Jurnal Agrotek Lestari Vol. 12 No. 2, Oktober 2026 P-ISSN: 2477-4790
PP. 86 – 94 E-ISSN: 2721-8945

Efektifitas Biopriming Pada Benih Cabai (*Capsicum annuum* L.) Kedaluwarsa Menggunakan Rizobakteri

The Effectiveness of Biopriming on Expired Chili Seed (*Capsicum annuum* L.) Using Rhizobacteria

Halimursyadah [1*], Magfirah[1], dan Nasrullah[1]
[1]Departemen Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala Banda Aceh 23111, Indonesia.

Email korespondensi: halimursyadah@usk.ac.id

ABSTRACT

Expired seeds generally experience a decline in viability and vigor due to deterioration, which leads to poor growth and yield when used in cultivation. One effort to restore the quality of expired seeds is through biopriming using rhizobacteria. This study aimed to determine the effectiveness of biopriming on expired chili (Capsicum annuum L.*) seeds. The research was conducted at the Seed Science Laboratory, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Darussalam Banda Aceh, from November 2024 to January 2025. A Completely Randomized Design with a non-factorial pattern was used, consisting of five rhizobacterial treatments: control (without rhizobacteria), AT 7/1 T, KI 8/4, PS 4/2, and PS 5/6 isolates, each replicated three times. Observed parameters included maximum germination potential, germination rate, vigor index, germination uniformity, germination speed, time to reach 50% total germination, plant height (at 15, and 30 DAS), number of leaves, fresh weight, and dry weight. The results showed that biopriming with rhizobacteria had a highly significant effect on maximum germination potential, germination rate, germination speed, time to reach 50% total germination, and dry weight; a significant effect on vigor index, germination uniformity, fresh weight, and seedling height at 15 and 30 DAS; but no significant effect on the number of leaves at all observation ages. The best treatment was obtained with PS 4/2 rhizobacteria, which optimally improved the viability and vigor of expired chili seeds.*

Keywords*: Biopriming, Rhizobacteria, Expired seeds, Chili, Seed vigor*

ABSTRAK

Benih kedaluwarsa umumnya mengalami penurunan daya kecambah dan kekuatan tumbuh yang menyebabkan pertumbuhan dan hasil panen yang buruk. Salah satu upaya untuk mengembalikan kualitas benih kedaluwarsa melalui biopriming menggunakan rizobakteri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas biopriming pada benih cabai (*Capsicum annuum* L.) kedaluwarsa. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Ilmu Benih, Departemen Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Darussalam Banda Aceh, mulai November 2024 hingga Januari 2025. Rancangan Acak Lengkap dengan pola non-faktorial digunakan, terdiri dari lima taraf rizobakteri: kontrol (tanpa rizobakteri), isolat AT 7/1 T, KI 8/4, PS 4/2, dan PS 5/6, masing-masing diulang tiga kali. Parameter yang diamati meliputi potensi tumbuh maksimum, daya berkecambah, indeks vigor, keserempakan tumbuh, kecepatan tumbuh, waktu mencapai 50% total perkecambahan, tinggi tanaman 15 dan 30 hari setelah tanam, jumlah daun, berat segar, dan berat kering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biopriming dengan rizobakteri berpengaruh sangat nyata terhadap potensi tumbuh maksimum, daya berkecambah, kecepatan tumbuh, waktu mencapai 50% total perkecambahan, dan berat kering, berpengaruh nyata

terhadap indeks vigor, keserempakan tumbuh, berat segar, dan tinggi bibit 15 dan 30 hari setelah tanam, namun tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun. Perlakuan terbaik diperoleh pada rizobakteri PS 4/2, yang secara optimal mampu meningkatkan viabilitas dan vigor benih cabai kedaluwarsa.

Kata kunci: Biopriming, Rizobakteri, Benih kadaluarsa, Cabai, Vigor benih

PENDAHULUAN

Salah satu komoditi hortikultura yang banyak dibudidayakan oleh petani di Indonesia adalah tanaman cabai (*Capsicum qnnum* L.). Komoditi cabai memiliki peranan yang sangat penting bagi Indonesia, baik dari segi ekonomi, sosial, maupun ketahanan pangan. Sebagai salah satu bumbu utama dalam masakan nusantara, cabai menjadi kebutuhan pokok sehari-hari bagi masyarakat. Tingginya konsumsi cabai menjadikannya sebagai salah satu komoditas hortikultura strategis yang sangat sensitif terhadap fluktuasi harga dan ketersediaan di pasar (Juanda, 2020).

Salah satu penyebab menurunnya produktivitas cabai dikarenakan budidaya yang dilakukan petani Indonesia masih menggunakan benih berkulitas rendah (Lombu *et al*., 2024). Penggunaan benih cabai berkulitas rendah seperti benih kedaluwarsa menyebabkan penurunan angka produktivitas pada hasil tanaman cabai karena berpengaruh terhadap vibilitas dan vigor benih saat dilapangan. (Sakinah *et al*., 2023). Namun, benih kedaluwarsa masih dapat digunakan dengan menggunakan perlakuan benih sebelum penanaman (*seed enhancement*) melalui invigorasi seperti *osmoconditioning*, *matriconditioning*, *organic priming, biopriming* dengan periode inkubasi agar mendapatkan tanaman yang vigor di kondisi lapangan (Halimursyadah *et al*., 2015).

Biopriming adalah teknik perendaman benih menggunakan suspensi mikroorganisme hayati yang bertujuan untuk meningkatkan vigor benih, mempercepat perkecambahan, dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen maupun stres lingkungan. Salah satu mikroorganisme yang dapat meningkatkan perkecambahan dan pertumbuhan tanaman adalah rizobakteri (Zakia *et al*, 2017). Rizobakteri pemacu pertumbuhan adalah suatu golongan bakteri yang hidup secara saprofit yang terdapat pada daerah perakaran tanaman, biasanya terdapat sebagian golongan diantaranya dapat bekerja sebagai dorongan pertumbuhan tanaman ataupun sebagai penyalur biokontrol terhadap penyakit sehingga dapat memaksimalkan hasil tanaman pertanian.

Rizobakteri telah banyak digunakan pada tanaman karena dapat memaksimalkan pertumbuhan, daya tumbuh benih, dan peningkatan produksi tanaman. Kesanggupan rizobakteri untuk memacu pertumbuhan tanaman melalui kapasitasnya melarutkan fosfat dan nitrogen atau menghasilkan berbagai hormon tumbuh seperti Indole Acetic Acid (IAA), giberelin dan sitokinin yang dapat memperbaiki kualitas benih seperti yang diharapkan (Elango *et al*., 2016).

METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Ilmu dan Benih, Departemen Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Darussalam Banda Aceh, dari November 2024 hingga Januari 2025. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) nonfaktorial dengan lima taraf perlakuan biopriming menggunakan rizobakteri: R0 = Kontrol (tanpa rizobakteri), R1 = isolat AT 7/1 T, R2 = KI 8/4, R3 = PS 4/2, R4 = PS 5/6. Setiap perlakuan diulang tiga kali, sehingga terdapat 15 satuan percobaan dengan masing-masing 25 benih (total 375

benih). Isolat rizobakteri diperoleh dari beberapa rizosfir nilam melalui pengenceran berseri (*serial dilution*) yaitu Air Tenang (AT), Aceh Tamiang, Krueng Itam (KI), Nagan Raya, dan Purwosari (PS), Nagan Raya.

Benih cabai kedaluwarsa varietas Taro F1 direndam dalam suspensi rizobakteri (50 ml, 10^9 cfu/ml) selama 24 jam pada suhu kamar (26°C), kemudian dikeringanginkan. Benih ditanam dengan metode Uji di Atas Kertas (UDK) dan dipindah ke media tanam (campuran tanah dan sekam) setelah berkecambah. Pemeliharaan dilakukan melalui penyiraman rutin dua kali sehari.

Parameter pengamatan meliputi viabilitas benih (potensi tumbuh maksimum dan daya berkecambah), vigor benih (indeks vigor, keserempakan tumbuh, kecepatan tumbuh, dan waktu mencapai 50% kecambah total/T_{50}), pertumbuhan bibit (tinggi tanaman dan jumlah daun umur 15 Dan 30 HSS), serta biomassa (bobot basah dan bobot kering). Data dianalisis menggunakan ANOVA, dan jika berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Biopriming Rizobakteri terhadap Viabilitas dan Vigor Benih Cabai Kedaluwarsa

Tabel 1. Viabilitas dan vigor benih cabai kadaluarsa kaibat pengaruh biopriming rizobakteri

Perlakuan	PTM (%)	DB (%)	IV (%)	Kst (%)	Kct (%/hari)
Kontrol (R_0)	68,00 a	64,00 a	16,00 a	52,00 a	7,95 a
AT 7/1 T (R_1)	88,00 b	88,00 b	20,00 b	62,67 b	8,47 b
KI 8/4 (R_2)	88,00 b	88,00 b	21,33 b	52,00 a	8,40 b
PS 4/2 (R_3)	89,33 b	89,33 b	25,33 c	68,00 b	8,71 bc
PS 5/6 (R_4)	89,33 b	89,33 b	21,33 b	60,00 ab	8,87 c
BNJ $_{0,05}$	5,31	4,53	3,92	9,33	0,38

Keterangan: PTM = potensi tumbuh maksimum; DB = daya berkecambah; IV = indeks vigor; Kst = keserempakkan tumbuh; Kct = kecepatan tumbuh

Potensi tumbuh maksimum benih cabai kedaluwarsa tertinggi didapatkan pada perlakuan rizobakteri PS 4/2 dan PS 5/6 yaitu 89,33% yang berbeda nyata dengan kontrol, namun berbeda tidak nyata dengan rizobakteri AT 7/1 T dan Kl 8/4. Amartani *et al*. (2023) menyatakan bahwa potensi tumbuh maksimum merupakan indikator dasar dari viabilitas benih menunjukkan persentase maksimum benih yang mampu menunjukkan gejala tumbuh.

Daya berkecambah benih cabai kedaluwarsa tertinggi didapatkan perlakuan rizobakteri PS 4/2 dan PS 5/6 yaitu 89,33% yang berbeda nyata dengan kontrol, namun berbeda tidak nyata dengan rizobakteri AT 7/1 T dan Kl 8/4. Syamsuddin *et al*. (2022) menyatakan bahwa daya berkecambah merupakan indikator utama untuk mengetahui kemampuan benih dalam memulai proses pertumbuhan di bawah kondisi lingkungan yang sesuai. Parameter ini menunjukkan persentase benih yang dapat berkecambah menjadi kecambah normal, yaitu kecambah yang berkembang secara utuh dan berpotensi menjadi tanaman sehat.

Indeks vigor pada benih cabai kedaluwarsa tertinggi didapatkan pada perlakuan rizobakteri PS 4/2 yaitu 25,33% yang berbeda nyata dengan kontrol dan isolat rizobakteri lainnya. Isolat PS 4/2 memiliki kemampuan menghasilkan fitohormon yang sangat berperan dalam memperbaiki kondisi benih yang mengalami kemunduran. Sari *et al*. (2024) menyatakan bahwa indeks vigor merupakan parameter penting dalam penilaian kualitas

fisiologis benih, karena menggambarkan kemampuan benih untuk tumbuh cepat dan seragam dalam kondisi lingkungan yang kurang ideal. Oleh karena itu, indeks vigor banyak digunakan untuk memprediksi keberhasilan benih dalam kondisi lapang. Perlakuan PGPR dapat meningkatkan indeks vigor secara signifikan dibandingkan kontrol, termasuk pada benih cabai yang sudah kedaluwarsa.

Keserempakan tumbuh pada benih cabai kedaluwarsa tertinggi didapatkan pada perlakuan rizobakteri PS 4/2 yaitu 68,00% yang berbeda nyata dengan kontrol dan rizobakteri KI 8/4, namun berbeda tidak nyata dengan rizobakteri AT 7/1 T dan PS 5/6. Kemampuan isolat rizobakteri PS 4/2 menghasilkan hormon IAA telah memperbaiki kualitas benih cabai merah kedaluwarsa selama proses biopriming. Rozier *et al*. (2019) menyatakan bahwa keserempakan tumbuh menggambarkan tingkat keseragaman benih dalam memulai dan menyelesaikan proses perkecambahan dalam periode waktu tertentu. Parameter ini sangat penting karena menentukan homogenitas pertumbuhan tanaman pada fase awal, yang berpengaruh besar terhadap manajemen budidaya dan hasil akhir. Benih yang tumbuh secara serempak lebih mudah dipelihara, dipupuk, dan dipanen. Pada benih yang telah kedaluwarsa, keserempakan tumbuh sering menurun akibat kerusakan fisiologis, sehingga diperlukan perlakuan khusus untuk memperbaikinya. Perlakuan dengan mikroba, khususnya PGPR, mampu memperbaiki keserempakan tumbuh melalui stimulasi proses metabolik awal benih.

Kecepatan tumbuh pada benih cabai kedaluwarsa tercepat didapatkan pada perlakuan rizobakteri PS 5/6 yaitu 8,87%/etmal yang berbeda nyata dengan kontrol, rizobakteri AT 7/1 T, dan Kl 8/4, namun berbeda tidak nyata dengan rizobakteri PS 4/2. Skoufogianni *et al*. (2018) menyatakan bahwa kecepatan tumbuh benih mengacu pada laju kemunculan radikula per satuan waktu, biasanya dihitung per hari atau per etmal. Parameter ini mencerminkan kecepatan benih dalam memulai aktivitas metabolik dan fisiologis setelah proses imbibisi. Kecepatan ini sangat dipengaruhi oleh faktor internal benih dan kondisi lingkungan eksternal seperti suhu dan kelembaban, maupun tambahan perlakuan yang diberikan.

Waktu untuk mencapai 50% kecambah total pada benih cabai kedaluwarsa tercepat didapatkan pada perlakuan isolat rizobakteri PS 4/2 yaitu 6,56 hari yang berbeda dengan kontrol, isolat bakteri Kl 8/4, dan PS 5/6, namun berbeda tidak nyata dengan isolat AT 7/1 T. Soltani *et al*. (2015) menyatakan bahwa T_{50} atau waktu untuk mencapai 50% kecambah normal adalah parameter penting dalam fisiologi benih yang mengukur kecepatan dan keserempakan perkecambahan. Nilai T_{50} dihitung dari waktu saat setengah jumlah total benih yang diuji telah menunjukkan pertumbuhan radikula dan plumula.

Rizobakteri membantu benih kedaluwarsa dengan memproduksi hormon auksin, sitokinin, dan giberelin yang merangsang perkecambahan. Selain itu juga menurunkan stres oksidatif dengan meningkatkan aktivitas enzim antioksidan di dalam benih. Rizobakteri dapat meningkatkan aktivitas metabolisme dan memperbaiki struktur fenolik dalam benih cabai, yang membantu dalam reaktivasi fisiologis benih lama. Mekanisme ini memungkinkan benih tua memulai kembali proses imbibisi, respirasi, dan pembelahan sel (Ureche *et al*., 2021). Benih kedaluwarsa mengalami akumulasi radikal bebas yang menyebabkan kerusakan sel dan menurunkan kemampuan berkecambah. Rizobakteri membantu menurunkan cekaman oksidatif dengan cara merangsang produksi enzim antioksidan seperti peroksidase dan superoksida dismutase. PGPR mengubah komposisi fenolik benih cabai dan meningkatkan aktivitas

antioksidan yang berperan dalam memperpanjang umur fisiologis benih. Hal ini juga memungkinkan daya kecambah tinggi walaupun benih telah memasuki masa kedaluwarsa (Ureche *et al*., 2021).

Isolat rizobakteri yang dapat meningkatkan vigor benih umumnya memproduksi hormon pertumbuhan seperti IAA (*indole-3-acetic acid*) yang berperan dalam merangsang pembelahan dan pemanjangan sel pada kecambah. Selain itu, rizobakteri juga dapat memfasilitasi pelarutan fosfat, sehingga meningkatkan ketersediaan nutrisi esensial pada tahap awal pertumbuhan. Kombinasi kedua mekanisme ini memperkuat pertumbuhan awal kecambah dan meningkatkan nilai indeks vigor. Selain itu, produksi siderofor oleh PGPR membantu penyerapan zat besi, yang krusial dalam respirasi dan metabolisme awal tanaman (Hyder *et al*., 2021).

Isolat rizobakteri memiliki keunggulan dalam memproduksi senyawa bioaktif seperti IAA (*indole-3-acetic acid*), siderofor, dan pelarut fosfat. IAA membantu mempercepat pemanjangan radikula, sementara siderofor meningkatkan ketersediaan zat besi yang penting dalam metabolisme benih. Fosfat yang terlarut juga mempercepat mobilisasi energi yang diperlukan selama germinasi. Isolat *Bacillus* dan *Pseudomonas* yang kaya aktivitas fisiologis dapat mempercepat dan menyeragamkan kemunculan kecambah pada cabai (Hyder *et al*., 2021). Proses biokimiawi seperti sintesis hormon giberelin dan penurunan *abscisic acid* (ABA) memainkan peran penting dalam inisiasi perkecambahan. Laju respirasi ditemukan sebanding dengan kecepatan tumbuh, menunjukkan bahwa aktivitas metabolik mendukung pemecahan cadangan makanan dan pertumbuhan embrio *ethylene* juga dilaporkan dapat memodulasi kecepatan tumbuh dengan mengurangi efek penghambat *abscisic acid* (Gallardo *et al*., 1994).

Isolat rizobakteri yang bersifat promotor terhadap pertumbuhan, dapat memodulasi proses fisiologis dan biokimiawi benih dan mempercepat perkecambahan. Rizobakteri ini mampu menghasilkan senyawa IAA, ACC deaminase, dan siderofor yang membantu merangsang pertumbuhan akar awal dan mengurangi stres abiotik. Selain itu, bakteri ini juga meningkatkan aktivitas enzim di dalam benih serta memperbaiki struktur sel benih yang rusak akibat penyimpanan jangka panjang. Hasilnya adalah benih yang lebih cepat beradaptasi dan berkecambah, meskipun telah melewati masa kedaluwarsa (Ma *et al*., 2024).

Pengaruh Biopriming Rizobakteri terhadap Pertumbuhan Bibit Cabai Kedaluwarsa

Pertumbuhan bibit cabai merah kedaluwarsa setelah diberikan perlakuan biopriming menggunakan rizobakteri dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pertumbuhan bibit cabai kedaluwarsa akibat pengaruh biopriming rizobakteri

Perlakuan	TB 15 HST (cm)	TB 30 HST (cm)	JD 15 HST (helai)	JD 30 HST (helai)	BB (g)	BK (g)
Kontrol (R_0)	4,80 a	6,80 a	2,27	3,84	3,70 a	2,57 a
AT 7/1 T (R_1)	4,90 ab	6,89 b	2,18	3,84	4,20 b	3,07 b
KI 8/4 (R_2)	5,07 bc	7,05 b	2,23	3,97	4,20 b	3,27 bc
PS 4/2 (R_3)	5,23 c	7,23 b	2,29	4,07	4,70 c	3,70 c
PS 5/6 (R_4)	5,17 c	7,15 b	2,27	4,03	4,57 bc	3,67 c
BNJ $_{0,05}$	0,25	0,34	-	-	0,44	0,48

Keterangan: TB = Tinggi bibit; JD = jumlah daun; BB = bobot basah; BK= bobot kering

Tinggi bibit cabai kedaluwarsa umur 15 dan 30 HST akibat perlakuan biopriming rizobakteri tertinggi didapatkan pada perlakuan isolat bakteri

PS 4/2 yaitu 5,23 cm dan 7,23 cm. Jumlah daun bibit cabai kedaluwarsa 15 dan 30 HST cenderung terbanyak terdapat pada perlakuan isolat PS 4/2 yaitu 2,29 helai dan 4,07 helai, meskipun secara statistik tidak berbeda dengan perlakuan isolat PS 5/6.

Salah satu mekanisme utama PGPR dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman adalah melalui produksi fitohormon seperti *indole-3-acetic acid* (IAA), giberelin, dan sitokinin. Hormon-hormon ini menstimulasi elongasi sel dan pembelahan jaringan, sehingga mempercepat pertumbuhan batang dan daun. Selain fitohormon, PGPR juga menghasilkan siderofor, senyawa pengikat besi yang meningkatkan ketersediaan unsur hara mikro seperti Fe dan Zn yang penting untuk pertumbuhan. Besi sangat esensial dalam sintesis klorofil dan enzim respirasi, yang secara tidak langsung meningkatkan produktivitas jaringan dan tinggi tanaman (Verma and Pal, 2020).

PGPR juga dapat melarutkan fosfat tak larut dalam tanah menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman. Fosfor sangat penting dalam pembentukan ATP, sintesis asam nukleat, dan pemanjangan akar, semua berperan penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman ke atas. Beberapa PGPR seperti *Pseudomonas fluorescens* menunjukkan kemampuan ganda dalam memproduksi IAA dan melarutkan fosfat secara simultan, meningkatkan pertumbuhan tanaman (Dey *et al*., 2004).

Bobot basah tertinggi pada benih cabai kedaluwarsa didapatkan pada perlakuan isolat rizobakteri PS 4/2 yaitu 4,70 g yang berbeda nyata dengan kontrol, isolat AT 7/1 T, dan Kl 8/4, namun berbeda tidak nyata dengan isolat PS 5/6. Ferreira *et al*. (2023) menyatakan bahwa bobot basah adalah parameter yang mengukur massa total kecambah hidup dan sehat setelah proses perkecambahan. Peubah ini mencakup akumulasi air dan biomassa dalam jaringan kecambah yang tumbuh, biasanya terdiri atas akar dan tunas. Bobot basah mencerminkan aktivitas fisiologis awal benih dan efisiensi konversi cadangan makanan menjadi jaringan baru. Ukuran ini sering digunakan sebagai indikator awal pertumbuhan yang sehat dan keberhasilan perkecambahan. Nilai bobot basah yang tinggi menunjukkan tanaman memiliki sistem metabolisme aktif dan turgiditas yang optimal.

Bobot kering tertinggi pada benih cabai kedaluwarsa didapatkan pada perlakuan isolat rizobakteri PS 4/2 yaitu 3,70 g yang berbeda nyata dengan kontrol, dan isolat AT 7/1 T, namun berbeda tidak nyata dengan isolat dan Kl 8/4 dan PS 5/6. Kemampuan beberapa isolat dalam memperbaiki kondisi benih kedaluwarsa cenderung sama. Bobot kering adalah ukuran massa kecambah setelah seluruh kandungan airnya dihilangkan, yang mencerminkan hasil bersih dari pertumbuhan jaringan tanaman. Pengukuran ini dilakukan dengan cara mengeringkan kecambah dalam oven pada suhu konstan hingga berat stabil tercapai. Bobot kering mencerminkan akumulasi biomassa aktual dari metabolisme benih selama fase perkecambahan. Dibandingkan bobot basah, bobot kering memberikan estimasi yang lebih stabil dan konsisten terhadap hasil pertumbuhan nyata. Oleh karena itu, bobot kering menjadi indikator penting dalam evaluasi vigor dan potensi pertumbuhan awal tanaman (Ferreira *et al*., 2023).

Pengukuran bobot basah penting untuk mengevaluasi efektivitas perlakuan awal benih, seperti perlakuan mikroba atau priming. Parameter ini berhubungan langsung dengan kapasitas benih dalam menyerap air, mengaktifkan metabolisme, dan membentuk jaringan baru. Dalam konteks agronomi, bobot basah yang tinggi berkorelasi dengan vigor bibit yang lebih kuat dan potensi pertumbuhan tanaman yang lebih baik di lapangan. Bobot basah juga dapat digunakan untuk membedakan efektivitas perlakuan

mikroba terhadap benih yang memiliki mutu rendah, seperti benih kedaluwarsa. Oleh karena itu, parameter ini menjadi acuan penting dalam pengembangan teknologi bioinokulan (Boiu *et al*., 2020).

Peningkatan bobot basah berkaitan erat dengan proses metabolisme aktif, seperti pembelahan sel, elongasi jaringan, dan sintesis protein baru. Selama perkecambahan, benih mengaktivasi enzim seperti amilase dan protease yang memecah cadangan makanan menjadi substrat energi dan bahan pembangun sel. Proses ini menghasilkan peningkatan respirasi dan pertumbuhan embrio yang mendorong pembentukan jaringan baru dan akumulasi massa basah. Efisiensi fisiologis ini sangat penting terutama pada benih kedaluwarsa yang telah mengalami degradasi cadangan makanan. Oleh karena itu, peningkatan bobot basah mengindikasikan keberhasilan dalam aktivasi ulang potensi metabolisme benih (Zhu *et al*., 2017).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan semua isolat rizobakteri menunjukkan pengaruh terhadap bobot kering bibit cabai kedaluwarsa. Forouzandeh *et al*. (2014) menyatakan bahwa bobot kering kecambah merupakan indikator vital dalam menentukan akumulasi zat kering hasil metabolisme aktif benih selama perkecambahan. Parameter ini sering digunakan dalam evaluasi efektivitas perlakuan seperti inokulasi mikroba atau priming terhadap benih bermutu rendah. Dalam kondisi mutu rendah seperti benih kedaluwarsa , nilai bobot kering yang tinggi menunjukkan keberhasilan benih dalam memobilisasi cadangan makanan dan membentuk jaringan baru. Perlakuan dengan rizobakteri dapat secara signifikan meningkatkan bobot kering bibit dibandingkan kontrol. Oleh karena itu, parameter ini sangat relevan dalam evaluasi peningkatan kualitas benih oleh agen hayati.

Selama proses perkecambahan, benih mengalami aktivasi metabolisme yang melibatkan pemecahan cadangan makanan menjadi energi dan substrat pembentuk jaringan. Proses ini termasuk peningkatan aktivitas enzim seperti *amilase* dan *protease* yang mengubah pati dan protein menjadi gula dan asam amino yang dibutuhkan untuk pembentukan jaringan baru. Semakin efisien proses ini berlangsung, semakin tinggi bobot kering yang dihasilkan. Aktivitas metabolik ini mencerminkan efektivitas respirasi dan biosintesis yang optimal dalam benih sehat maupun benih yang direvitalisasi oleh perlakuan eksternal. Oleh karena itu, peningkatan bobot kering menunjukkan keberhasilan reaktivasi fisiologi benih oleh intervensi mikro (Zhu *et al*., 2017).

KESIMPULAN

Simpulan dari penelitian ini yaitu perlakuan biopriming menggunakan rizobakteri pada benih cabai kedaluwarsa berpengaruh sangat nyata terhadap peubah potensi tumbuh maksimum, daya berkecambah, kecepatan tumbuh, waktu mencapai 50% kecambah normal, dan bobot kering, berpengaruh nyata terhadap peubah indeks vigor, keserempakan tumbuh, bobot basah, dan tinggi bibit umur 15 dan 30 HSS, namun berpengaruh tidak nyata terhadap jumlah daun umur 15 dan 30 HSS. Perlakuan biopriming akibat rizobakeri pada benih cabai kedaluwarsa adalah isolat PS 4/2

DAFTAR PUSTAKA

Amartani K, Sutariati GAK, Muhidin, Bahrun A. 2023. The Effectiveness of Saline Soil Rhizobacteria from the Coast of North Konawe Regency in Increasing Seed Viability and Vigor of Tomato (*Lycopersicum esculentum* L.). *WSEAS Transactions on Environment and Development*. 19(1): 327–337.

Boiu-Sicuia O, Dinu S, Barbu L. 2020. Bacterial Inoculants for Tomato Seed Treatment. *Current Trends*

in Natural Sciences. 9(17): 284–288.

Dey R, Pal KK, Bhatt D, Chauhan S,. 2004. Growth Promotion and Yield Enhancement of Peanut (*Arachis hypogaea* L.) by Application of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *Microbiological Research*. 159(4): 371–394.

Elango R, Parthasarathi R, Megala S. 2016. Field Level Studies on the Association of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) in *Gloriosa Superba* L. Rhizosphere. *Indian Streams Research Journal*. 6(6): 1-5.

Ferreira MJ, Sierra-Garcia IN, Cremades J, António C, Rodrigues A, Pinto D, Cunha Â. 2023. Biostimulation of *Salicornia europaea* L. Crops with Plant-Growth-Promoting Bacteria in Laboratory and Field Conditions. *Journal of Applied Microbiology*. 134(6): 4474–4488.

Forouzandeh M, Mirshekari SM, Shiri, Y. 2014. Effect of Seeds Inoculation by Plant Growth Promoting Bacteria on Seedling Growth of Five Wheat Cultivars Under Greenhouse Experiment. *Indian Journal of Foundamental and Apllied Life Sciences*. 4(4): 2929-2935.

Gallardo M, Muñoz de Rueda P, Matilla A, Sanchez-Calle IM. 1994. The Relationships Between Ethylene Production and Germination of Cicer Arietinum Seed. *Biologia Plantarum*. 36(2): 201–207.

Halimursyadah, Jumini, Muthiah. 2015. Penggunaan Organic Priming dan Periode Inkubasi untuk Invigorasi Benih Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) Kadaluarsa pada Stadia Perkecambahan. *Journal Floratek*. 10(2): 78-86.

Hyder S, Gondal A, Rizvi ZF, Atiq R, Haider MS, Fatima N, Inam-ul-Haq M. 2021. Biological Control of Chili Damping-off Disease, Caused by Pythium Myriotylum. *Frontiers in Microbiology*. 12(1): pp.1-21.

Juanda H, Syamsuddin, Hasanuddin, 2020. Pengaruh Invigorasi Benih Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) Kedaluwarsa pada stadia perkecambahan. *Jurnal Floratek.* 10(2): 78-86.

Lombu S O, Waruwu W S M, Waruwu T, Farasi W A R, Gulo V, Mendrofa Y A. 2024. Teknik Pemilihan bibit unggul pada tanaman cabe merah (*Capsicum annuum* L.) yang baik untuk dijadikan tanaman bibit baru. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*. 01(2): 206-211.

Ma L, Wei J, Han G, Sun X, Yang X. 2024. Seed osmopriming with polyethylene glycol (PEG) enhances seed germination and seedling physiological traits of *Coronilla varia* L. under water stress. *Plos One*. 19(5): 1-21.

Rozier C, Gerin F, Czarnes S, Legendre L. 2019. Biopriming of Maize Germination by the Plant Growth promoting Rhizobacterium (*Azospirillum Lipoferum*) CRT1. *Journal of plant physiology*. 237: 111-119.

Sakinah F, SL Purmaningsih, I Yulianah. 2023. Respon Benih Cabai (*Capsicum annum* L.) Kadaluarsa Terhadap Lama Perendaman dan Macam ZPT Alami Pada Viabilitas, Vigor dan Pertumbuhan Bibit. *Jurnal Produksi Tanaman*. 11: 199-208.

Sari RN, Hafsah S, Hidayat T, 2024. The Effect of Seed Treatment Using Plant Growth Promoter Rhizobacteria (PGPR) on the Germination Process of Chili. *IOP Conference Series: Earth*

and Environmental Science, 1356(1), p.012017.

Skoufogianni E, Bartzialis D, Giannoulis K, Kandri E, Danalatos N. 2018. Seed Germination Rates of Different Cool Season Legumes. *Agrofor*. 2(1): 35-40.

Soltani E, Ghaderi-Far F, Baskin C, Baskin J. 2015. Problems with Using Mean Germination Time to Calculate Rate of Seed Germination. *Australian Journal of Botany*. 63(7): 631–635.

Syamsuddin S, Hafsah S, Maulidia V, Marliah A. 2022. The Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria Treatment on Germination and Seedlings Growth of Chilli. *Jurnal Natural*, 22(2): 85-93.

Ureche MAL, Chiriță R, Moroșan V, Tuchiluș C, Zaharia C, Volf I, Tănasă F. 2021. Rhizobacteria improve the germination and modify the phenolic compound profile of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Rhizosphere*. 18: p.100334.

Verma T, Pal P. 2020. Isolation and Screening of Rhizobacteria for Various Plant Growth Promoting Attributes. *Phytopathology*. 9(1): 1514–1517.

Zakia A, Ilyas S, Budiman C, Syamsuddin, Manohara D. 2017. Peningkatan Pertumbuhan Tanaman Cabai dan Pengendalian Busuk Phytophthora melalui Biopriming Benih dengan Rizobakteri Asal Pertanaman Cabai Jawa Timur. *J. Hort. Indonesia*. 8(3): 171-18.

Zhu Y, She X, Wang J, Lv H. 2017. Endophytic Bacterial Effects on Seed Germination and Mobilization of Reserves in *Ammodendron bifolium*. Pak. J. Bot. 49(5): 2029-2035.