



Efektivitas Putresin dalam Meningkatkan Viabilitas Benih Padi (*Oryza sativa* L.) yang Mengalami Deteriorasi

Khairil Anwar Tanjung

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Al-Azhar, Indonesia

Alamat: Jl Pintu Air IV No. 214 Kwala Bekala, Medan, Sumatera Utara

Korespondensi penulis: khairilanwariantanjung82@gmail.com

Abstract. *Physiological quality deterioration during storage is a major factor contributing to the reduced germination capacity of rice seeds. Revitalization treatments are therefore essential to restore seed viability and promote optimal seedling development. One promising approach involves the application of plant growth regulators (PGRs) from the polyamine group, such as putrescine. This study aimed to assess the effectiveness of varying concentrations and soaking durations of putrescine in improving the viability of deteriorated rice seeds. The experiment was conducted using a Randomized Block Design (RBD) with two factors: putrescine concentrations (0 ppm/soaking in distilled water only, putrescine 15 ppm, putrescine 20 ppm, and putrescine 25 ppm) and soaking durations (3, 6, and 9 hours). The parameters evaluated included germination percentage and germination rate. Results indicated that treatment with 20 ppm putrescine combined with a 6-hour soaking period yielded the most significant improvement in seed viability. These findings suggest that putrescine treatment can effectively restore the physiological quality of rice seeds affected by storage-induced deterioration.*

Keywords: *Deterioration, Polyamines, Putrescine, Rice, Seed Soaking*

Abstrak. Penurunan kualitas fisiologis selama penyimpanan merupakan faktor utama yang menyebabkan menurunnya daya kecambah benih padi. Oleh karena itu, perlakuan revitalisasi sangat penting untuk memulihkan viabilitas benih dan mendukung perkembangan bibit yang optimal. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah penerapan zat pengatur tumbuh (ZPT) dari golongan poliamin, seperti putresin. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas berbagai konsentrasi dan lama perendaman putresin dalam meningkatkan viabilitas benih padi yang mengalami deteriorasi. Percobaan dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dua faktor, yaitu konsentrasi putresin (0 ppm/perendaman dengan air suling saja, putresin 15 ppm, putresin 20 ppm, dan putresin 25 ppm) dan lama perendaman (3, 6, dan 9 jam). Parameter yang diamati meliputi persentase daya kecambah dan laju perkecambahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan putresin 20 ppm dengan lama perendaman 6 jam memberikan peningkatan viabilitas benih paling signifikan. Temuan ini mengindikasikan bahwa perlakuan putresin dapat secara efektif memulihkan kualitas fisiologis benih padi yang menurun akibat penyimpanan.

Kata kunci: Deteriorasi, Poliamina, Putresin, Padi, Perendaman Benih

1. LATAR BELAKANG

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman pangan pokok yang memegang peranan penting dalam memenuhi kebutuhan pangan sebagian besar masyarakat Indonesia. Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, kebutuhan akan bahan pangan khususnya beras terus meningkat. Estimasi konsumsi beras per kapita per tahun di Indonesia mencapai 139,15 kilogram, dengan proyeksi jumlah penduduk nasional sekitar 252 juta jiwa (Kementan, 2024).

Seiring meningkatnya jumlah penduduk, permintaan terhadap beras diperkirakan terus bertambah, sehingga memperkuat peran strategis budidaya padi dalam menjaga ketahanan pangan nasional. Salah satu faktor utama yang menentukan keberhasilan produksi padi adalah kualitas benih yang digunakan. Benih yang bermutu tinggi sangat penting untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang kuat dan hasil panen yang optimal. Sebaliknya, penggunaan benih

dengan mutu rendah dapat menurunkan produktivitas secara signifikan, bahkan berpotensi menyebabkan penurunan produksi padi secara bertahap.

Penyimpanan benih merupakan upaya penting untuk mempertahankan kualitas benih hingga musim tanam berikutnya. Namun, petani kerap menghadapi kendala dalam menjaga mutu benih selama penyimpanan. Di Indonesia, budidaya padi umumnya dilakukan satu kali dalam setahun, dan benih untuk musim tanam berikutnya biasanya diambil dari hasil panen sebelumnya. Jika benih disimpan dalam wadah yang sesuai dan pada kondisi lingkungan yang mendukung, kualitas fisiologis benih seperti vigor dan viabilitas dapat dipertahankan. Sebaliknya, penyimpanan yang tidak tepat seperti menggunakan karung plastik dalam jangka waktu lebih dari enam bulan dapat mempercepat penurunan mutu benih akibat deteriorasi. Dalam kondisi tersebut, benih mulai memasuki tahap awal penurunan kualitas, yang ditandai dengan menurunnya performa fisiologis.

2. KAJIAN TEORITIS

Penurunan mutu benih bersifat *irreversible* (tidak dapat dikembalikan), karena disebabkan oleh perubahan fisiologis internal. Proses penuaan ini menyebabkan penurunan vigor dan viabilitas benih, yang ditunjukkan oleh rendahnya persentase daya kecambah dan meningkatnya jumlah kecambah abnormal. Akibatnya, dibutuhkan lebih banyak benih untuk menghasilkan bibit yang layak tanam, sehingga meningkatkan biaya produksi. Selain itu, kualitas benih yang buruk akan menghambat pertumbuhan dan perkembangan bibit di lapangan, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan hasil panen (Tefa, 2017).

Salah satu pendekatan yang menjanjikan untuk mengatasi penurunan mutu benih adalah melalui teknik invigorasi benih, yaitu perlakuan awal sebelum tanam (*pre-sowing treatment*) yang bertujuan untuk meningkatkan performa kecambah dan pertumbuhan awal bibit. Ketika diterapkan pada benih yang telah mengalami penurunan fisiologis, perlakuan invigorasi diharapkan dapat mengembalikan kualitas benih hingga mencapai tingkat fungsional. Benih yang diberi perlakuan invigorasi menunjukkan peningkatan signifikan dalam kecepatan muncul bibit, tinggi bibit, panjang hipokotil dan akar, bobot kering akar, serta bobot kering total bibit dibandingkan dengan benih yang tidak diberi perlakuan (Nurmiaty & Nurmauli, 2010). Penelitian serupa oleh Sutariati *et al.*, (2015) juga menunjukkan bahwa teknik invigorasi benih secara efektif meningkatkan viabilitas dan vigor benih padi gogo lokal (*Oryza sativa*).

Teknik invigorasi benih dapat dilakukan melalui aplikasi zat pengatur tumbuh (ZPT) dengan metode perendaman benih. ZPT berperan penting dalam mengatur berbagai proses

biologis pada jaringan tanaman (Gaba V, 2005), termasuk mengatur laju pertumbuhan jaringan dan mengoordinasikan pembentukan struktur tanaman secara keseluruhan (Lestari, 2011).

Salah satu kelompok ZPT yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan viabilitas benih adalah poliamin, seperti putresin, spermidin, dan spermin. Poliamin (PA) merupakan molekul polikationik kecil yang bersifat universal dan ditemukan pada semua makhluk hidup. Poliamin berperan dalam berbagai proses biologis seperti transkripsi, modifikasi RNA, sintesis protein, serta regulasi aktivitas enzim (Takahashi & Kakehi, 2010). Pada tanaman, poliamin sangat penting dalam proses pertumbuhan, perkembangan, dan diferensiasi sel (Kusano *et al.*, 2008). Poliamin juga diketahui terakumulasi dalam jaringan tanaman baik pada kondisi optimal maupun stres. Aplikasi poliamin secara eksogen telah terbukti memengaruhi proses perkecambahan embrio, tergantung pada jenis poliamin, konsentrasinya, dan status dormansi embrio tersebut (Farooq *et al.*, 2011). Dalam penelitian ini, putresin dipilih sebagai ZPT berbasis poliamin untuk perlakuan invigorasi benih.

Penelitian oleh (Khan *et al.*, 2019) mengenai aplikasi ZPT jenis poliamin pada benih cabai menunjukkan bahwa ketiga jenis poliamin (putresin, spermin, dan spermidin) efektif dalam meningkatkan kecepatan kecambah awal, keseragaman kecambah, serta vigor benih. Namun, di antara ketiganya, putresin menunjukkan hasil yang paling baik, sehingga dianggap memiliki potensi paling unggul dalam invigorasi benih.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Asam Kumbang, Kecamatan Medan Selayang, Kota Medan, Indonesia, pada bulan Februari hingga April 2025. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama adalah konsentrasi putresin (P) yang terdiri atas empat taraf: P₀ (0 ppm/perendaman dengan air suling saja), P₁ (15 ppm), P₂ (20 ppm), dan P₃ (25 ppm). Faktor kedua adalah lama perendaman (L) yang terdiri atas tiga taraf: L1 (3 jam), L2 (6 jam), dan L3 (9 jam). Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali, sehingga terdapat 12 kombinasi perlakuan dan total 36 satuan percobaan.

Seleksi Benih

Benih yang terpilih direndam dalam air, dan benih yang tenggelam ke dasar wadah diklasifikasikan sebagai benih layak yang akan digunakan dalam penelitian, sedangkan benih yang mengapung dibuang. Setelah perendaman, benih dikeringanginkan di atas kertas tisu untuk menghilangkan kelembapan pada permukaan benih.

Persiapan Larutan Kimia

Larutan putresin disiapkan dengan melarutkan sejumlah tertentu bubuk putresin ke dalam 1 liter air suling. Larutan 15 ppm dibuat dengan melarutkan 0,015 gram putresin ke dalam 1 liter air suling; larutan 20 ppm dibuat dengan melarutkan 0,020 gram; larutan 25 ppm dengan 0,025 gram; dan larutan 30 ppm dengan melarutkan 0,030 gram putresin ke dalam 1 liter air suling.

Perendaman dengan Putresin

Benih dibagi menjadi empat kelompok untuk direndam dalam larutan putresin dengan konsentrasi 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm, serta satu kelompok kontrol yang direndam dengan air suling. Masing-masing kelompok kemudian dibagi lagi menjadi tiga subkelompok berdasarkan lama perendaman: 3 jam, 6 jam, dan 9 jam. Setelah proses perendaman, benih dikeringanginkan untuk menghilangkan kelembapan berlebih di permukaan benih.

Penanaman Benih

Sebelum ditanam, benih direndam terlebih dahulu dalam larutan fungisida dengan dosis 2 g/L. Setelah perlakuan, benih ditanam dalam polybag yang telah diisi dengan media tanam, dengan satu benih per polybag dan sepuluh polybag untuk setiap petak perlakuan. Benih ditanam pada kedalaman sekitar 1 cm. Perkecambahan benih diamati hingga enam minggu setelah tanam.

Pengamatan

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah persentase perkecambahan dan laju perkecambahan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis ragam, diketahui bahwa konsentrasi putresin, lama perendaman, serta interaksi antara keduanya memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kecepatan perkecambahan dan persentase perkecambahan benih padi.

Laju Perkecambahan (Hari Setelah Semai/HSS)

Pengamatan terhadap kecepatan perkecambahan dilakukan setiap hari mulai dari hari pertama setelah tanam hingga akhir masa pengamatan (42 hari). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi putresin dan lama perendaman memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap laju perkecambahan. Hasil uji lanjut menggunakan

Duncan's Multiple Range Test (DMRT) terhadap pengaruh interaksi antara konsentrasi putresin dan lama perendaman terhadap laju perkecambahan disajikan pada Tabel 1.

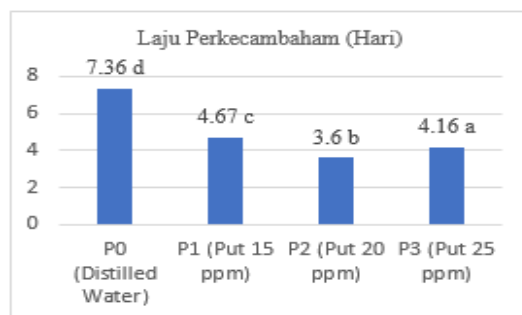
Tabel 1. Rata-rata Laju Perkecambahan (Hari)

Perlakuan	Laju Perkecambahan (Days)
P ₀ L ₁ (Distilled Water + 3 Hours)	7.07 i
P ₀ L ₂ (Distilled Water + 6 Hours)	7.20 i
P ₀ L ₃ (Distilled Water + 9 Hours)	7.80 j
P ₁ L ₁ (Putrecine 15 ppm + 3 Hours)	4.87 h
P ₁ L ₂ (Putrecine 15 ppm + 6 Hours)	4.47 fg
P ₁ L ₃ (Putrecine 15 ppm + 9 Hours)	4.67 gh
P ₂ L ₁ (Putrecine 20 ppm + 3 Hours)	3.80 bc
P ₂ L ₂ (Putrecine 20 ppm + 6 Hours)	3.40 a
P ₂ L ₃ (Putrecine 20 ppm + 9 Hours)	3.60 ab
P ₃ L ₁ (Putrecine 25 ppm + 3 Hours)	4.27 ef
P ₃ L ₂ (Putrecine 25 ppm + 6 Hours)	4.00 cd
P ₃ L ₃ (Putrecine 25 ppm + 9 Hours)	4.20 de

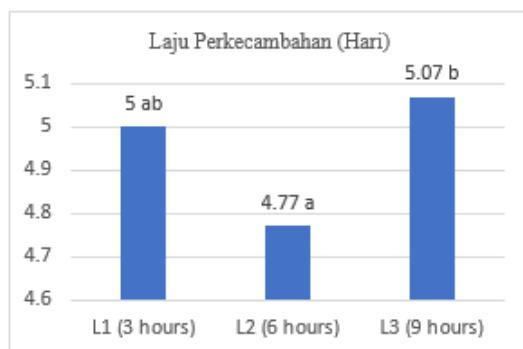
Keterangan: Angka-angka pada kolom yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata pada taraf 5% menurut uji beda rata-rata DMRT (Duncan Multiple Range Test).

Berdasarkan Tabel 1, interaksi antara konsentrasi putresin dan lama perendaman berpengaruh nyata terhadap kecepatan perkecambahan. Laju perkecambahan tercepat diperoleh pada kombinasi perlakuan konsentrasi 20 ppm dengan perendaman selama 6 jam (P₂L₂), yaitu 3,40 hari setelah tanam. Sebaliknya, laju perkecambahan paling lambat tercatat pada perlakuan P₀L₃ (air suling dengan perendaman 9 jam), yaitu 7,80 hari, yang berbeda nyata dibandingkan dengan semua kombinasi perlakuan lainnya.

Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa baik konsentrasi putresin maupun lama perendaman memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap laju perkecambahan benih padi. Hasil uji beda rata-rata menggunakan Duncan's Multiple Range Test (DMRT) terhadap pengaruh konsentrasi putresin dan lama perendaman disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi Putresin dan Lama Perendaman terhadap Laju Perkecambahan (Hari)



Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi Putresin dan Lama Perendaman terhadap Laju Perkecambahan (Hari)

Berdasarkan data yang diperoleh, aplikasi putresin menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap laju perkecambahan dibandingkan dengan kontrol (tanpa perlakuan putresin). Hasil terbaik diperoleh pada konsentrasi 20 ppm dengan lama perendaman 6 jam. Temuan ini menunjukkan bahwa pemberian putresin efektif dalam meningkatkan perkecambahan benih kedelai. Hasil ini sejalan dengan laporan sebelumnya oleh (Basra *et al.*, 1994), yang menyatakan bahwa benih bawang merah berkualitas tinggi memiliki kandungan poliamin yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol, dan terdapat korelasi positif antara vigor benih dan kandungan poliamin dalam benih. Oleh karena itu, diduga bahwa perlakuan perendaman benih meningkatkan kadar poliamin dalam jaringan benih, yang selanjutnya berkontribusi terhadap peningkatan vigor benih dan pertumbuhan bibit.

Selain itu, temuan dari (Khan *et al.*, 2019) terkait aplikasi zat pengatur tumbuh (ZPT) jenis poliamin dalam meningkatkan perkecambahan benih cabai juga mendukung hasil penelitian ini. Penelitian mereka menunjukkan bahwa perendaman benih dengan poliamin (putresin, spermidin, dan spermin) secara signifikan meningkatkan perkecambahan dan pertumbuhan awal bibit tanaman cabai dibandingkan dengan benih yang tidak diberi perlakuan. Hasil ini mengindikasikan bahwa poliamin memiliki potensi besar dalam meningkatkan vigor benih dan mendorong pertumbuhan awal bibit pada berbagai jenis tanaman.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan temuan (Farooq *et al.*, 2011), yang menyimpulkan bahwa perlakuan benih sebelum tanam dengan poliamin dapat meningkatkan perkecambahan dan pertumbuhan awal bibit pada varietas padi berkualitas tinggi.

Persentase Perkecambahan (%)

Pengamatan terhadap persentase perkecambahan dilakukan pada umur 14 (empat belas) hari setelah tanam. Berdasarkan hasil analisis ragam, diketahui bahwa interaksi antara konsentrasi dan lama perendaman putresin memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap

daya kecambah. Hasil uji beda rata-rata menggunakan DMRT (Duncan Multiple Range Test) terhadap pengaruh interaksi antara konsentrasi dan lama perendaman putresin dapat dilihat pada Tabel 2.

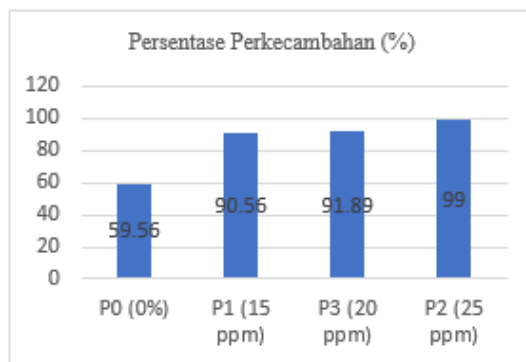
Tabel 2. Rata-rata Persentase Perkecambahan (%)

Treatment	Germination Percentage (%)	
P ₀ L ₁ (Distilled Water + 3 Hours)	56.00	a
P ₀ L ₂ (Distilled Water + 6 Hours)	65.67	b
P ₀ L ₃ (Distilled Water + 9 Hours)	57.00	a
P ₁ L ₁ (Putrecine 15 ppm + 3 Hours)	90.00	c
P ₁ L ₂ (Putrecine 15 ppm + 6 Hours)	91.00	de
P ₁ L ₃ (Putrecine 15 ppm + 9 Hours)	90.67	cd
P ₂ L ₁ (Putrecine 20 ppm + 3 Hours)	98.67	hi
P ₂ L ₂ (Putrecine 20 ppm + 6 Hours)	99.33	i
P ₂ L ₃ (Putrecine 20 ppm + 9 Hours)	99.00	i
P ₃ L ₁ (Putrecine 25 ppm + 3 Hours)	91.33	ef
P ₃ L ₂ (Putrecine 25 ppm + 6 Hours)	92.33	gh
P ₃ L ₃ (Putrecine 25 ppm + 9 Hours)	92.00	fg

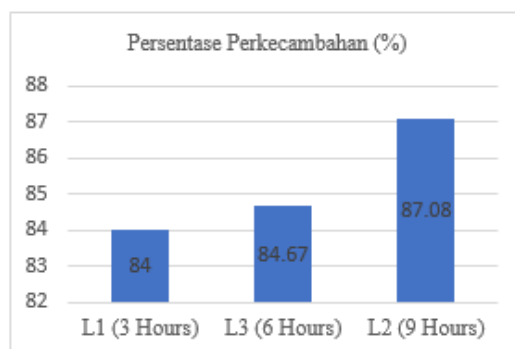
Catatan: Angka-angka pada kolom yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata pada taraf 5% menurut uji beda rata-rata DMRT (Duncan Multiple Range Test).

Berdasarkan Tabel 2, interaksi antara konsentrasi putresin dan lama perendaman berpengaruh nyata terhadap persentase perkecambahan benih. Persentase perkecambahan tertinggi (99,33%) diperoleh pada kombinasi perlakuan putresin 20 ppm dengan perendaman selama 6 jam (P₂L₂). Sebaliknya, persentase perkecambahan terendah (56%) terjadi pada perlakuan kontrol dengan konsentrasi 0 ppm dan lama perendaman 3 jam (P₀L₁), yang berbeda nyata dibandingkan dengan semua kombinasi perlakuan lainnya.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa baik konsentrasi putresin maupun lama perendaman memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap persentase perkecambahan benih padi. Hasil uji beda rata-rata menggunakan DMRT (Duncan Multiple Range Test) terhadap pengaruh konsentrasi putresin dan waktu perendaman disajikan pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi Putresin dan Lama Perendaman terhadap Persentase Perkecambahan (%)



Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi Putresin dan Lama Perendaman terhadap Persentase Perkecambahan (%)

Data menunjukkan bahwa aplikasi putresin berpengaruh nyata terhadap persentase perkecambahan benih dibandingkan dengan kontrol tanpa perlakuan. Hasil paling optimal diperoleh pada konsentrasi 20 ppm dengan lama perendaman 6 jam. Hasil ini sejalan dengan temuan (Khan *et al.*, 2019), yang melaporkan bahwa semua perlakuan menggunakan zat pengatur tumbuh (ZPT) berbasis poliamin meningkatkan persentase akhir perkecambahan benih cabai dibandingkan dengan kontrol, meskipun perbedaan antar kelompok perlakuan tidak signifikan secara statistik. Penggunaan poliamin juga menyebabkan penurunan Waktu Rata-rata Perkecambahan (*Mean Germination Time/MGT*) dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 50% perkecambahan (*T50*), dengan putresin memberikan peningkatan paling menonjol, meskipun variasi konsentrasi tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

Penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan seed priming menggunakan putresin secara signifikan meningkatkan persentase perkecambahan dan kecepatan perkecambahan benih padi dibandingkan dengan benih tanpa perlakuan. Temuan sebelumnya oleh (Basra *et al.*, 1994) mengungkapkan bahwa benih bawang merah yang dipriming mengandung kadar poliamin lebih tinggi dibandingkan dengan benih kontrol, dengan korelasi positif antara kadar poliamin dan vigor bibit. Hal ini mendukung hipotesis bahwa proses priming meningkatkan

kandungan poliamin dalam jaringan benih, yang pada gilirannya berdampak positif terhadap vigor dan pertumbuhan awal tanaman. Peningkatan perkecambahan dan vigor bibit ini diduga berkaitan dengan aktivitas metabolik yang lebih efisien dalam benih, termasuk mobilisasi cadangan makanan dan perbaikan materi genetik yang lebih baik (Srivastava, 2002). Hasil ini konsisten dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (He *et al.*, 2002).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi Putresin memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap viabilitas benih padi, di mana konsentrasi 20 ppm memberikan peningkatan tertinggi pada persentase perkecambahan dan vigor bibit. Lama perendaman dalam larutan Putresin juga menunjukkan pengaruh yang sangat nyata terhadap viabilitas benih padi, dengan hasil tertinggi diperoleh pada lama perendaman 6 jam.

Selain itu, dapat disimpulkan bahwa terdapat interaksi yang sangat nyata antara konsentrasi Putresin dan lama perendaman terhadap kedua parameter tersebut, dengan hasil terbaik diperoleh dari kombinasi konsentrasi Putresin 20 ppm dan lama perendaman 6 jam. Temuan dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi dalam upaya meningkatkan viabilitas benih padi yang mengalami deteriorasi, dengan rekomendasi untuk merendam benih dalam larutan Putresin 20 ppm selama 6 jam.

DAFTAR REFERENSI

- Basra, A. S., Singh, B., & Malik, C. (1994). Priming-induced changes in polyamine levels in relation to vigor of aged seeds. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 35(1), 19–23.
- Farooq, M., Aziz, T., ur Rehman, H., ur Rehman, A., & Cheema, S. A. (2011). Evaluating surface drying and re-drying for wheat seed priming with polyamines: Effects on emergence, early seedling growth and starch metabolism. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33(5), 1707–1713. <https://doi.org/10.1007/s11738-010-0707-3>
- Gaba, V. (2005). Plant growth regulator. In R. N. Trigiano & D. J. Gray (Eds.), *Plant tissue culture and development* (pp. 87–100). CRC Press.
- He, L., Nada, K., & Tachibana, S. (2002). Effects of spermidine pretreatment through the roots on growth and photosynthesis of chilled cucumber plants (*Cucumis sativus* L.). *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 71(4), 490–498. <https://doi.org/10.2503/jjshs.71.490>
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2024). *Rencana strategis Kementerian Pertanian*. Kementan.

- Khan, A. A., Maguire, J. D., Abawi, G. S., & Ilyas, S. (2019). Matricconditioning of vegetable seeds to improve stand establishment in early field plantings. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(1), 41–47. <https://doi.org/10.21273/jashs.117.1.41>
- Kusano, T., Berberich, T., Tateda, C., & Takahashi, Y. (2008). Polyamines: Essential factors for growth and survival. *Planta*, 228, 367–381.
- Lestari, E. G. (2011). Peranan zat pengatur tumbuh dalam perbanyak tanaman melalui kultur jaringan. *Jurnal AgroBiogen*, 7(1), 63–68. <https://doi.org/10.21082/jbio.v7n1.2011.p63-68>
- Nurmiaty, Y., & Nurmauli. (2010). Studi metode invigorasi pada viabilitas dua lot benih kedelai yang telah disimpan selama sembilan bulan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 15(1), 20–24.
- Srivastava, L. M. (2002). *Plant growth and development: Hormones and environment*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-660570-9.50172-6>
- Sutariati, G. A. K., Zul'aiza, Darsan, S., Kasra, L. M. A., Wangadi, S., & Mudi, L. (2015). Invigorasi benih padi gogo lokal untuk meningkatkan vigor dan mengatasi permasalahan dormansi fisiologis pascapanen. *Jurnal Agroteknos*, 4(1), 10–17. <https://doi.org/10.56189/ja.v4i1.200>
- Takahashi, T., & Kakehi, J.-I. (2010). Polyamines: Ubiquitous polycations with unique roles in growth and stress responses. *Annals of Botany*, 105, 1–6.
- Tefa, A. (2017). Uji viabilitas dan vigor benih padi (*Oryza sativa* L.) selama penyimpanan pada tingkat kadar air yang berbeda. *Jurnal Pertanian Konservasi Lahan Kering*, 2(3), 48–55.