

EVALUASI POTENSI TUMBUH BENIH 21 VARIETAS PADI MELALUI ANALISIS *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS* (PCA) DAN KORELASI

M. Izhar^{1*}, Munawarrah², Samsul Ma'arif³, & Dela Arinda⁴

^{1,2,3,&4}Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Universitas Satya Terra Bhinneka, Jalan Sunggal Gang Bakul, Medan, Sumatera Utara 20128, Indonesia

*Email: izhar@satyaterrabhinneka.ac.id

Submit: 15-12-2025; Revised: 19-12-2025; Accepted: 20-12-2025; Published: 05-01-2026

ABSTRAK: Kualitas benih merupakan faktor kunci dalam menentukan keberhasilan perkecambahan dan produktivitas tanaman padi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi tumbuh benih 21 varietas padi (*Oryza sativa* L.) yang terdiri atas varietas lokal, nasional, dan introduksi melalui analisis korelasi dan *Principal Component Analysis* (PCA). Empat parameter yang diamati meliputi Potensi Tumbuh Maksimum (PTM), Daya Berkecambah (DB), Panjang Plumula (PP), dan Panjang Radikula (PR). Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biologi, Universitas Satya Terra Bhinneka, menggunakan rancangan acak lengkap dengan tiga ulangan. Hasil analisis menunjukkan terdapat variasi nyata antar varietas terhadap seluruh parameter pengamatan. Nilai PCA menunjukkan bahwa dua komponen utama (PC1 dan PC2) menjelaskan 78,1% total keragaman. Parameter PTM dan DB memiliki *loading* negatif tinggi pada PC1, menunjukkan bahwa komponen ini merepresentasikan viabilitas benih, sedangkan PP dan PR memiliki *loading* positif pada PC2 yang menggambarkan vigor morfologis kecambah. Varietas Sigupai, Tinggong, dan Inpago 12 berada pada kuadran dengan nilai PC1 negatif dan PC2 positif, menunjukkan kombinasi viabilitas tinggi dan pertumbuhan kecambah yang kuat. Analisis korelasi menunjukkan hubungan positif sangat kuat antara PTM dan DB ($r = 0,98$; $p < 0,001$), sedangkan korelasi antar parameter fisiologis dan morfologis tergolong lemah. Dengan demikian, PCA dan analisis korelasi terbukti efektif dalam mengidentifikasi varietas padi unggul berdasarkan karakter viabilitas dan vigor benih, sehingga berpotensi mendukung seleksi varietas dalam pengelolaan dan pengembangan benih padi.

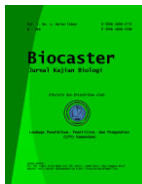
Kata Kunci: Korelasi, Padi, PCA, Perkecambahan, Viabilitas.

ABSTRACT: Seed quality is a key factor in determining the success of germination and productivity of rice plants. This study aims to evaluate the seed growth potential of 21 rice varieties (*Oryza sativa* L.) consisting of local, national, and introduced varieties through correlation analysis and *Principal Component Analysis* (PCA). Four parameters observed include Maximum Growth Potential (PMP), Germination Power (DB), Plumule Length (PP), and Radicle Length (PR). The study was conducted at the Biology Laboratory, Satya Terra Bhinneka University, using a completely randomized design with three replications. The analysis results showed significant variations among varieties for all observed parameters. The PCA value showed that two principal components (PC1 and PC2) explained 78.1% of the total variability. The PTM and DB parameters had high negative loadings on PC1, indicating that this component represents seed viability, while PP and PR had positive loadings on PC2, which described the morphological vigor of the seedlings. The Sigupai, Tinggong, and Inpago 12 varieties were in the quadrant with negative PC1 and positive PC2 values, indicating a combination of high viability and strong seedling growth. Correlation analysis showed a very strong positive relationship between PTM and DB ($r = 0.98$; $p < 0.001$), while the correlation between physiological and morphological parameters was weak. Thus, PCA and correlation analysis proved effective in identifying superior rice varieties based on seed viability and vigor traits, potentially supporting variety selection in rice seed management and development.

Keywords: Correlation, Rice, PCA, Germination, Viability.

How to Cite: Izhar, M., Munawarrah, M., Ma'arif, S., & Arinda, D. (2026). Evaluasi Potensi Tumbuh Benih 21 Varietas Padi melalui Analisis *Principal Component Analysis* (PCA) dan Korelasi. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 6(1), 311-324. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v6i1.903>

Uniform Resource Locator: <https://e-journal.lp3kamandanu.com/index.php/biocaster>



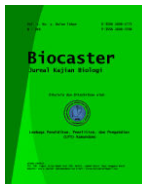
PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman pangan utama yang berperan penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional. Sebagai negara agraris, keberhasilan produksi padi sangat menentukan kestabilan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat (Herliana *et al.*, 2025). Salah satu faktor penting yang berpengaruh terhadap produktivitas padi adalah mutu benih yang digunakan. Benih bermutu tinggi memiliki daya tumbuh dan vigor yang tinggi, yang pada gilirannya memengaruhi pertumbuhan awal tanaman, ketahanan terhadap stres lingkungan, serta hasil tanaman. Oleh karena itu, pengujian potensi tumbuh benih menjadi tahap penting dalam penilaian mutu fisiologis dan sebagai dasar seleksi karakter unggul dalam program pemuliaan tanaman (Vakeswaran, 2023).

Kualitas benih umumnya dievaluasi melalui beberapa parameter morfofisiologis seperti daya berkecambah, panjang akar, dan panjang plumula. Parameter-parameter ini mencerminkan viabilitas dan vigor benih, serta kemampuan tanaman muda beradaptasi pada kondisi lingkungan. Variasi antar varietas dalam hal potensi tumbuh benih menunjukkan adanya perbedaan genetik dan fisiologis yang dapat dimanfaatkan dalam proses seleksi varietas unggul (Goyal *et al.*, 2024). Dalam konteks ini, penting untuk mengevaluasi berbagai varietas padi dari beragam sumber genetik guna memperoleh gambaran menyeluruh mengenai potensi pertumbuhan awal yang dimiliki masing-masing varietas. Varietas lokal umumnya memiliki kemampuan adaptasi terhadap kondisi spesifik daerah dan ketahanan terhadap cekaman biotik maupun abiotik. Sementara itu, varietas nasional biasanya dikembangkan untuk produktivitas tinggi dan stabilitas hasil, sedangkan varietas introduksi berpotensi menyumbang gen unggul baru bagi program pemuliaan (Chaniago, 2019; Sitaresmi *et al.*, 2015).

Sejumlah penelitian terdahulu telah melaporkan adanya variasi karakter fisiologis antar varietas padi. Penelitian Nurrachmamila & Saputro (2017) menemukan bahwa perbedaan varietas memberikan pengaruh signifikan terhadap daya berkecambah dan panjang akar yang menunjukkan keragaman fisiologis antar genotipe. Kumari *et al.* (2023) melaporkan bahwa vigor benih berkorelasi positif dengan panjang plumula dan kecepatan tumbuh bibit, menandakan hubungan erat antara karakter fisiologis dan performa awal tanaman. Saharia *et al.* (2024) mengamati bahwa varietas lokal menunjukkan kemampuan berkecambah lebih tinggi pada kondisi kekeringan dibanding varietas modern, menunjukkan adanya potensi genetik yang penting untuk adaptasi terhadap stres lingkungan. Namun demikian, sebagian besar studi sebelumnya hanya menggunakan analisis deskriptif atau uji beda rata-rata untuk mengevaluasi karakter-karakter tersebut, tanpa melihat keterkaitan antar variabel secara menyeluruh.

Pendekatan statistik multivariat seperti *Principal Component Analysis* (PCA) dan analisis korelasi dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai hubungan antar karakter pertumbuhan benih. PCA berfungsi mereduksi banyak variabel menjadi sejumlah komponen utama yang



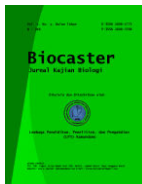
menjelaskan sebagian besar keragaman total, sehingga memudahkan identifikasi karakter yang paling berpengaruh terhadap variasi antar. Sementara itu, analisis korelasi memungkinkan peneliti memahami hubungan antar parameter (Kumari *et al.*, 2023). Penggunaan kedua metode ini secara bersamaan mampu mengungkap pola pengelompokan varietas berdasarkan kesamaan karakter fisiologis serta menentukan karakter kunci yang mencerminkan vigor benih.

Penelitian Sari *et al.* (2023) mengevaluasi variasi karakter kekuatan benih padi Afrika Barat menggunakan analisis multivariat. Tiga sumbu utama PCA menjelaskan 86,34% variasi total, dengan sifat penting seperti indeks vitalitas bibit dan kecepatan perkecambahan sebagai penentu utama. Pendekatan ini membantu memahami hubungan antar sifat dan mengarahkan program pemuliaan dengan menyoroti karakter yang paling berpengaruh terhadap kualitas benih. Sudeepthi *et al.* (2020) menggunakan PCA untuk menganalisis 107 genotipe padi berdasarkan sifat-sifat perkecambahan anaerobik. Tiga komponen utama menjelaskan 75,78% variabilitas, dengan sifat kunci meliputi indeks respons anaerobik dan persentase perkecambahan. Genotipe MTU 1140 menunjukkan keragaman tertinggi, menjadikannya kandidat potensial untuk program hibridisasi.

Sistem perbenihan padi di Indonesia terdiri atas empat subsistem utama, yaitu penelitian dan pemuliaan varietas, produksi dan distribusi benih, pengawasan mutu dan sertifikasi, serta subsistem penunjang yang mencakup kebijakan, sumber daya manusia, dan sarana pendukung (Nuswardhani & Arief, 2019). Namun, sistem ini belum berjalan optimal, karena kontinuitas benih sumber belum terjamin, jumlah penangkar benih terbatas, dan distribusi benih bersertifikat belum merata antar wilayah. Persepsi petani terhadap mutu benih bersertifikat juga masih beragam, sementara sebagian besar petani lebih memilih benih simpanan sendiri yang sering memiliki vigor rendah. Kondisi ini menunjukkan perlunya penguatan sistem perbenihan melalui peningkatan mutu dan ketersediaan benih, serta kajian fisiologis yang melibatkan varietas lokal, nasional, dan introduksi untuk mendukung adaptasi terhadap berbagai agroekosistem di Indonesia.

Kebaruan ilmiah dari penelitian ini terletak pada penerapan analisis multivariat (PCA dan korelasi) untuk mengevaluasi potensi tumbuh benih dari varietas padi yang berasal dari sumber lokal, nasional, dan introduksi. Penelitian sebelumnya umumnya hanya menyoroti satu atau dua aspek fisiologis benih tanpa mengintegrasikannya ke dalam model statistik yang lebih menyeluruh. Dengan pendekatan multivariat, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih akurat tentang hubungan antar karakter fisiologis serta mengidentifikasi varietas dengan performa unggul pada fase perkecambahan. Fase ini merupakan tahapan kritis yang menentukan keberhasilan pertumbuhan selanjutnya, karena vigor dan kemampuan tumbuh awal tanaman sangat dipengaruhi oleh potensi fisiologis benih pada tahap awal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi tumbuh benih dari 21 varietas padi yang mencakup varietas lokal, nasional, dan introduksi melalui parameter daya berkecambah, panjang akar, dan panjang plumula. Penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis hubungan antar parameter menggunakan analisis korelasi, serta mengidentifikasi komponen utama yang berkontribusi



terhadap keragaman benih menggunakan analisis *Principal Component Analysis* (PCA). Melalui pendekatan ini, diharapkan diperoleh informasi mengenai karakter yang paling berpengaruh terhadap potensi tumbuh benih, serta varietas-varietas yang memiliki karakter unggul pada fase perkecambahan yang berpotensi dikembangkan lebih lanjut dalam program pemuliaan padi unggul di Indonesia.

METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi, Universitas Satya Terra Bhinneka, Yayasan Perguruan Tinggi Sultan Iskandar Muda, Medan Sunggal. Kegiatan penelitian berlangsung pada bulan November 2025.

Material Genetik

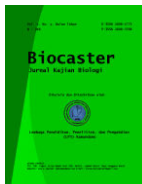
Penelitian ini menggunakan 21 varietas padi yang terdiri atas varietas lokal, nasional, dan introduksi. Seluruh benih yang digunakan diperoleh dari koleksi Laboratorium Genetika dan Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. Daftar lengkap varietas yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Varietas Padi yang Digunakan dalam Pengujian Fase Perkecambahan.

No.	Nama Varietas	Keterangan
1	Situbagendit	Nasional
2	IR64	Nasional
3	Biosalin 2	Nasional
4	Inpari 42	Nasional
5	Inpago 5	Nasional
6	IR42	Nasional
7	Inpago 12	Nasional
8	IPB 9G	Nasional
9	Mustajab	Nasional
10	Sikuneng	Lokal (Aceh)
11	Tinggong	Lokal (Aceh)
12	Sigupai	Lokal (Aceh)
13	Sigodok	Lokal (Aceh)
14	Pakpak	Lokal (Sumatera Utara)
15	Pandan Wangi	Lokal (Jawa Barat)
16	Yinzhan	Introduksi (China)
17	Wang Zhan	Introduksi (China)
18	Nong Feng You	Introduksi (China)
19	Koshihikari	Introduksi (Jepang)
20	IRBB27	Introduksi (Filipina)
21	Swarna	Introduksi (India)

Pelaksanaan Penelitian

Seleksi benih dilakukan secara visual untuk memisahkan benih padi bernas dari benih hampa. Benih bernas diidentifikasi berdasarkan penampilan morfologis, seperti bentuk yang terisi penuh, warna yang cerah, dan permukaan biji yang utuh tanpa kerusakan. Benih hampa yang tampak ringan, berisi udara, atau memiliki bentuk yang tidak terisi penuh, tidak digunakan dalam percobaan. Sebanyak 45 benih padi digunakan untuk setiap satuan percobaan. Tahap seleksi ini bertujuan untuk memastikan keseragaman dan kualitas benih.



Proses perkecambahan dilakukan menggunakan cawan petri yang dilapisi kertas merang sebagai media tanam. Kertas merang dipotong sesuai dengan ukuran dasar cawan petri, kemudian dibasahi dengan air hingga mencapai kondisi lembap merata tanpa menyebabkan genangan. Benih padi yang telah diseleksi kemudian disusun secara teratur di atas permukaan kertas merang. Cawan petri berisi benih selanjutnya diinkubasi selama 7 hari untuk proses perkecambahan.

Inkubasi dilakukan pada suhu ruang terkontrol $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, kelembapan relatif sekitar 70-80%, serta fotoperiode 12 jam terang dan 12 jam gelap untuk mensimulasikan kondisi lingkungan alami. Selama periode inkubasi, kelembapan media dijaga secara konstan. Apabila kertas merang mulai mengering, dilakukan penyemprotan air menggunakan *sprayer* berkapasitas 1 liter guna mempertahankan kondisi lembap yang optimal.

Analisis Data dan Parameter Pengamatan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga ulangan dan 21 perlakuan berupa varietas padi. Setiap ulangan terdiri atas 45 butir benih, sehingga total benih yang digunakan adalah 135 butir untuk setiap varietas. Jumlah tersebut telah sesuai dengan rekomendasi pengujian daya berkecambah benih sebanyak 100 butir (ISTA, 2023). Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA), dan apabila terdapat perbedaan yang nyata, dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%. Dilakukan juga analisis PCA dan analisis korelasi *Pearson* menggunakan perangkat lunak R Studio versi 4.3.1 untuk mengidentifikasi hubungan antar variabel dan karakter genotipe secara lebih komprehensif. Sebelum analisis PCA, seluruh data dilakukan standardisasi (*z-score normalization*) untuk menghilangkan pengaruh satuan dan skala antar variabel, sehingga setiap parameter memiliki bobot kontribusi yang setara.

Analisis PCA dilakukan berdasarkan matriks kovarians atau korelasi, tergantung pada homogenitas varians antar variabel. Kriteria pemilihan komponen utama (PCs) didasarkan pada nilai *eigenvalue* ≥ 1 (kaidah *Kaiser*) dan persentase keragaman kumulatif $\geq 70\%$ sebagai batas minimal variansi total yang dapat dijelaskan oleh model. Interpretasi *loading* faktor juga dilakukan dengan mempertimbangkan variabel yang memiliki nilai *loading absolut* $\geq 0,50$ yang dianggap memberikan kontribusi nyata terhadap pembentukan komponen utama.

Kecambah normal didefinisikan sebagai kecambah yang menunjukkan gejala tumbuh sehat, ditandai oleh pertumbuhan akar primer dan plumula yang proporsional, jaringan berwarna normal (putih bersih pada akar dan hijau pada plumula), serta struktur lengkap seperti akar, koleoptil, dan hipokotil (ISTA, 2023). Adapun peubah pengamatan meliputi:

Potensi Tumbuh Maksimum (PTM) (%)

$$\text{PTM} = \frac{\text{Jumlah benih dengan gejala tumbuh pada hari ke-7}}{\text{Jumlah benih yang ditanam}} \times 100\%$$

Daya Berkecambah (DB) (%)

$$\text{DB} = \frac{\text{Jumlah kecambah normal pada hari ke-7}}{\text{Jumlah benih yang ditanam}} \times 100\%$$

Panjang Plumula

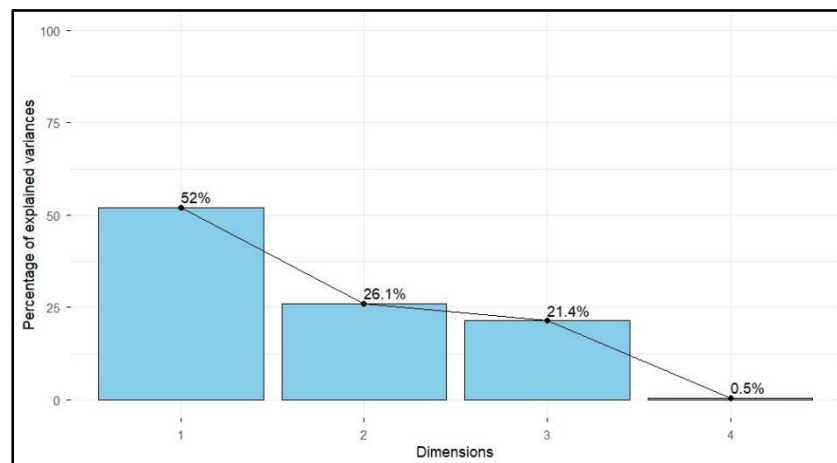
Pengukuran panjang plumula dilakukan setelah benih padi berkecambah selama 7 hari. Pengukuran dilakukan menggunakan penggaris transparan dengan ketelitian hingga 0,01 cm. Panjang plumula diukur dari titik tumbuh (koleoptil) hingga ujung daun pertama yang muncul.

Panjang Radikula

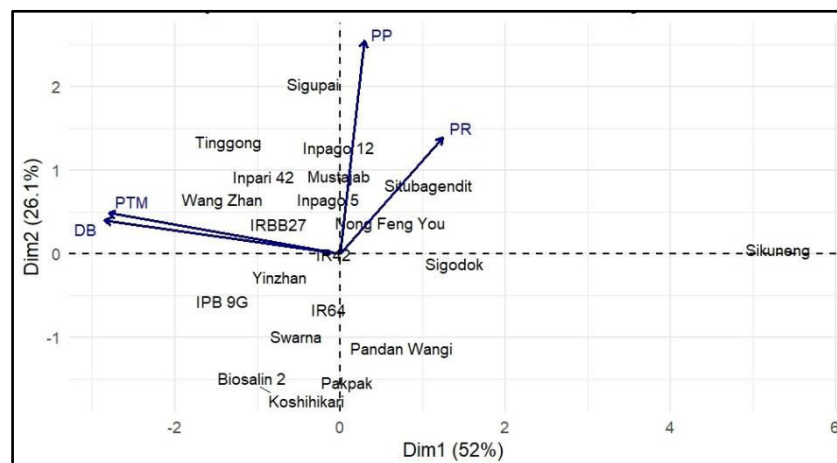
Pengukuran panjang radikula dilakukan bersamaan dengan pengamatan panjang plumula, yaitu setelah 7 hari masa perkecambahan. Panjang radikula diukur dari pangkal embrio hingga ujung akar utama menggunakan penggaris transparan dengan ketelitian 0,01 cm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menyajikan evaluasi viabilitas dan vigor awal benih pada 21 varietas padi yang berasal dari varietas lokal, nasional, dan introduksi pada fase perkecambahan. Hubungan antarparameter serta pola kemiripan antarvarietas, data dianalisis menggunakan pendekatan statistik univariat dan multivariat, yaitu analisis ragam, *Principal Component Analysis* (PCA), dan analisis korelasi. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik dan tabel.



Gambar 1. Proporsi Varians per Komponen Utama.



Gambar 2. PCA-Biplot Varietas Padi Berdasarkan Parameter Viabilitas Benih.

Tabel 2. PC1-PC4 Varietas Padi Berdasarkan Viabilitas Benih.

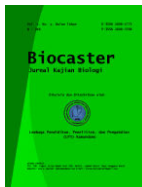
Varietas	PC1	PC2	PC3	PC4
Situbagendit	0.775	0.967	2.805	-0.268
IR64	0.155	-0.522	-0.133	-0.317
Biosalin 2	-0.824	-1.678	0.542	0.002
Inpari 42	-0.466	1.024	-0.421	0.003
Inpago 5	-0.597	0.528	-0.567	-0.031
IR42	-0.350	-0.158	-0.637	-0.274
Inpago 12	-0.313	1.120	1.325	0.194
IPB 9G	-1.129	-0.713	0.400	0.071
Mustajab	-0.320	1.076	-1.015	-0.100
Sikuneng	5.597	0.195	-0.015	0.091
Tinggong	-1.057	1.189	-1.086	0.002
Sigupai	-0.617	1.884	0.142	0.109
Sigodok	1.096	-0.269	-1.679	-0.055
Pakpak	0.276	-1.443	-0.111	-0.032
Pandan Wangi	0.459	-1.275	-0.332	0.142
Yinzhan	-0.982	-0.412	0.742	0.103
Wang Zhan	-1.029	0.508	-0.323	0.044
Nong Feng You	0.908	0.219	-0.205	0.097
Koshihikari	-0.307	-1.604	0.397	0.032
IRBB27	-0.444	0.201	-0.057	0.100
Swarna	-0.830	-0.836	0.231	0.082

Tabel 3. PC1-PC4 Parameter Viabilitas Benih.

Parameter	PC1	PC2	PC3	PC4
Potensi Tumbuh Maksimum	-0.667	0.162	0.207	-0.696
Daya Berkecambah	-0.679	0.133	0.105	0.713
Panjang Plumula	0.070	0.858	-0.508	-0.018
Panjang Radikula	0.296	0.468	0.829	0.071

Tabel 4. Respon Pertumbuhan Awal Benih Padi Berdasarkan 4 Parameter Pengamatan.

Varietas	PTM (%)	DB (%)	PP (cm)	PR (cm)
Situbagendit	95.67 ef	80.00 bcd	6.20 abcde	11.67 g
IR64	89.00 de	77.67 bc	6.33 abcdef	5.53 abc
Biosalin 2	95.33 ef	93.00 def	5.27 a	5.07 abc
Inpari 42	95.33 ef	93.33 def	7.40 fg	6.13 bcd
Inpago 5	95.33 ef	93.00 def	7.13 efg	5.40 abc
IR42	93.33 ef	84.67 cde	6.73 bcdefg	4.80 ab
Inpago 12	97.67 ef	97.67 ef	6.80 bcdefg	9.00 ef
IPB 9G	100.00 f	100.00 f	5.93 abc	5.53 abc
Mustajab	93.00 ef	89.00 cde	7.67 g	5.33 abc
Sikuneng	26.67 a	15.33 a	7.03 defg	9.37 f
Tinggong	100.00 f	100.00 f	7.73 g	4.93 abc
Sigupai	100.00 f	100.00 f	7.73 g	7.67 de
Sigodok	71.00 b	66.67 b	7.13 efg	3.93 a
Pakpak	82.00 cd	77.67 bc	5.73 ab	4.87 ab
Pandan Wangi	77.67 bc	77.67 bc	5.93 abc	4.80 ab
Yinzhan	100.00 f	100.00 f	6.00 abcd	6.40 bcd
Wang Zhan	100.00 f	100.00 f	7.00 cdefg	5.53 abc
Nong Feng You	77.67 bc	75.33 bc	6.87 cdefg	6.53 cd
Koshihikari	89.00 de	86.67 cdef	5.40 a	5.20 abc
IRBB27	93.00 ef	93.00 def	6.73 bcdefg	6.00bc
Swarna	95.67 ef	95.67 ef	5.93 abc	5.33 abc
BNJ _{0,05}	10.77	15.15	1.08	1.60



Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, berbeda tidak nyata pada taraf 5% (uji BNJ_{0.05}); PTM = Potensi Tumbuh Maksimum, DB = Daya Berkecambah, PP = Panjang Plumula, dan PR = Panjang Radikula.

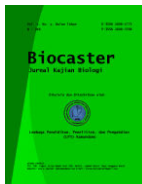
Analisis PCA digunakan untuk mengidentifikasi karakter fisiologis utama yang berkontribusi terhadap variasi potensi tumbuh benih 21 varietas padi. Berdasarkan hasil pada Gambar 1, dua komponen utama pertama (PC1 dan PC2) mampu menjelaskan sebagian besar variasi total antar varietas, dengan proporsi kumulatif mencapai lebih 78,1%. Hal ini menunjukkan bahwa kedua komponen utama tersebut sudah cukup representatif dalam menggambarkan hubungan antar karakter fisiologis benih padi yang diamati.

Nilai PC setiap varietas yang tercantum dalam Tabel 2 menunjukkan bahwa varietas dengan *loading* negatif tinggi pada PC1, yaitu IPB 9G (-1,129) memiliki performa tinggi pada parameter viabilitas benih, karena berkorelasi dengan potensi tumbuh maksimum dan daya berkecambah yang besar. Hal ini mengindikasikan bahwa varietas tersebut memiliki vigor benih yang baik dan stabil selama fase perkecambahan. Sebaliknya, varietas dengan nilai PC1 positif tinggi seperti Sikuneng (5,597) menunjukkan variabilitas yang besar pada aspek fisiologis. Kondisi ini menandakan adanya heterogenitas respon antar benih atau adanya faktor deteriorasi benih yang memengaruhi perkecambahan.

Varietas dengan skor PC2 positif tinggi yaitu Sigupai (1,884), Tinggong (1,189), dan Inpago 12 (1,120) menunjukkan kemampuan pertumbuhan kecambah yang kuat dengan panjang plumula dan radikula yang relatif lebih panjang dibanding varietas lainnya. Hal ini menandakan bahwa varietas tersebut memiliki vigor morfologis yang tinggi, yang dapat mendukung pertumbuhan awal tanaman pada fase vegetatif. Sebaliknya, varietas dengan skor PC2 negatif yaitu Biosalin 2 (-1,678) cenderung memiliki pertumbuhan kecambah yang lebih lambat meskipun viabilitasnya baik. Hasil tersebut diperkuat oleh pola yang terlihat pada Gambar 2 (biplot PCA), dimana varietas yang memiliki skor negatif pada PC1 dan positif pada PC2 seperti Sigupai, Tinggong, dan Inpago 12 terkelompok pada kuadran kanan atas. Posisi ini menunjukkan kombinasi viabilitas tinggi dan vigor pertumbuhan yang kuat, menjadikan varietas tersebut kandidat potensial untuk pengembangan varietas unggul dengan kemampuan tumbuh awal yang optimal.

Varietas Sikuneng dan Sigodok berada di sisi positif PC1, menandakan variabilitas yang tinggi pada karakter fisiologis, sedangkan varietas Biosalin 2 dan Swarna berada pada sisi negatif PC1 dan PC2, menandakan performa yang stabil tetapi pertumbuhan morfologis yang moderat. Varietas dengan nilai *loading* negatif pada PC1 dan positif pada PC2 yaitu Sigupai, Tinggong, dan Inpago 12 menunjukkan kombinasi terbaik antara viabilitas tinggi dan vigor pertumbuhan yang kuat, sehingga berpotensi digunakan sebagai varietas unggul dalam program pemuliaan padi yang berfokus pada vigor awal dan ketahanan terhadap stres lingkungan.

Hasil analisis pada Tabel 3 menunjukkan bahwa karakter Potensi Tumbuh Maksimum (PTM) dan Daya Berkecambah (DB) memiliki nilai *loading* negatif tinggi pada PC1, masing-masing sebesar -0,667 dan -0,679. Hal ini menunjukkan bahwa PC1 merepresentasikan dimensi fisiologis yang menggambarkan viabilitas benih. Varietas yang memiliki nilai PC1 negatif berarti memiliki potensi tumbuh



dan daya berkecambah tinggi, sedangkan nilai PC1 positif menunjukkan viabilitas yang relatif lebih rendah atau variabilitas tinggi antar individu benih. Karakter Panjang Plumula (PP) dan Panjang Radikula (PR) memiliki *loading* positif tinggi pada PC2, masing-masing sebesar 0,858 dan 0,468, serta PR juga memiliki *loading* besar pada PC3 (0,829). Dengan demikian, PC2 dan PC3 merepresentasikan dimensi morfologis yang menggambarkan vigor kecambah melalui pertumbuhan panjang plumula dan radikula.

Hasil penelitian pada Tabel 4 menunjukkan bahwa terdapat lima varietas padi, yaitu IPB 9G, Tinggong, Sigupai, Yinzhan, dan Wang Zhan yang memiliki Potensi Tumbuh Maksimum (PTM) dan Daya Berkecambah (DB) mencapai 100%. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa kelima varietas tersebut memiliki viabilitas benih yang sangat tinggi, mencerminkan kondisi fisiologis benih yang optimal dan tingkat deteriorasi yang rendah. Hal ini menunjukkan bahwa benih dari varietas tersebut memiliki kemampuan berkecambah maksimum yang merupakan indikator penting dalam penilaian vigor awal benih padi. Mithraa *et al.* (2018) menyatakan bahwa daya berkecambah yang tinggi menunjukkan aktivitas metabolik dan fisiologis yang baik selama fase awal perkecambahan.

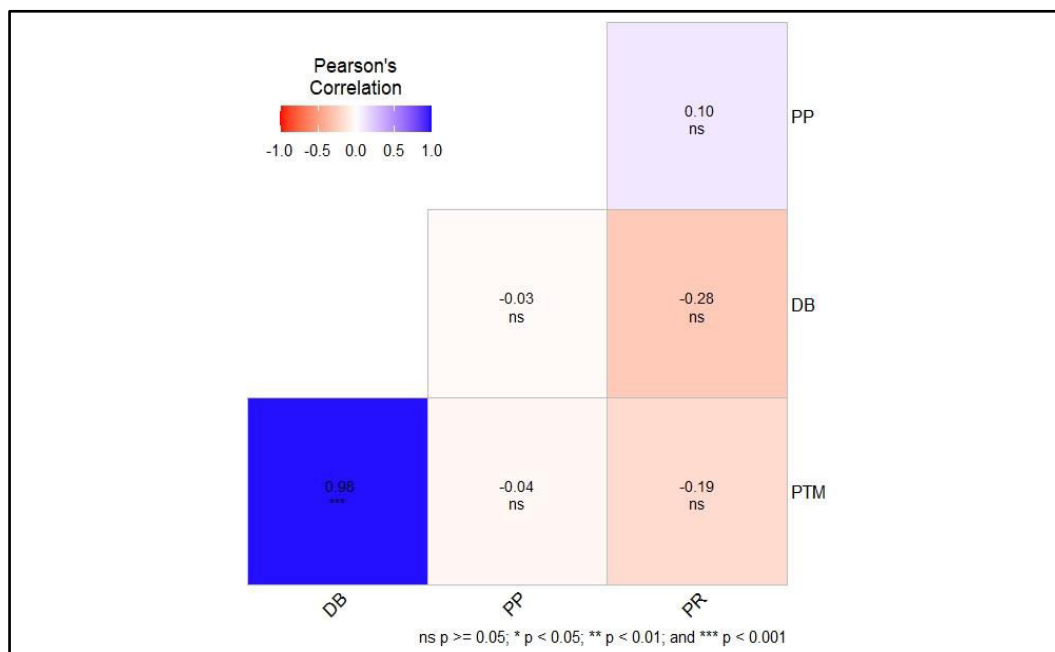
Sebaliknya, varietas Sikuneng menunjukkan nilai Daya Berkecambah (DB) dan Potensi Tumbuh Maksimum (PTM) yang lebih rendah dibanding varietas lainnya. Secara fisiologis, hal ini dapat disebabkan oleh cadangan makanan endosperma yang kurang optimal, ketidakseimbangan aktivitas enzim perkecambahan, atau adaptasi genetik terhadap lingkungan spesifik yang berbeda dari kondisi uji (Bewley & Nonogaki, 2016; Dornbos, 2020). Varietas dengan karakteristik seperti ini berperan penting sebagai pembanding biologis dalam analisis, karena menunjukkan kontras yang jelas terhadap varietas dengan performa tinggi. Dengan demikian, keberadaan varietas ekstrem seperti Sikuneng memperkuat hasil penelitian ini, bahwa perbedaan *vigor* benih antar varietas mencerminkan variasi genetik yang signifikan dan dapat digunakan untuk menyaring genotipe potensial dalam program pemuliaan padi toleran cekaman kekeringan.

Varietas Tinggong dan Sigupai juga menunjukkan panjang plumula tertinggi, masing-masing sebesar 7,73 cm yang menandakan vigor pertumbuhan awal kecambah yang kuat. Wang *et al.* (2021) menyatakan bahwa pertumbuhan plumula yang lebih panjang umumnya dipengaruhi oleh kandungan hormon giberelin (GA₃) yang tinggi, yang berperan dalam pemanjangan sel dan perkembangan daun. Varietas Situbagendit menunjukkan panjang radikula tertinggi (11,67 cm) yang menggambarkan sistem perakaran awal yang lebih berkembang. Andana *et al.* (2023) dan Priyanto *et al.* (2019) menyatakan bahwa akar yang lebih panjang memungkinkan penyerapan air dan unsur hara yang lebih efisien pada fase awal pertumbuhan, sehingga meningkatkan peluang hidup bibit pada kondisi lingkungan yang kurang optimal.

Hasil penelitian ini memiliki implikasi penting terhadap toleransi awal benih terhadap cekaman kekeringan. Viabilitas tinggi dan vigor awal benih mencerminkan kemampuan embrio untuk melakukan metabolisme awal dan pembentukan jaringan muda secara efisien meskipun dalam kondisi ketersediaan air yang terbatas. Benih dengan vigor kuat cenderung mampu mempertahankan

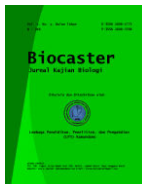
proses imbibisi dan mempercepat munculnya kecambah pada kondisi suboptimal. Panjang radikula (akar primer) merupakan indikator penting kemampuan tanaman muda untuk menjelajah lapisan tanah yang lebih dalam guna memperoleh air. Varietas yang menghasilkan radikula lebih panjang pada fase awal perkecambahan berpotensi memiliki daya adaptasi lebih baik pada lingkungan dengan cekaman kekeringan, karena sistem perakarannya lebih efisien dalam penyerapan air dari lapisan tanah yang kering. Dengan demikian, karakter fisiologis seperti viabilitas tinggi, vigor cepat, dan pertumbuhan radikula yang panjang dapat dijadikan kriteria seleksi awal dalam program pemuliaan padi toleran kekeringan.

Kombinasi antara uji viabilitas benih dan PCA dapat digunakan sebagai metode seleksi awal yang efisien dalam program pemuliaan padi toleran cekaman lingkungan. Uji viabilitas memberikan informasi langsung mengenai kemampuan benih untuk berkecambah dan bertahan pada kondisi cekaman tersebut, sedangkan PCA mampu mengidentifikasi karakter fisiologis kunci yang paling berkontribusi terhadap variasi antar varietas. Pendekatan multivariat ini memudahkan pemulia dalam menyaring varietas dengan performa fisiologis unggul secara cepat dan objektif, sehingga dapat mempercepat proses seleksi genotipe adaptif pada tahap awal sebelum uji lapang dilakukan.



Gambar 3. Korelasi Parameter Viabilitas Benih. PTM = Potensi Tumbuh Maksimum; DB = Daya Berkecambah; PP = Panjang Plumula; dan PR = Panjang Radikula.

Hasil analisis korelasi *Pearson* (Gambar 3) menunjukkan hubungan yang bervariasi antarparameter viabilitas benih padi. Nilai korelasi yang signifikan hanya ditemukan antara Potensi Tumbuh Maksimum (PTM) dan Daya Berkecambah (DB) dengan nilai $r = 0,98$ ($p < 0,001$). Korelasi yang sangat kuat dan positif ini menunjukkan bahwa kedua parameter tersebut memiliki hubungan yang searah dan saling mendukung. Artinya, peningkatan potensi tumbuh



maksimum diikuti oleh peningkatan daya berkecambah benih. Hubungan ini menegaskan bahwa kedua karakter tersebut sama-sama merefleksikan aspek fisiologis yang menggambarkan viabilitas benih, yaitu kemampuan benih untuk berkecambah secara optimal. Temuan ini sejalan dengan penelitian Rakshitha *et al.* (2024) yang melaporkan bahwa daya berkecambah memiliki kontribusi dominan terhadap indeks vigor dan menjadi indikator paling representatif untuk menilai kualitas benih padi.

Korelasi antara parameter panjang plumula dan panjang radikula dengan parameter potensi tumbuh dan daya berkecambah menunjukkan nilai hubungan yang rendah dan tidak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan morfologis kecambah (panjang plumula dan radikula) tidak selalu berkorelasi langsung dengan parameter viabilitas. Dengan kata lain, benih yang memiliki daya berkecambah tinggi belum tentu menghasilkan panjang kecambah yang maksimal. Fenomena ini dapat disebabkan oleh perbedaan genetik antarvarietas, tingkat vigor fisiologis internal, atau kondisi fisiologis embrio yang berbeda, seperti kandungan hormon pertumbuhan dan enzim hidrolitik pada awal perkecambahan.

Ketiadaan korelasi yang kuat antara parameter morfologis dan fisiologis juga menunjukkan bahwa kedua kelompok karakter ini menggambarkan aspek yang berbeda dari performa benih. PTM dan DB menggambarkan kemampuan benih untuk memulai pertumbuhan, sedangkan PP dan PR lebih merefleksikan kecepatan dan kekuatan pertumbuhan kecambah setelah perkecambahan dimulai. Hal ini sejalan dengan temuan Illahi *et al.* (2023) yang menyebutkan bahwa faktor genetik dan fisiologis seperti aktivitas metabolisme awal sangat memengaruhi daya tumbuh. Shi *et al.* (2020) menyatakan bahwa morfologi perkecambahan seperti panjang radikula dan panjang plumula sangat penting dalam kemampuan adaptasi benih terhadap kondisi lingkungan aktual.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat variasi fisiologis dan morfologis yang signifikan antar 21 varietas padi yang diuji. Analisis PCA mengungkapkan bahwa karakter potensi tumbuh maksimum dan daya berkecambah berperan dominan dalam menentukan viabilitas benih, sedangkan panjang plumula dan panjang radikula lebih merepresentasikan vigor pertumbuhan awal kecambah. Varietas Sigupai, Tinggong, dan Inpago 12 menempati posisi terbaik dengan kombinasi viabilitas tinggi dan pertumbuhan kecambah yang kuat, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai varietas unggul dengan vigor awal tinggi. Hasil analisis korelasi memperkuat temuan PCA, dimana hubungan positif yang sangat kuat antara potensi tumbuh maksimum dan daya berkecambah menunjukkan bahwa kedua parameter tersebut merupakan indikator utama penentu kualitas fisiologis benih padi.

Temuan ini berlaku pada fase perkecambahan yang merupakan tahap kritis dan dasar seleksi awal dalam program pemuliaan padi. Hasil penelitian ini memberikan implikasi praktis bahwa kombinasi uji viabilitas benih dan analisis PCA dapat digunakan sebagai metode seleksi cepat dan efisien untuk mengidentifikasi varietas dengan potensi toleransi terhadap cekaman lingkungan,



khususnya kekeringan. Penelitian lanjutan perlu dilakukan pada tahap pertumbuhan vegetatif dan generatif di lapangan untuk mengonfirmasi konsistensi vigor awal terhadap performa tanaman di bawah kondisi cekaman kekeringan.

SARAN

Varietas Sigupai, Tinggong, dan Inpago 12 direkomendasikan untuk digunakan dalam program pemuliaan padi karena memiliki kombinasi viabilitas tinggi dan vigor kecambah yang kuat. Penelitian lanjutan disarankan untuk menganalisis aktivitas enzim α -amilase dan peroksidase serta kandungan hormon giberelin (GA_3) dan sitokinin guna memahami mekanisme fisiologis yang mendukung vigor benih. Perlu juga dilakukan uji adaptasi lapangan pada berbagai agroekosistem seperti lahan irigasi, tadah hujan, dan lahan kering untuk memastikan kestabilan vigor dan performa varietas tersebut di lingkungan berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Andana, D. S., Jannah, H., & Safnowandi, S. (2023). Pemanfaatan Bintil Akar Kacang Tanah (*Arachis hypogaea*) sebagai Pupuk Biologi untuk Pertumbuhan Bibit Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) dalam Upaya Penyusunan Petunjuk Praktikum Fisiologi Tumbuhan II. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 3(1), 1-10. <https://doi.org/10.36312/bjkb.v3i1.145>
- Bewley, J. D., & Nonogaki, H. (2016). *Seed Maturation and Germination*. Amsterdam: Reference Module in Life Sciences, Elsevier.
- Chaniago, N. (2019). Potensi Gen-gen Ketahanan Cekaman Biotik dan Abiotik pada Padi Lokal Indonesia: A Review. *Agriland : Jurnal Ilmu Pertanian*, 7(2), 86-93. <https://doi.org/10.30743/AGR.V7I2.2010>
- Dornbos, D. L. (2020). *Your 'Steak' in the World: A Secure and Sustainable Food System to Improve Human and Environmental Health*. Michigan: Calvin College, Grand Rapids.
- Goyal, G., Shukla, S., Srivastava, S. K., Diwakar, A. K., Tripathi, S. K., Bhati, J., & Saini, P. K. (2024). The Study Evaluated the Potential Viability of Seeds from Various Types of Rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Experimental Agriculture Internasional*, 46(6), 693-698. <https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i62525>
- Herliana, S., Salimi, Q., & Khoerani, F. (2025). Analysis of Production Factors on National Rice Availability: Quantitative and Swot Approach. In *The International Conference on Sustainable Economics Management and Accounting Proceeding* (pp. 3891-3903.). Kupang, Indonesia: Universitas Nusa Cendana.
- Illahi, A. K., Kurniasih, D., Sari, D. A., & Karmaita, Y. (2023). Uji Perkecambahan Benih Kultivar Padi Lokal Asal Sumatera Barat. *SINTA*



- Journal (Science, Technology and Agricultural)*, 4(2), 193-198.
<https://doi.org/10.37638/sinta.4.2.193-198>
- ISTA. (2023). *International Rules for Seed Testing: 2023 Edition*. Bassersdorf: International Seed Testing Association.
- Kumari, S., Chakrabarty, S. K., & Paul, D. (2023). Assessment of Genetic Diversity for Seed Vigor Traits in Rice (*Oryza sativa* L.) through Principal Component and Cluster Analysis. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 83(3), 343-354. <https://doi.org/10.31742/isgpb.83.3.6>
- Mithraa, T., Ragini, S., Thiruvengadam, V., Ramalingam, J., & Ram, S. G. (2018). Characterization of Rice (*Oryza sativa*) Germplasm Accessions for Seedling Vigor and its Related Traits. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 9(3), 1-20. <https://doi.org/10.5958/0975-928X.2018.00127.8>
- Nurrachmamila, P. L., & Saputro, T. B. (2017). Analisis Daya Perkecambahan Padi (*Oryza sativa* L.) Varietas Bahbutong Hasil Iradiasi. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(2), 17-21. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v6i2.23952>
- Nuswardhani, S. K., & Arief, B. (2019). Kajian Serapan Benih Padi Bersertifikat di Indonesia Periode 2012-2017. *Agrika : Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 13(2), 162-176. <https://doi.org/10.31328/JA.V13I2.1207>
- Priyanto, J., Aziez, A. F., & Harieni, S. (2019). Karakter Perakaran dan Hasil Berbagai Varietas Padi Sawah (*Oryza sativa* L.) dengan Aplikasi Mikoriza pada Lahan Sawah Tadah Hujan. *Jurnal Ilmiah Agrineca*, 19(2), 66-72. <https://doi.org/10.36728/afp.v19i2.902>
- Rakshitha, V., Suresh, J., Reddy, C. N., & Gireesh, C. (2024). Character Association and Path Coefficient Analysis for Early Seedling Vigour Traits in Rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 25(9), 57-64. <https://doi.org/10.56557/pcbmb/2024/v25i9-108810>
- Saharia, D., Khoyumthem, P., Baruah, A., Sarma, M. K., Kalita, M. C., Singh, T. N., & Biswas, D. (2024). Identification and Characterization of Drought-Tolerant Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes Using Morpho-Physiological and Biochemical Traits. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 84(2), 174-185. <https://doi.org/10.31742/isgpb.84.2.4>
- Sari, H. P., Suliansyah, I., Hervani, D., & Dwipa, I. (2023). Eksplorasi dan Karakterisasi Morfologi Keragaman Genetik Plasma Nutfah Padi (*Oryza sativa* L.) Lokal Kabupaten Padang Pariaman. *Jurnal Pertanian Agros*, 25(3), 2760-2771. <http://dx.doi.org/10.37159/jpa.v25i3.3294>
- Shi, Z., Chang, T., Chen, F., Zhao, H., Song, Q., Wang, M., Wang, Y., Zhou, Z., Wang, C., Shaochuan, Z., Wang, B., Chen, G., & Zhu, X.-G. (2020). Morphological and Physiological Factors Contributing to Early Vigor in the Elite Rice Cultivar 9,311. *Scientific Reports*, 10(1), 1-15. <https://doi.org/10.1038/S41598-020-71913-Y>
- Sitairesmi, T., Wening, R. H., Rakhmi, A. T., Yunani, N., & Susanto, U. (2015). Pemanfaatan Plasma Nutfah Padi Varietas Lokal dalam Perakitan Varietas Unggul. *Iptek Tanaman Pangan*, 8(1), 22-30.
- Sudeepthi, K., Srinivas, T., Kumar, B. R., DPB, J., & Umar, S. N. (2020). Principal Component Analysis for Anaerobic Germination Traits in Rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Chemical Studies*, 8(1), 1977-



1982. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i1ac.8555>

- Vakeswaran, V. (2023). Assessing the Potential Seed Vigor of Rice Varieties. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(11), 1765-1769. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i113332>
- Wang, Y., Wang, Y., Yang, R., Wang, F., Fu, J., Yang, W., Bai, T., Wang, S., & Yin, H. (2021). Effects of Gibberellin Priming on Seedling Emergence and Transcripts Involved in Mesocotyl Elongation in Rice under Deep Direct-Seeding Conditions. *Journal of Zhejiang University-Science B*, 22(1), 1002-1021. <https://doi.org/10.1631/jzus.b2100174>