

Determination of PEG (Polyethlene Glycol) Concentration and Dosage to Evaluate The Resistance of Rice (*Oryza Sativa* L.) to Drought

Siti Raihanun^{1*}, M. Taufik Fauzi¹, Suwardji¹, A.A.K Sudharmawan²¹

¹Magister Pertanian Lahan Kering, Pascasarjana Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

Article History

Received : July 18th, 2023

Revised : August 21th, 2023

Accepted : September 01th, 2023

*Corresponding Author:

Siti Raihanun,

Magister Pertanian Lahan Kering,

Pascasarjana Universitas

Mataram, Mataram, Nusa

Tenggara Barat, Indonesia;

Email:

sitiraihanun07@gmail.com

Abstract: The writing is intended to assess the response of rice plants to the germination phase through induce concentrations and a dose of the PEG. Library research is used in this writing by locating and collecting libraries that were generated by earlier research. As for the data obtained in this writing, it is the result of analysis of various vets and rice varieties of Cempo Laut, Edok, Mutant Galurses (M5-GR150 1-4, M5-GR150 1-9, M5-GR200 1-2, M5-GR150 2-2, M5-GR150 2-3), Legowo, Malihan Ketan, Mlarak 1, Inpago, IR 64, Palenok, Philips, Radix. Concentrations of PEG 6000 and 8000 with a dose of 0%, 5%, 15%, 20% and 25% induced, then treated with the best denunciation. Observation data indicate that each response is different. PEG concentration of 8000 and dose of -0.5 MPa gave the best germination power.

Keywords: concentrations; dose; PEG; rice.

Pendahuluan

Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) merupakan salah satu komoditas yang tergolong sebagai tanaman pangan. Padi memegang peranan penting dalam pemenuhan kebutuhan pangan, khususnya bagi masyarakat Indonesia. Hal ini dikarenakan sebagian besar masyarakat Indonesia mengandalkan padi sebagai bahan makanan pokok. Indonesia diketahui memiliki banyak jenis bahan pangan seperti jagung, kentang, sorgum, dan, ubi, akan tetapi, padi masih memegang urutan tertinggi untuk memenuhi kebutuhan pangan. Oleh karena itu, tanaman padi sangat banyak dibudidayakan karena permintaan yang terus meningkat setiap tahun seiring dengan peningkatan jumlah penduduk.

Beberapa tahun terakhir produksi beras mengalami penurunan dan salah satunya disebabkan kekeringan ekstrim akibat adanya pergeseran tren cuaca secara global (Hasan *et al.*, 2021). Hal serupa disampaikan Trisnawaty *et al.*, (2020) bahwa produksi beras terkendala akibat tekanan lingkungan seperti kekeringan, salinitas dan suhu ekstrim. Kekeringan dan salinitas tanah menjadi faktor penyebab petani

mengalami kegagalan panen (Patmi *et al.*, 2020). Hal ini disebabkan tanaman yang berada dalam kondisi kekeringan akan mengalami penurunan aktivitas fotosintesis yang berakibat pada penurunan produktivitas. Penurunan produktivitas pada tanaman padi dikhawatirkan tidak mampu memenuhi permintaan konsumen. Oleh karena itu, penyediaan solusi untuk mengatasi masalah tersebut sangat diperlukan.

Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas tanaman padi ialah melalui penggunaan varietas unggul. Varietas unggul dengan adaptasi tinggi terhadap faktor lingkungan utamanya kekeringan menjadi solusi dalam peningkatan produktivitas tanaman. Sayangnya, sebagian besar tanaman padi yang dibentuk oleh para pemulia sebelumnya diperuntukan untuk lahan sawah bukan lahan kering. Umumnya, apabila tanaman padi lahan sawah dibudidayakan pada lahan kering hasil yang diperoleh belum sebaik pada lahan sawah (Irfandi *et al.*, 2020). Sejalan yang dilaporkan Garfansa *et al.* (2021) pada penelitiannya bahwa hasil panen padi beras merah varietas Arumba sebesar 1,8 ton diperoleh pada lahan basah dan lahan kering

sebesar 1,3 ton. Walaupun hasil padi yang didapatkan masih lebih rendah pada lahan kering, tetapi hal ini membuktikan varietas yang sama dapat dibudidayakan pada lahan kering. Pengembangan padi pada lahan kering sangat potensial untuk dilakukan, yang mana dengan meningkatnya produktivitas diharapkan impor beras dapat ditekan. Salah satu cara untuk melihat tingkat adaptasi suatu tanaman terhadap cekaman kekeringan melalui pemanfaatan larutan osmotik. Larutan osmotik yang umumnya sering dimanfaatkan ialah polietilen glikol (PEG) (Nazirah *et al.*, 2015).

Polietilen Glikol (PEG) adalah bahan seleksi yang digunakan untuk memberikan simulasi cekaman kekeringan pada tanaman. PEG memiliki kemampuan untuk mengurangi potensial air pada tanaman sehingga sangat cocok digunakan untuk mengidentifikasi genotipe tanaman yang toleran terhadap cekaman kekeringan (Jadid *et al.*, 2019). Beberapa peneliti menggunakan berbagai konsentrasi dan dosis yang berbeda-beda untuk mengevaluasi ketahanan tanaman padi terhadap kekeringan (Widyastuti *et al.*, 2016). Hal ini menjadi tantangan untuk peneliti-peneliti lain dalam menentukan konsentrasi dan dosis PEG yang tepat dalam mengevaluasi ketahanan tanaman terhadap kekeringan. Berdasarkan hal tersebut penulis tertarik untuk mengkaji respon tanaman padi pada fase perkecambahan melalui induksi berbagai konsentrasi dan dosis PEG.

Bahan dan Metode

Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang diperoleh melalui metode library research (kepustakaan) yaitu metode yang dilakukan dengan mencari literatur (pustaka) sebagai sumber informasi baik dari buku, laporan, maupun hasil penelitian terdahulu. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan identifikasi wacana dan buku-buku, makalah, artikel majalah, jurnal, web (internet) serta informasi lainnya yang berhubungan dengan tujuan dari penulisan topik khusus ini.

Cara penarikan kesimpulan dilakukan dengan metode deduksi dan induksi. Metode deduksi dilakukan dengan pengkajian pernyataan yang bersifat umum, kemudian

dibuktikan dengan fakta-fakta yang bersifat khusus. Metode induksi dilakukan dengan hasil kajian-kajian dan fakta yang bersifat khusus, kemudian dipadukan sehingga diperoleh pernyataan atau kesimpulan yang bersifat nyata.

Hasil dan Pembahasan

Potensi pengembangan padi pada lahan kering

Lahan kering terdefinisi sebagai lahan tadah hujan (*rainfed*) yang diusahakan secara sawah (*lowland, wetland*), tegal atau ladang dan umumnya berupa lahan atasan (*upland*). Indonesia diketahui memiliki daratan dengan luasan mencapai 188,20 juta ha dan sebanyak 148 juta ha atau setara 78% terdiri dari lahan kering. Lahan kering terbagi menjadi lahan kering masam dan lahan kering iklim kering (Dariah & Heryani, 2014).

Tabel 1. Luas lahan kering dan potensi pengembangan pertanian

Lahan Kering	Luas (ha)	Potensi Pengembangan Pertanian (ha)
Masam	107.357.633	62.647.199
Iklim kering	10.750.881	7.762.543

Sumber: Dariah & Heryani (2014)

Terlihat lahan kering masam menempati luasan yang lebih dominan dibanding lahan kering iklim kering (Tabel 1). Akan tetapi, tanah pada lahan kering iklim kering diketahui mempunyai tingkat kesuburan lebih baik dibanding lahan kering masam (Dariah & Heryani, 2014). Hal tersebut dapat dicirikan dari beberapa sifat kimia tanah yaitu pH tanah > 5,5, kejenuhan basa > 50% dan kisaran kapasitas tukar kation (KPK) dalam kategori sedang-tinggi.

Salah satu daerah di Indonesia yang memiliki daratan dengan tipe lahan kering iklim kering ialah Nusa Tenggara Barat, tepatnya daerah Lombok Utara. Kabupaten Lombok Utara (KLU) memiliki luas daratan 80953 ha yang didominasi oleh lahan kering mencapai 82%. Sebagai daerah lahan kering, KLU sangat potensial untuk dikembangkan dalam bidang pertanian. Hal tersebut selaras dengan kebijakan pemerintah yang mengarahkan sektor pertanian sebagai program pembangunan. Optimalisasi

penggunaan lahan dalam kegiatan pertanian pada lahan kering diarahkan untuk pengembangan komoditas pangan.,

Salah satu komoditas yang tergolong sebagai tanaman pangan adalah tanaman padi (*Oryza sativa* L.). Tanaman padi merupakan tanaman yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia. Hal ini dikarenakan sebagian besar masyarakat Indonesia mengandalkan padi sebagai bahan makanan pokok. Indonesia diketahui memiliki banyak jenis bahan pangan, tetapi padi masih berada pada urutan pertama untuk pemenuhan kebutuhan pangan. Oleh karena itu, budidaya tanaman padi sangat potensial untuk dikembangkan mengingat tingginya permintaan konsumen setiap tahunnya seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Hal ini dapat dibuktikan melalui impor beras yang tetap dilakukan pemerintah Indonesia, meskipun produksi padi mengalami peningkatan sebanyak 1.254.924,78 ton pada tahun 2022 dibanding produksi tahun 2021 (BPS, 2022).

Potensi PEG dalam meningkatkan adaptasi tanaman terhadap cekaman kekeringan

Senyawa PEG memiliki kelarutan dalam air sehingga dapat menurunkan potensial air. Tinggi rendahnya penurunan potensial air tergantung pada konsentrasi dan berat molekul PEG. PEG dalam bidang pemuliaan digunakan untuk mendeteksi toleransi cekaman kekeringan pada suatu tanaman (Widyastuti *et al.*, 2016). Molekul PEG yang diberikan dalam jumlah besar memungkinkan tanaman untuk menyerap senyawa semakin kecil dan berakibat pada

penurunan potensial air (Pirade *et al.*, 2018).

Beberapa penelitian terdahulu telah memanfaatkan PEG untuk mengevaluasi ketahanan tanaman padi terhadap kekeringan. PEG umumnya digunakan saat tanaman padi berada pada fase awal perkembangan tepatnya fase perkecambahan. Fase perkecambahan tanaman dimulai dengan terjadinya peristiwa imbibisi. Tanaman yang berada pada waktu imbibisi umumnya menyerap air dalam jumlah banyak dengan cepat, kemudian melambat perlahan-lahan. Pada saat inilah PEG diinduksi pada tanaman yang bertujuan untuk mengurangi potensial air pada tanaman sehingga keberadaan PEG berfungsi sebagai suatu simulasi cekaman kekeringan.

Polietilen Glikol (PEG) sebagai bahan seleksi diketahui memberikan respon yang berbeda-beda pada tanaman dalam memberikan efek cekaman kekeringan. Efek cekaman kekeringan yang ditunjukkan tanaman dipengaruhi oleh konsentrasi dan dosis PEG yang diinduksi pada tanaman. Umumnya konsentrasi PEG yang diinduksi pada tanaman padi berkisar antara 6000-8000, sementara dosisnya sangat beragam. Oleh karena itu, disini penulis akan mengkaji beberapa dosis PEG yang diinduksi untuk mengetahui ketahanan tanaman padi terhadap cekaman kekeringan terutama pada fase perkecambahan. Adapun data-data yang diperoleh dalam tulisan ini berasal dari hasil percobaan yang telah dilakukan beberapa peneliti lain.

Tabel 2. Daya perkecambahan varietas padi pada perlakuan PEG konsentrasi 6000

Varietas	Dosis PEG					
	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Inpago	93,3	93,3	90,7	94,7	88,0	-
IR 64	80,0	73,3	70,7	82,7	89,3	-
Cempo Laut	100,0	98,7	98,7	96,0	92,0	-
Palenok	0,0	5,3	4,0	14,7	18,7	-
Legowo	98,3	-	-	100,0	80,0	15,0
Mlarak 1	98,3	-	-	96,7	56,7	3,3
Malihan Katan	96,7	-	-	91,7	35,0	1,7
Philips	95,0	-	-	95,0	75,0	8,3
Edok	96,7	-	-	98,3	85,0	11,7

Sumber: Ekowati & Widiastuti (2018); Jadid *et al.* (2019)

Rangkuman hasil yang tersaji pada Tabel 2 menunjukkan konsentrasi PEG 6000 pada

seluruh perlakuan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap daya kecambah. Daya

perkecambahan merepresentasikan jumlah benih tanaman padi yang mampu berkecambah secara normal. Tabel 2 diperoleh nilai laju kecambah tertinggi pada Cempo Laut dan Legowo untuk seluruh konsentrasi PEG, sementara daya kecambah terendah ditemukan pada Palenok. PEG dosis 0%, hanya Palenok yang tidak mampu melakukan perkecambahan pada seluruh varietas yang diuji.

Hasil penelitian perlakuan PEG dosis 0%, 5%, 15%, 20% pada padi varietas Inpago, IR 64, Cempo Laut, Palenok ditampilkan pada Tabel 2. Cempo Laut ditemukan menghasilkan daya kecambah tertinggi diantara seluruh dosis PEG yang diinduksi, sementara daya kecambah terendah diperoleh pada varietas Palenok. Diketahui daya kecambah Cempo Laut menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan Inpago yang telah memiliki sifat toleransi kekeringan. Daya kecambah Cempo Laut mencapai 100% pada konsentrasi PEG 0%, akan tetapi seiring dengan bertambahnya konsentrasi PEG yang diinduksi menyebabkan penurunan persentase daya kecambah tanaman. Hal ini diduga terjadi akibat potensial air yang menurun dalam media perkecambahan.

Hasil penelitian terkait daya perkecambahan dengan PEG 6000 pada empat dosis perlakuan yaitu 0% (kontrol), 15%, 20% dan 25% tersaji pada Tabel 2. Pada Tabel 2, nampak diantara seluruh varietas dan dosis PEG yang diberikan pada berbagai kultivar padi (Legowo, Mlarak 1, Malihan Ketan, Philips, Endok) hanya PEG dengan dosis 20% menunjukkan perbedaan nyata. Daya perkecambahan tertinggi pada PEG dosis 20% terdapat pada kultivar Endol sebanyak 85,0. Hasil yang diperoleh tidak berbeda nyata dengan kultivar Legowo dan Philips yang memiliki daya perkecambahan masing-masing 80,0 dan 75,0, sementara daya perkecambahan terendah terdapat pada kultivar Malihan Ketan dengan daya perkecambahan sebesar 35,0. Daya perkecambahan tertinggi untuk setiap dosis PEG yang diberikan mulai dari dosis 0% sampai 25% konsisten ditunjukkan oleh kultivar Legowo, Edok, Philips, Mlarak 1 dan Malihan Ketan.

Daya perkecambahan pada seluruh varietas padi mengalami penurunan seiring dengan peningkatan dosis PEG kecuali pada dosis 15%. PEG dosis 15% meningkatkan daya

perkecambahan pada varietas Inpago, Cempo Laut, Legowo dan Edok, sedangkan sisanya mengalami penurunan daya kecambah. Penurunan daya perkecambahan disebabkan proses imbibisi dan hidrasi jaringan yang terganggu saat benih padi melakukan perkecambahan akibat adanya penurunan potensial air setelah dilakukan penambahan PEG. Potensial air yang rendah mengakibatkan sel tumbuhan tidak dapat mengambil air dari media atau jumlah air yang terserap menjadi berkurang (Jadid *et al.*, 2019).

Tabel 3. Laju perkecambahan varietas padi pada perlakuan PEG konsentrasi 8000

Varietas	Dosis PEG	
	0 MPa	-0,5 MPa
Mira 1	92,0	53,3
IR64	96,0	37,7
M5-GR150 1-4	-	100,0
M5-GR150 1-9	-	100,0
M5-GR200 1-2	-	100,0
M5-GR200 2-2	-	100,0
M5-GR150 2-3	-	98,7
Radix	-	41,3

Sumber: Ai *et al.*, (2010); Mustikarini *et al.*, (2017)

Hasil analisis daya perkecambahan menunjukkan perbedaan nyata pada taraf signifikan 5% akibat penginduksian PEG. Dalam penelitian ini, PEG konsentrasi 8000 dengan dosis 0 MPa dan -0,5 MPa menunjukkan daya kecambah tertinggi terdapat pada galur mutan M5-GR150 1-4, M5-GR150 1-9, M5-GR200 1-2, M5-GR200 2-2 dan daya kecambah terendah pada IR 64.

Dosis PEG 0 MPa dan -0,5 MPa dimanfaatkan untuk menyeleksi tanaman padi varietas Mira 1 dan IR 64 terhadap cekaman kekeringan. Pada Tabel 3. terlihat daya perkecambahan pada kedua varietas padi yang diujikan mengalami penurunan setelah diberikan PEG -0,5 Mpa sebanyak 2 mL. Daya perkecambahan tertinggi diperoleh pada varietas Mira 1 sebanyak 53,33, sementara sebanyak 37,67 didapatkan pada varietas IR 64. Rendahnya persentase perkecambahan yang diperoleh pada penelitian disebabkan adanya penurunan potensial air akibat penambahan PEG sehingga tercipta cekaman kekeringan pada

media perkecambahan padi. Besar kecilnya pengaruh yang ditunjukkan perlakuan ketika berada dalam cekaman kekeringan ditentukan tingkat toleransi tanaman. Tingkat toleransi tanaman terhadap cekaman berbeda-beda, hal ini disebabkan adanya perbedaan mekanisme morfologi, fisiologi, biokimia serta molekuler tanaman (Dhandra *et al.*, 1995 dalam Ai *et al.*, 2010).

Hasil penelitian menyajikan daya perkecambahan tanaman padi mutan generasi kelima dengan konsentrasi PEG 8000 dengan dosis -0,5 Mpa pada lima galur mutan yaitu M5-GR150 1-4, M5-GR150 1-9, M5-GR200 1-2, M5-GR200 2-2, M5-GR150 2-3 dan tetua Radix. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diperoleh seluruh perlakuan menunjukkan adanya perbedaan nyata kecuali pada tetua Radix. Seluruh mutan M5 memiliki kecepatan perkecambahan sebesar 100 kecuali M5-GR150 2-3 yaitu sebesar 98,7, hasil tersebut tidak berbeda nyata dengan keempat galur M5. Berbeda dengan galur M5, tetua Radix membentuk perkecambahan terlambat dengan persentase sebesar 41,3. Rendahnya kemampuan tetua Radix dalam membentuk perkecambahan diduga disebabkan ketidakmampuan tetua Radix dalam menyerap air akibat penambahan PEG. Penambahan PEG pada media perkecambahan menyebabkan penurunan jumlah kecambah dan mengganggu pertumbuhan benih padi.

Tingginya kemampuan tanaman padi dalam membentuk perkecambahan lebih baik pada seluruh galur M5 dibanding tetua Radix. Hal ini diduga terjadi akibat adanya penginduksian sinar gamma sehingga telah terjadi mutasi pada galur M5. Mutasi ialah perubahan materi genetik pada makhluk hidup secara acak yang bersifat permanen dan dapat diteruskan kepada generasi selanjutnya (Arumningtyas, 2019). Mutasi memiliki kemampuan dalam memperbaiki kekurangan suatu tanaman tanpa menghilangkan sifat baik yang telah ada (Suliartini *et al.*, 2022). Galur M5 yang telah bermutasi memiliki tingkat toleransi yang lebih tinggi dibandingkan tetua Radix sehingga hasil yang diperoleh untuk galur M5 lebih baik pada kondisi cekaman air (Mustikarini *et al.*, 2017).

Berdasarkan beberapa hasil penelitian di atas yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa setiap galur, kultivar ataupun varietas yang diuji

memiliki tingkat toleransi yang berbeda-beda terhadap konsentrasi dan dosis PEG yang digunakan. Konsentrasi dan dosis PEG yang diinduksi pada media perkecambahan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman terutama pada fase perkecambahan. Fase perkecambahan tanaman padi sangat ditentukan proses imbibisi yaitu penyerapan air oleh benih untuk menunjang perkembangan tanaman dari benih menjadi kecambah. Apabila pada proses imbibisi, air yang tersedia terbatas maka akan menyebabkan gangguan sehingga daya perkecambahan rendah. Menurut beberapa hasil penelitian, meskipun tanaman berada dalam kondisi defisit air akibat penggunaan PEG; benih padi memiliki kemampuan untuk berkecambah secara normal.

Menurut penulis, penggunaan PEG dengan konsentrasi 8000 menghasilkan daya perkecambahan lebih baik dibandingkan PEG 6000. Hal ini diduga terjadi karena induksi sinar gamma yang telah dilakukan menyebabkan tanaman bermutasi sehingga tanaman memiliki sifat toleransi terhadap cekaman kekeringan. Hasil yang lebih baik mungkin saja dapat ditemukan pada PEG konsentrasi 6000 apabila sebelumnya tanaman diberikan perlakuan seleksi modern seperti induksi mutasi, kultur jaringan, transgenic dan sebagainya.

Kesimpulan

Berdasarkan tulisan mengenai konsentrasi dan dosis PEG (*Polietilen Glikol*) untuk mengevaluasi ketahanan tanaman padi (*Oryza sativa* L.) terhadap cekaman kekeringan dapat disimpulkan bahwa PEG Konsentrasi 8000 dan dosis -0,5 MPa memberikan daya perkecambah terbaik diantara perlakuan lainnya.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penelitian sampaikan kepada berbagai pihak yang terlibat dalam penelitian ini baik secara moral maupun materil.

Referensi

Ai N.S., Tondais S.M., & Butarbutar R. (2010). Evaluasi Indikator Toleransi Cekaman Kekeringan Pada Fase Perkecambahan

- Padi (*Oryza Sativa* L.). *Jurnal Biologi*, 16 (1): 50-54.
- Arumingtyas E.L. (2019). Mutasi, Prinsip Dasar, dan Konsekuensi. Malang. UB Press. ISBN: 6024328265, 9786024328269.
- Badan Pusat Statistik. (2022). Luas Panen dan Produktivitas Padi Nasional Tahun 2022.
- Dariah A. & Heryani N. (2014). Makalah Review: Pemberdayaan Lahan Kering Suboptimal untuk Mendukung Kebijakan Diversifikasi dan Ketahanan Pangan. *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus*. 1-16.
- Ekowati N.Y. & Widjastuti R. (2018). Uji Ketahanan Cekaman Kekeringan Menggunakan Polietilen Glikol (PEG) 6000 pada Padi Lokal dan Non Lokal di Kabupaten Merauke. *Prosiding Seminar Nasional Sains, Teknologi dan Analisis Ke-1*. 47-53.
- Garfansa M.P., Iswahyudi, Rohmah M., & Adwiyantini R. (2021). Pertumbuhan dan Produksi Padi Beras Merah Varietas Inpari Arumba pada Lahan Marginal dan Lahan Basah. *Jurnal Pertanian*, 13 (1): 25-32.
- Hasan N.A., Rafii M.Y., Harum A.R., Ahmad F., Jaafar N.N., & Shukri A.IA. (2021). Agro-Morphological Response of Rice (*Oryza sativa* L.) (cv MR 284) to Chronic Gamma Irradiation. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 1-8. DOI: 10.1088/1755-1315/756/1/012009.
- Irfandi F., Rismaneswati, & Syamsul A.L. (2020). Karakterisasi Lahan Sawah Bukan Baru Hasil Konversi Lahan Hutan di Desa Kalosi Kecamatan Towuti Kabupaten Luwu Timur. *Jurnal Ecosolum*, 9 (1) : 69-89. DOI: 10.20956/ecosolum.v9i1.9115.
- Jadid K., Cahyanti L.D., Muhammad., Setyaningrum H., & Trisnaningrum N. (2019). Drought Resistance Selection in Ponorogo Local Rice (*Oryza sativa* L.) Varieties. *IOP Journal of Physics. Conf. Series: Engineering and Applied Science*. 1-8. DOI: 10.1088/1742-6596/1381/1/012005.
- Mustikarini E.D., Ardiarini N.R., Basuki N., & Kuswanto (2017). Selection Strategy of Drought Tolerance of Red Rice Mutant Line. *Jurnal Agrivita*. 39 (1), 91-99. DOI: <http://doi.org/10.17503/agrivita.v39i1.648>
- Nazirah L., Purba E., Hanum C., & Rauf A. (2015). Evaluasi Toleransi Berbagai Varietas Padi Gogo terhadap Cekaman Kekeringan dengan Penggunaan PEG (Polyetilen Glikol). *Jurnal Lentera*, 15 (16): 61-68.
- Patmi, Y S, A Pitoyo, Solichatun, & Sutarno. (2020). Effect of Drought Stress on Morphological, Anatomical, and Physiological Characteristics of Cempo Ireng Cultivar Mutant Rice (*Oryza Sativa* L.) Strain 51 Irradiated by Gamma-Ray. *IOP Journal of Physics*, 1-7. DOI: 10.1088/1742-6596/1436/1/012015.
- Pirade M., Ai N.S., & Siahaan P. (2018). Kandungan Air Daun Padi Lokal Sulawesi Utara terhadap Kekeringan yang Diinduksi dengan Polietilen Glikol 8000. *Jurnal Bioslogos*, 8 (1), 9-14. DOI: <https://doi.org/10.35799/jbl.8.1.2018.20591>
- Suliartini N.W.S., Aryana I.G.P.M., Sudharmawan A.A.K., & Sudika I.W. (2022). Kandidat Galur Unggul Mutan Padi G16 Hasil Induksi Mutasi dengan Sinar Gamma. *Sains Teknologi & Lingkungan*, 8 (1): 66-72. DOI: <https://doi.org/10.29303/jstl.v8i1.293>.
- Trisnawaty A.R., Asra R., Sjahril R., Riadi M., & Nurhaya J.P. (2020). PRIMING: Alternatif Peningkatan Viabilitas Benih Padi Pada Lahan Kering. Media Sains Indonesia. Jawa Barat. ISBN : 978-623-6882-81-8.
- Widyastuti Y., Purwoko B.S., & Yunus M. (2016). Identifikasi Toleransi Kekeringan Tetua Padi Hibrida pada Fase Perkecambahan Menggunakan Polietilen Glikol (PEG) 6000. *Jurnal Agron Indonesia*, 44 (3), 235-24. DOI: <https://doi.org/10.24831/jai.v44i3.13784>