berbeda dari ketiga varietas benih yang diujikan pada larutan PEG 6000, dikarenakan adanya perbedaan ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan akibat perbedaan dalam mekanisme fisiologi, morfologi, biokimia dan adaptasi molekuler. Gabah memiliki kemampuan respon fisiologis terhadap perubahan lingkungan, antara lain mengatur agar potensial osmotik di dalam gabah hampir sama dengan lingkungannya dengan menghasilkan senyawa seperti prolin atau betain sebagai osmoregulator.

Adanya perbedaan ukuran gabah, dan ketebalan kulit biji akan menentukan kemampuan gabah dalam berkecambah. Bentuk adaptasi morfologi pada gabah ditunjukkan dengan kemampuan menghasilkan akar lebih panjang pada kondisi ada

cekaman kekeringan (Molphe-Balch *et al.*, 1996). Kebutuhan akan kandungan air bagi benih yang berkecambah akan meningkat pada awal proses perkecambahan (Mc. Donald *et al.*, 1988).

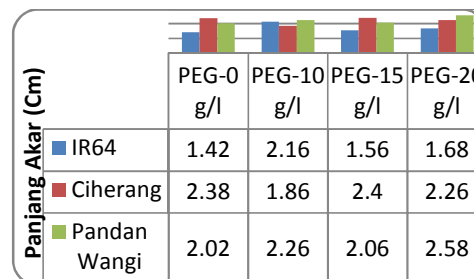
Proses perkecambahan dapat terjadi dikarenakan adanya proses metabolisme, apabila terjadi cekaman air pada saat benih berkecambah maka proses metabolisme benih dapat terganggu akibat air yang diperlukan tidak cukup. Dengan demikian, hanya benih yang toleran terhadap kekeringan saja yang mampu berkecambah (Yoshida, 1981).

#### **b. Panjang Akar Tembus Lapisan Lilin**

Pada pengamatan panjang akar yang mampu menembus lapisan parafin dan vaselin menunjukkan bahwa varietas Ciherang dan Pandan Wangi pertumbuhan dan perkembangan akarnya lebih cepat untuk menembus lapisan dasar pot dibandingkan dengan varietas IR64.

Pada varietas Ciherang kemampuan daya tembus lapisan dasar potnya menunjukkan perbedaan dibandingkan dengan varietas lainnya, dikarenakan walaupun benih tidak direndam dengan menggunakan larutan

PEG 6000 tetapi akarnya dapat menembus lapisan dasar pot dalam waktu yang lebih cepat dan akarnya juga lebih panjang dibandingkan varietas lainnya (Gambar 2).



Gambar 2. Panjang akar tembus lapisan lilin

Pengamatan pada varietas IR64, menunjukkan, bahwa tanaman yang akarnya mampu menembus lapisan dasar pot paling cepat dihasilkan dari tanaman yang benihnya dikecambahkan pada PEG 6000 10 g/l yaitu pada minggu ke-3 setelah tanam. Pada minggu ke empat, tanaman dari varietas IR64 yang benihnya dikecambahkan pada larutan tanpa PEG 6000 hanya beberapa benih saja yang akarnya mampu menembus lapisan dasar pot.

Pada varietas Pandan Wangi kemampuan daya tembus lapisan dasar potnya seperti pada varietas Ciherang dikarenakan hampir semua benih Pandan Wangi mampu menembus

lapisan dasar pot dengan panjang akar yang beragam.

Penelitian Nemoto *et al.*, (1995), Khush (1995), dan Redona and Mackill (1996) memberikan hasil yang sama pada tanaman padi yang menunjukkan bahwa tanaman yang mampu tumbuh dengan baik pada media yang mengandung larutan PEG 20 g/l memiliki korelasi positif dengan dengan tingkat kekeringan di lapangan (Lestari, 2005).

Menurut Lestari (2005) ada beberapa faktor yang menentukan bervariasinya kemampuan akar tanaman dalam menembus lapisan dasar pot, diantaranya kemampuan benih untuk tumbuh (*vigor*) (Suardi dan Moeljopawiro, 1999). *Vigor* benih dapat dikatakan sebagai parameter mutu benih yang penting dalam proses perkecambahan (Richards, 1996) sehingga proses uji *vigor* perlu dilakukan untuk memperoleh benih padi yang seragam.

Akar tanaman yang dihasilkan dari benih yang dkecambahkan pada larutan PEG 6000 mempunyai ukuran akar lebih panjang dibandingkan dengan benih yang dkecambahkan menggunakan media air.

Menurut Agbicodo *et al.*, (2009) pertahanan tanaman dalam menghadapi cekaman kekeringan adalah dengan membatasi perkembangan luas daun, tetapi terjadi perkembangan akar untuk mencapai zona yang masih basa dan penutupan stomata untuk membatasi transpirasi. Dalam jangka panjang, pengurangan luas daun dapat menyimpan air tanah untuk tahap perkembangan tanaman berikutnya melalui pengurangan transpirasi (Tardieu, 2005).

### **c. Jumlah Akar Tembus Lapisan Lilin**

Pada minggu ke empat setelah tanam, tanaman yang akarnya mampu menembus lapisan dasar pot jumlahnya berbeda-beda. Faktor yang menentukan bervariasinya kemampuan akar untuk menembus lapisan dasar pot diantaranya adalah kemampuan benih untuk tumbuh (*vigor*) (Richards, 1996). *Vigor* benih merupakan parameter untuk mengetahui mutu benih yang penting dalam proses perkecambahan sehingga bisa diperoleh bibit yang seragam (Lestari, 2005).

Pada akhir pengamatan yaitu pada minggu ke empat setelah tanam, hampir semua varietas tanaman padi akarnya mampu menembus lapisan

dasar pot. Terdapat perbedaan jumlah akar yang mampu menembus lapisan dasar pot dari masing-masing varietas padi. Varietas Pandan Wangi dan Ciherang merupakan varietas yang akarnya paling banyak menembus lapisan dasar pot dibandingkan dengan varietas IR64 (Gambar 3).



Gambar 3. Akar padi tembus lapisan dasar pot

Dalam keadaan normal, perakaran padi tumbuh sedikit kompak, penyebaran akar horizontal lebih dominan daripada yang tegak lurus ke dalam tanah (Grist, 1959). Pertumbuhan akar selanjutnya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, tekstur, jenis tanah, air, udara, dan cara pengelolaan tanah (Suardi, 2002). Perbedaan anatomi akar padi yang ditanam pada kondisi air yang tergenang dan lembap menyebabkan besarnya perbedaan ketahanan akar dalam proses penyerapan air (Tomar dan Ghidyal, 1975).

Jumlah dan perakaran padi berhubungan erat dengan sifat toleransi tanaman terhadap kekeringan (Chang dan Vergara, 1975; Hirasawa, 1999; Ingram *et al.*, 1994; Mackill *et al.*, 1996; Passiora 1982; Samson dan Wade, 1998; Yu *et al.*, 1995). Perakaran padi yang dalam dan tebal, sehat, mencengkeram tanah lebih luas serta kuat menahan terjadinya kerebahan memungkinkan penyerapan air dan hara yang lebih efisien terutama saat stadia pengisian gabah (Khush, 1995).

#### d. Tinggi Tanaman

Menurut Sitompul dan Guritno (1995), bahwa tinggi tanaman merupakan salah satu indikator pertumbuhan maupun parameter yang digunakan untuk mengukur pertumbuhan oleh pengaruh lingkungan, karena pertumbuhan merupakan parameter yang paling mudah dilihat dan pengukuran dapat dilakukan tanpa merusak tanaman sampel.

Dari hasil penelitian terlihat tinggi tanaman dari masing-masing varietas padi berbeda-beda berdasarkan kadar larutan PEG 6000 yang diberikan. Varietas Ciherang dan Pandan Wangi memiliki tinggi tanaman dengan rata-



rata ketinggian 90 – 95 cm untuk varietas Pandan Wangi dan 100 – 107 cm untuk varietas Ciherang. Varietas IR64 memiliki ketinggian terendah dibandingkan dengan varietas lainnya dikarenakan varietas IR64 masuk ke dalam sub golongan Indica yang tinggi tanamannya kurang lebih 85 cm (Tabel 1).

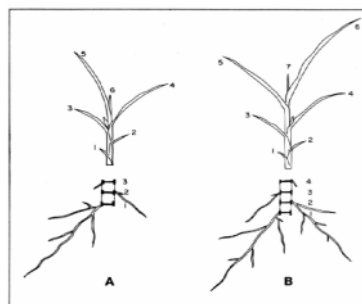
Tabel 1. Rerata tinggi tanaman varietas IR64, Ciherang dan Pandan Wangi

Varietas	Kadar PEG 600	Rataan tinggi tanaman (cm)
IR64	0 g/l	81,4
	10 g/l	90
	15 g/l	85,4
	20 g/l	93
Ciherang	0 g/l	92,7
	10 g/l	101
	15 g/l	105
	20 g/l	107,4
Pandan Wangi	0 g/l	90,7
	10 g/l	92
	15 g/l	98
	20 g/l	95,4

Pertumbuhan tinggi tanaman dipengaruhi oleh kadar kandungan tanah. Hal itu dikarenakan proses tinggi tanaman, yang diawali dengan proses pembentukan tunas merupakan proses pembelahan dan pembesaran sel. Kedua proses ini dipengaruhi oleh turgor sel. Proses pembelahan dan pembesaran sel akan terjadi apabila sel mengalami turgiditas yang unsur utamanya adalah ketersediaan air (Santoso, 2008).

#### e. Jumlah Anakan

Anakan (tunas) tanaman padi mulai tumbuh setelah tanaman padi memiliki 4 atau 5 daun. Perkembangan anakan padi berhubungan dengan perkembangan daun. Apabila daun pada buku ke-n telah memanjang, maka pada saat itu anakan akan muncul dari ketiak daun pada buku yang ke-(n-3) (Gambar 4) (Makarim dan Suhartatik, 2009).



Gambar 4. Sinkronisasi pertumbuhan anakan, daun dan akar tanaman padi (Yoshida, 1981)

Dari hasil penelitian terlihat bahwa jumlah anakan tanaman padi yang ditanam pada media tanam normal memiliki jumlah anakan sebanyak 5 – 6 anakan (Tabel 2). Tanaman padi yang memiliki jumlah anakan 5 – 6 dianggap tidak menguntungkan karena anakan padi merupakan indikator tanaman yang sehat atau sakit meskipun secara genetik varietas tanaman menentukan jumlah anakan (Makarim dan Suhartatik, 2009).

Tabel 2. Rerata jumlah anakan varietas IR64, Ciherang dan Pandan Wangi

Varietas	Rataan jumlah anakan
IR64	5
	5
	6
	5
Ciherang	6
	6
	6
	6
Pandan Wangi	5
	5
	6
	5

Pada masing-masing varietas tanaman padi tidak semua varietas mampu menghasilkan jumlah anakan dalam jumlah yang banyak. Mata tunas akan tumbuh menjadi anakan ditentukan oleh beberapa faktor seperti jarak tanam, radiasi, hara mineral dan teknik budidaya (Yoshida, 1981).

Dengan kadar nitrogen tanaman di atas 3,5% tanaman padi mampu membentuk anakan, pada kadar 2,5% proses pembentukan anakan akan terhenti, dan bila kadar nitrogen tanaman kurang dari 1,5% anakan tanaman padi akan mati (Murata dan Matsushima, 1978). Selain kadar nitrogen, kadar fosfat tanaman juga mempengaruhi terbentuknya jumlah anakan padi. Bila kadar fosfat batang utama kurang dari 0,25%, maka pembentukan anakan akan terhenti.

Sebaliknya, apabila suhu air mencapai 15-16°C pada malam hari dan 31°C pada siang hari, maka akan menghasilkan jumlah anakan terbanyak (Makarim dan Suhartatik, 2009).

## KESIMPULAN

PEG 6000 dapat digunakan untuk uji kekeringan dari varietas padi IR64, Ciherang dan Pandan Wangi, terutama pada kadar PEG 6000 20 g/l. Untuk varietas Ciherang dan Pandan Wangi mampu berkecambah dengan baik pada kadar PEG 6000 20 g/l dan mampu menembus lapisan lilin dengan jumlah akar yang paling banyak dibandingkan dengan varietas IR64. Untuk tinggi tanaman dari masing-masing varietas berkisar antara 81,4-107,4 cm dengan jumlah anakan 5-6.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agbicodo, E.M., C.A. Fatokun, S. Muranaka, R.G.F. Visser, and C.G. Linden van der. 2009. Breeding Drought Tolerant Cowpea: Constraints, Accomplishments, and Future Prospects. *Euphytica*. 167: 353–370.
- Chang, T.T. and B.S. Vergara. 1975. *Varietal Diversity and Morpho-Agronomic Characteristics of Upland Rice* In IRRI Upland Rice. IRRI, Los Banos. p. 72–90.

- Grist, D.H. 1959. *Rice*. Longmans, London. p. 472
- Hirasawa, T. 1999. *Physiological Tolerance of Water Deficits*In O. Ito, J.O'Toole, and B. Hardy (Eds.) Genetic Improvement of Rice for Water-Limited Environments. IRRI, Los Banos. p. 89-98.
- Ingram, K.T., F.O. Buano., O.D. Namuco., E.B.Yambao, and C.A. Beyronty. 1994. *Rice Root Traits for Drought Resistance and Their Genetic Variation*In G.J.D. Kirk (Ed) Rice Roots Nutrient and Water Use. IRRI, Los Banos. p. 67-77.
- Khush, G.S. 1995. Breaking The Yield Frontier of Rice. *Geo Journal*. 35(3): 329-332.
- Lestari, E.G. 2005. Seleksi In Vitro Untuk Ketahanan Terhadap Kekeringan Pada Tanaman Padi. *Disertasi*. Program Studi Biologi. Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Lestari, E.G dan I. Mariska, 2006. Identifikasi Somaklon Padi Gajahmungkur, Towuti dan IR 64 Tahan Kekeringan Menggunakan *Polyethylene Glycol*. *Buletin Agroteknologi*. (34)(2): 71 - 78.
- Mackill, D.J., W.R. Coffman, and D.P. Garrity. 1996. *Rainfed Lowland Rice Improvement*. IRRI, Manila. p. 242.
- Makarim, A.K. dan E. Suhartatik. 2009. *Morfologi dan Fisiologi Tanaman Padi*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Hal. 309-312.
- Michel, B.E and M.R. Kaufmann, 1972. The Osmotic Potential of Polyethylene Glycol 6000. *J. Plant Physiol*. 51: 914-916.
- Molphe-Balch, E.P., M. Gidekel., M.S. Nieto., L.H. Estrella and N.O. Alejo. 1996. Effects of Water Stress on Plant Growth and Root Proteins in Three Cultivars of Rice (*Oryza sativa*) With Different Levels of Drought Tolerance. *J. Physiologia Plantarum*. (96): 284-290.
- Murata, Y and S. Matsushima. 1978. *Rice*. In Evans, L.T. (Ed.). *Crop Physiology*. Cambridge: University Press. p. 73-99.
- Nemoto, K., S. Morita and T. Baba. 1995. Shoot and Root Development in Rice Related to the Phyllochron. *J. Crop Sci*. (35): 24-29.
- Noor, M. 1996. *Padi Lahan Marjinal*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Passiora, Y.B. 1982. *The Role of Root System Characteristics in Drought Resistance of Crop Plants*In IRRI. Drought Resistance in Crop with Emphasis on Rice. IRRI, Los Banos. p. 71-82.
- Purnamaningsih, R. 2006. Induksi Kalus dan Optimasi Regenerasi Empat Varietas Padi melalui Kultur In Vitro. *Jurnal AgroBiogen 2* (2): 74-80.

- Richards, R.A. 1996. Defining Selection Criteria to Improve Yield Under Drought. *J. Plant Growth Regulation*. (20): 157-166.
- Redona, E.D. and Mackill. 1996. Genetic Variation for Seedling Vigor Traits in Rice. *J. Crop Sci.* (36): 285-290.
- Samson, B.K. and L.J. Wade. 1998. *Soil Physical Constraint Affecting Root Growth, Water Extraction, and Nutrient Uptake in Rainfed Lowland Rice* In J.K. Ladha (Ed.). Rainfed lowland rice. Advances in nutrient Management Research IRRI p. 231-244.
- Santoso, 2008. Kajian Morfologis dan Fisiologis Beberapa Varietas Padi Gogo (*Oryza Sativa* L.) Terhadap Cekaman Kekeringan. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Sitompul, M. dan B. Guritno. 1995. *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Suardi, D. dan S. Moeljopawiro. 1999. Daya Tembus Akar Sebagai Kriteria Seleksi Ketahanan Kekeringan Pada Padi: I Pengaruh Tingkat Kekerasan dan Ketebalan Lapisan Media Campuran Parafin dan Vaseline Terhadap Daya Tembus Akar. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 18(1): 29-34.
- Suardi, D. 2002. Kajian Metode Skrining Padi Tahan Kekeringan. *Buletin Agro Bio*. 3(2): 67-73.
- Tomar, V.S. and B.P. Ghidyal. 1975. Resistances to Water Transfort in Rice Plants. *J. Agron*. 40: 269-272.
- Yoshida, S. 1981. *Fundamentals of Rice Crops Science*. IRRI. Los Banos. p. 269.
- Yu, L.X., J.D. Ray., J.C. O'Toole, and H.T.Nguyen. 1995. Use of Wax-Petrolatum Layers for Screening Rice Root Penetration. *J. Crop Sci.* (35):684-

