



KAJIAN PENGGUNAAN PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) TERHADAP VIABILITAS DAN VIGOR BENIH TOMAT (*Solanum lycopersicum* L.)

Nanda Fadila^{1*}, Rita Hayati², Almuna Ramadhani³

^{1,2}Departemen Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

³Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh

*Corresponding author: nanda.fadila@usk.ac.id

ABSTRAK

Kualitas benih merupakan faktor kunci dalam keberhasilan budidaya tomat, karena viabilitas dan vigor benih menentukan keserempakan, kecepatan tumbuh, serta ketahanan bibit terhadap kondisi lingkungan yang berubah. Upaya peningkatan mutu benih dapat dilakukan melalui pemanfaatan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) yang berperan dalam menstimulasi pertumbuhan tanaman melalui mekanisme fisiologis tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh beberapa isolat PGPR terhadap viabilitas dan vigor benih tomat (*Solanum lycopersicum* L.). Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ilmu dan Teknologi Benih, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, dengan menggunakan dua varietas tomat (Karina dan Grand Sakina F1) serta delapan isolat rizobakteri (*Azotobacter* sp., *Necercia* sp., *Pseudomonas capacia*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas diminuta*, *Flavobacterium* sp., *Bacillus polymixa*, dan *Bacillus stearothermophilus*). Rancangan percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial 2×9 dengan tiga ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa varietas Karina memiliki viabilitas dan vigor lebih tinggi dibandingkan Grand Sakina F1. Perlakuan PGPR tidak berpengaruh nyata terhadap viabilitas, namun beberapa isolat seperti *Necercia* sp. dan *Bacillus stearothermophilus* menunjukkan kecenderungan meningkatkan vigor, terutama pada parameter indeks vigor, keserempakan tumbuh, dan kecepatan tumbuh relatif. Sebaliknya, *Flavobacterium* sp. cenderung menghasilkan nilai vigor lebih rendah. Hasil ini menegaskan pentingnya pemilihan varietas unggul dan isolat PGPR yang sesuai untuk meningkatkan kualitas fisiologis benih tomat secara berkelanjutan.

Kata kunci: fitohormon, isolat, kualitas benih, perendaman

ABSTRACT

EVALUATION OF PGPR (PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA) APPLICATION ON THE VIABILITY AND VIGOR OF TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.) SEEDS. Seed quality is a key factor determining the success of tomato cultivation, as seed viability and vigor influence germination uniformity, growth rate, and tolerance to environmental stress. Improving seed quality can be achieved through the application of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), which stimulate plant growth through various physiological mechanisms. This study aimed to evaluate the effects of several PGPR isolates on the viability and vigor of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seeds. The research was conducted at the Seed Science and Technology Laboratory, Faculty of Agriculture, Syiah Kuala University, using two tomato varieties (Karina and Grand Sakina F1) and eight rhizobacterial isolates (*Azotobacter* sp., *Necercia* sp., *Pseudomonas capacia*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas diminuta*, *Flavobacterium* sp., *Bacillus polymixa*, and *Bacillus stearothermophilus*). A factorial Completely Randomized Design (CRD) 2×9 with three replications was applied. The results showed that the Karina variety exhibited higher seed viability and vigor compared to Grand Sakina F1. PGPR treatments did not significantly affect seed viability, although certain isolates such as *Necercia* sp. and *Bacillus stearothermophilus* tended to enhance seed vigor, particularly in vigor index, germination uniformity, and relative growth rate parameters. Conversely, *Flavobacterium* sp. tended to result in lower vigor values. These findings

highlight the importance of selecting appropriate tomato varieties and compatible PGPR isolates to sustainably improve the physiological quality of tomato seeds.

Keyword: phytohormones, isolate, seed quality, bio-priming

PENDAHULUAN

Tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.) semakin diminati di beberapa tahun terakhir. Hal ini terkait dengan kandungan antioksidan karotenoid (likopen dan β -karoten) dan berbagai senyawa fenolik (flavonoid dan asam fenolik) yang terkandung di dalam tomat (Coyago-Cruz *et al.*, 2019). Kandungan tersebut merupakan nutrisi yang sangat bermanfaat bagi kesehatan manusia (Salehi *et al.*, 2019).

Kebutuhan akan tomat tidak sejalan dengan kondisi yang terjadi pada saat ini. Tantangan ketahanan pangan dan keberlanjutan pertanian menjadi momok terbesar di dunia, hal tersebut dipengaruhi oleh serangan hama dan penyakit, penurunan kualitas tanah tempat budidaya serta perubahan iklim yang kian ekstrem terjadi (Subedi *et al.*, 2023). Sebagaimana kita ketahui, sebagian besar produksi tanaman dimulai dari benih. Keberhasilan penanaman benih merupakan langkah krusial pertama dalam produksi tanaman dan menentukan keberhasilan atau kegagalan panen di masa mendatang. Kualitas benih, dalam hal ini menyangkut viabilitas dan vigor merupakan hal penting bagi produksi dan ketahanan pangan, terutama di tengah ketidakpastian perubahan iklim yang terus terjadi (Ali *et al.*, 2021). Lebih lanjut, kualitas benih yang tinggi tidak hanya penting untuk daya berkecambah, tetapi juga untuk vigor kekuatan tumbuh benih yang mencakup kecepatan dan keseragaman munculnya kecambah serta ketahanan bibit terhadap stres lingkungan sebagaimana dijelaskan oleh Basu dan Groot (2023).

Upaya peningkatan mutu fisiologis benih, khususnya viabilitas dan vigor, dapat dilakukan dengan memanfaatkan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). Mikroorganisme ini merupakan bakteri rizosfer yang berinteraksi dengan akar tanaman dan diketahui berkontribusi dalam menunjang pertumbuhan tanaman melalui beragam mekanisme fisiologis yang saling terkait (Mehmood *et al.*, 2023). PGPR terbukti dapat meningkatkan viabilitas dan vigor benih melalui berbagai pendekatan seperti bio-priming, perendaman, maupun seed coating. PGPR memproduksi fitohormon (auksin, giberelin, sitokin), melarutkan hara, mensintesis siderofor, serta memicu enzim perkecambahan (misalnya α -amilase) dan toleransi cekaman sejak fase awal perkecambahan (Fiodor *et al.*, 2023). Penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa PGPR endofit yang diisolasi dari akar tomat mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dalam uji lapang dan rumah kaca (Cochard *et al.*, 2022). Selain itu, priming benih tomat dengan strain bakteri

penghasil auksin dilaporkan mampu meningkatkan kecepatan perkecambahan dan vigor pada kondisi stres (Seeds, 2024). Demikian pula, penelitian yang menemukan bahwa inokulasi PGPR pada bibit tomat secara konsisten memberikan hasil lebih baik daripada kontrol dalam parameter pertumbuhan bibit seperti keserempakan muncul dan bobot tunas (Al-Kurtany *et al.*, 2023).

Biopriming dengan menggunakan PGPR dilaporkan mempercepat dan menyeragamkan perkecambahan serta memperbesar indeks vigor pada berbagai komoditas, baik melalui mekanisme langsung (stimulasi pertumbuhan) maupun tidak langsung (induksi ketahanan) (Chabbi *et al.*, 2024). Bukti eksperimental menunjukkan bahwa perendaman benih padi dengan isolat PGPR dari lahan salin mampu menaikkan laju perkecambahan dan indeks vigor bibit (Purwanto *et al.*, 2022). Selain itu, *seed coating* padi yang memadukan PGPR dengan bahan pelapis tertentu terbukti meningkatkan daya berkecambah dan keserempakan tumbuh (Sudewi *et al.*, 2024).

Penerapan PGPR dapat dikatakan dapat menjadi solusi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Beberapa studi melaporkan bahwa aplikasi PGPR pada benih hortikultura mampu meningkatkan persentase perkecambahan, mempercepat pertumbuhan awal, serta memperkuat ketahanan bibit terhadap cekaman biotik maupun abiotik (Gupta dan Pandey, 2019).

Meskipun berbagai penelitian telah melaporkan peran PGPR dalam meningkatkan pertumbuhan dan performa tanaman tomat, sebagian besar kajian tersebut masih berfokus pada fase pembibitan dan pertumbuhan vegetatif. Informasi mengenai respons viabilitas dan vigor benih tomat terhadap perlakuan PGPR, khususnya melalui metode perendaman dengan berbagai isolat rizobakteri pada varietas yang berbeda, masih relatif terbatas. Oleh karena itu, kebaruan penelitian ini terletak pada evaluasi komparatif delapan isolat PGPR terhadap parameter viabilitas dan vigor benih pada dua varietas tomat, sehingga memungkinkan identifikasi kecenderungan spesifik isolat-varietas pada fase awal perkecambahan. Pendekatan ini diharapkan dapat memperkaya pemahaman ilmiah mengenai peran PGPR pada mutu fisiologis benih tomat serta mendukung pengembangan teknologi bio-priming benih yang berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Seluruh rangkaian penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ilmu dan Teknologi Benih, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh. Kegiatan penelitian ini menggunakan beberapa alat yaitu timbangan analitik, *autoclave*, mikroskop, *laminar airflow cabinet*, petridish, erlenmeyer, tabung reaksi, gelas ukur, jarum ose, pinset dan lain-lain. Sementara bahan yang digunakan adalah benih tomat dengan dua varietas yaitu Karina dan Grand Sakina F1, delapan jenis isolat rizobakteri yaitu *Azotobacter* sp., *Necercia* sp., *Pseudomonas capacia*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas diminuta*, *Flavobacterium* sp., *Bacillus polymixa*, *Bacillus stearothermophilus*), bahan lainnya adalah media SPA (*Sucrose Peptone Agar*), etanol 70% dan lain-lain.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial pola 2×9 , diulang tiga kali. Faktor pertama adalah varietas (V) dan faktor kedua adalah isolat rizobakteri (R). Adapun taraf faktor pertama adalah V1 = Karina dan V2 = Grand Sakina F1. Taraf dari faktor kedua adalah R0 = Kontrol, R1 = *Azotobacter* sp., R2 = *Necercia* sp., R3 = *Pseudomonas capacia*, R4 = *Bacillus megaterium*, R5 = *Pseudomonas diminuta*, R6 = *Flavobacterium* sp., R7 = *Bacillus polymixa*, R8 = *Bacillus stearothermophilus*). Data dianalisis dengan menggunakan sidik ragam. Apabila perlakuan yang diuji menunjukkan pengaruh, maka analisis dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada taraf 5%.

Rizobakteri yang didapatkan dari hasil penelitian sebelumnya dibiakkan terlebih dahulu dalam media SPA hingga koloni rizobakteri tampak tumbuh. Adapun proses selanjutnya adalah menyuspensikan koloni rizobakteri ke dalam aquades steril dan menghitung kerapatan populasi rizobakteri dengan menggunakan spektrofotometer. Untuk kerapatan populasi rizobakteri digunakan angka 10^9 CFU/ml.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis ragam pada Tabel 1 mengindikasikan bahwa perbedaan varietas memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap semua parameter viabilitas dan vigor benih tomat. Hal ini menegaskan bahwa perbedaan genetik antar varietas merupakan faktor utama yang menentukan kualitas fisiologis benih. Varietas dengan mutu fisiologis lebih tinggi cenderung memiliki daya berkecambah dan vigor lebih baik. Temuan pada penelitian ini mendukung hasil yang dilaporkan oleh Yasmin *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa efektivitas PGPR dalam meningkatkan pertumbuhan tomat sangat dipengaruhi oleh faktor genetik varietas, di mana beberapa varietas memberikan respon yang lebih baik terhadap inokulasi PGPR dibanding varietas lainnya. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini memperkuat laporan sebelumnya yang disampaikan oleh Mengistie *et al.* (2022) yang melaporkan bahwa respons benih tomat terhadap inokulasi *Bacillus* spp.

Dua varietas benih tomat direndam selama tiga menit dengan menggunakan alkohol 70%, kemudian dilakukan proses pencucian benih dengan menggunakan aquades steril lalu benih dikeringanginkan selama satu jam dalam *laminar airflow cabinet*. Proses selanjutnya adalah perendaman benih ke dalam delapan suspensi isolat rizobakteri selama 24 jam. Adapun benih yang telah melalui proses perendaman kembali dikeringanginkan dalam *laminar airflow cabinet*. Benih kemudian dikecambahan dalam pot plastik dengan menggunakan media tanah dan kompos steril (perbandingan volume 1:1), sebelum digunakan media tersebut terlebih dahulu diayak menggunakan ayakan berukuran 5 mesh.

Parameter yang diamati meliputi viabilitas dan vigor benih. Pengamatan viabilitas benih tomat meliputi potensi tumbuh maksimum dan daya berkecambah. Potensi tumbuh maksimum dihitung berdasarkan persentase seluruh benih yang mampu tumbuh, baik kecambah normal maupun abnormal, pada akhir periode pengujian, yaitu pada hari ke-14 setelah tanam (HST). Daya berkecambah dihitung berdasarkan persentase kecambah normal sesuai kriteria *International Seed Testing Association* (ISTA) yang diamati pada hari ke-7 dan hari ke-14 HST.

Pengamatan vigor benih meliputi indeks vigor, keserempakan tumbuh dan kecepatan tumbuh relatif. Indeks vigor dihitung berdasarkan persentase kecambah normal pada hitungan pertama, yaitu pada hari ke-7 HST. Kecepatan tumbuh relatif dihitung berdasarkan akumulasi persentase kecambah normal setiap hari selama periode pengamatan. Keserempakan tumbuh dihitung berdasarkan persentase kecambah normal yang muncul pada hari ke-10 HST, yang mewakili interval pertumbuhan serempak antara pengamatan hari ke-7 dan ke-14 HST

sangat dipengaruhi oleh varietas, di mana varietas tertentu menunjukkan performa lebih unggul dibanding varietas lain.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi rizobakteri berpengaruh nyata pada indeks vigor serta sangat nyata pada kecepatan tumbuh relatif, sedangkan parameter keserempakan tumbuh dan parameter viabilitas benih, yaitu potensi tumbuh maksimum dan daya berkecambah, tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa PGPR lebih dominan memengaruhi aspek vigor benih. Studi Mangmang *et al.* (2015) juga menemukan bahwa beberapa strain PGPR mampu meningkatkan vigor dan panjang akar bibit tomat, meskipun tidak selalu meningkatkan total viabilitas secara signifikan. Efektivitas PGPR dalam meningkatkan vigor erat kaitannya dengan kemampuannya menghasilkan fitohormon dan memodulasi metabolisme awal kecambah.

Tabel 1. Analisis Ragam Parameter Viabilitas dan Vigor Dua Varietas Benih Tomat yang Diberikan Perlakuan Rizobakteri

No	Parameter yang Diamati	V	R	V xR	Koefisien Keseragaman
1	Potensi Tumbuh Maksimum	**	tn	tn	7,70%
2	Daya Berkecambah	**	tn	tn	8,01%
3	Indeks Vigor	**	*	tn	11,73%
4	Keserempakan Tumbuh	**	tn	*	8,12%
5	Kecepatan Tumbuh Relatif	**	**	*	7%

Keterangan : V = faktor varietas; R = faktor rizobakteri; simbol ** menunjukkan pengaruh sangat nyata, simbol * menunjukkan pengaruh nyata, sedangkan tn menunjukkan tidak berpengaruh nyata

Hasil analisis menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan varietas dan rizobakteri memberikan pengaruh yang nyata terhadap keserempakan tumbuh serta kecepatan tumbuh relatif. Hal ini mengindikasikan adanya spesifikasi interaksi antara isolat PGPR dengan varietas tomat tertentu. Studi terbaru oleh Pang *et al.* (2023) juga menegaskan bahwa efek PGPR terhadap vigor benih sangat bergantung pada kesesuaian strain-inang serta kondisi lingkungan saat perkembangan. Selain itu, penelitian terbaru mengenai isolat *Serratia* dan *Enterobacter* menunjukkan bahwa peningkatan vigor pada tomat bersifat tergantung dosis inokulasi, dan pada dosis tertentu kontrol tetap dapat menunjukkan nilai yang setara atau lebih tinggi (Singh *et al.*, 2024).

Viabilitas Total dan Viabilitas Potensial Benih

Sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa varietas Karina

memiliki nilai viabilitas total atau potensi tumbuh maksimum sebesar 98,22% dan viabilitas potensial atau daya berkecambah 96%. Nilai varietas Karina pada parameter tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan varietas Grand Sakina F1 (81,78% dan 73,78%). Perbedaan yang signifikan ini mengindikasikan adanya pengaruh genetik antar varietas terhadap mutu fisiologis benih tomat. Menurut Ali *et al.* (2021), faktor genetik sangat menentukan potensi tumbuh maksimum suatu benih karena berhubungan dengan fisiologi internal dan kemampuan embrio dalam mempertahankan daya hidup. Studi-studi sebelumnya juga mencatat bahwa viabilitas benih rentan menurun selama penyimpanan terutama karena suhu dan kadar air yang tidak optimal, yang secara langsung memengaruhi vigor benih (Rao dan Chakraborty, 2020).

Tabel 2. Rata-Rata Viabilitas Total dan Viabilitas Potensial Benih Tomat

Perlakuan	Viabilitas Total		Viabilitas Potensial
	Varietas	Potensi Tumbuh Maksimum (%)	Daya Berkecambah (%)
Karina	98,22b		96b
Grand Sakina F1	81,78a		73,78a
Rizobakteri			
Kontrol	96		92
<i>Azotobacter</i> sp.	93		86
<i>Necercia</i> sp.	95		91
<i>Pseudomonas capacia</i>	89		83
<i>Bacillus megaterium</i>	88		84
<i>Pseudomonas diminuta</i>	90		82
<i>Flavobacterium</i> sp.	81		76
<i>Bacillus polymixa</i>	85		82
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	93		88

Keterangan : Nilai yang memiliki huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan hasil uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5%.

Sementara itu, perlakuan berbagai isolat rizobakteri tidak memberikan perbedaan nyata terhadap viabilitas total dan potensial dibandingkan kontrol. Namun, kecenderungan nilai masih terlihat bervariasi, misalnya perlakuan dengan *Necercia* sp. (95% pada viabilitas total dan 91% pada viabilitas potensial) menunjukkan performa yang relatif baik. Hasil ini menguatkan penelitian Purwanto *et al.* (2022) pada benih padi, yang menemukan bahwa inokulasi PGPR dapat meningkatkan laju perkembahan, meskipun efektivitasnya sangat bergantung pada kesesuaian isolat dengan tanaman inang. Dengan demikian, meskipun pengaruh PGPR pada viabilitas tomat dalam penelitian ini belum signifikan, kecenderungan peningkatan tetap terlihat

pada beberapa isolat tertentu. Temuan ini juga sejalan dengan laporan bahwa PGPR dapat memperbaiki viabilitas benih melalui mekanisme seperti produksi fitohormon, pelarutan hara, dan pola respon *stress-priming* (Basu *et al.*, 2021).

Tidak signifikannya pengaruh isolat rizobakteri terhadap potensi tumbuh maksimum dan daya berkecambah menunjukkan bahwa viabilitas benih lebih ditentukan oleh kondisi fisiologis awal benih dan integritas embrio. Menurut Basu dan Groot (2023), viabilitas benih berkaitan erat dengan status metabolismik embrio dan cadangan makanan, yang relatif stabil dan tidak mudah dimodifikasi oleh perlakuan eksternal dalam waktu singkat. Fiodor *et al.* (2023) juga melaporkan bahwa aplikasi PGPR pada fase benih

umumnya tidak selalu meningkatkan persentase kecambahan normal, tetapi lebih berperan dalam mempercepat proses perkecambahan dan meningkatkan vigor kecambahan.

Vigor Kekuatan Tumbuh Benih

Hasil pengujian vigor kekuatan tumbuh benih pada Tabel 3 menunjukkan bahwa varietas Karina secara konsisten lebih unggul dibandingkan Grand Sakina F1 pada semua parameter: indeks vigor (87,33% dan 57,78%), keserempakan tumbuh (94,89% dan 70,89%), dan kecepatan tumbuh relatif (111,34% dan 80,16%). Keunggulan vigor varietas Karina menegaskan kembali bahwa faktor yang berasal dari genetik sangat menentukan kekuatan tumbuh benih. Menurut Chabbi *et al.* (2024), vigor benih yang tinggi mencerminkan kemampuan

metabolisme awal kecambahan yang lebih cepat, sehingga menghasilkan pertumbuhan bibit yang lebih seragam. Hal ini konsisten dengan prinsip bahwa vigor tinggi menunjukkan aktivitas metabolismik awal yang lebih dinamis (Chakraborty *et al.*, 2020).

Perbedaan viabilitas dan vigor antar varietas menunjukkan peran faktor genetik dalam menentukan respons benih terhadap perlakuan PGPR. Menurut Mengistie *et al.* (2022), varietas tomat memiliki perbedaan kemampuan dalam memobilisasi cadangan makanan dan merespons stimulasi hormonal pada fase awal perkecambahan. Varietas dengan vigor awal yang tinggi cenderung menunjukkan respons yang lebih baik terhadap perlakuan PGPR karena memiliki sistem fisiologis yang lebih efisien dalam memanfaatkan senyawa bioaktif yang dihasilkan oleh rizobakteri.

Tabel 3. Rata-Rata Vigor Kekuatan Tumbuh Benih Tomat

Perlakuan	Vigor Kekuatan Tumbuh Benih		
	Varietas	Indeks Vigor (%)	Keserempakan Tumbuh (%)
Karina	87,33b	94,89b	111,34b
Grand Sakina F1	57,78a	70,89a	80,16a
Rizobakteri			
Kontrol	77bc	88	109,56e
<i>Azotobacter sp.</i>	72bc	84	96,96bcd
<i>Necercia sp.</i>	84c	90	103,18de
<i>Pseudomonas capacia</i>	74bc	81	94,5bcd
<i>Bacillus megaterium</i>	68ab	82	93,5abcd
<i>Pseudomonas diminuta</i>	71abc	81	88,87ab
<i>Flavobacterium sp.</i>	58a	75	82,79a
<i>Bacillus polymixa</i>	71abc	77	91,97abc
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	78bc	88	100,43cde

Keterangan : Nilai yang memiliki huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan hasil uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5%.

Pengaruh isolat rizobakteri terhadap vigor benih menunjukkan variasi yang cukup jelas. Perlakuan dengan *Necercia* sp. menghasilkan nilai indeks vigor (84%) yang lebih tinggi meskipun secara statistik tidak berbeda nyata dengan beberapa isolat rizobakteri lainnya. Hasil ini selaras dengan penelitian yang menunjukkan bahwa bioprimer benih dengan isolat PGPR dapat meningkatkan laju perkecambahan dan indeks vigor pada berbagai tanaman hortikultura melalui stimulasi fitohormon dan aktivasi enzim perkecambahan (Pang *et al.*, 2023). Mekanisme yang mendasari hal ini berkaitan dengan produksi fitohormon seperti auksin dan giberelin oleh PGPR yang mampu menstimulasi perkembangan akar awal (Fiodor *et al.*, 2023).

Pada parameter kecepatan tumbuh relatif, kontrol menunjukkan nilai tertinggi yaitu 109,56%, meskipun nilai tersebut tidak berbeda nyata dengan *Necercia* sp. dan *Bacillus stearothermophilus* (103,18% dan 100,43%). Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas PGPR tidak selalu melebihi kontrol, melainkan sangat dipengaruhi oleh kompatibilitas strain dengan tanaman inang serta kondisi lingkungan (Basu *et al.*, 2021; Gupta dan Pandey, 2019). Temuan serupa juga dilaporkan oleh Pang *et al.* (2023), di mana beberapa isolat PGPR hanya menghasilkan nilai vigor setara dengan kontrol. Hasil penelitian ini mendukung laporan Kumar *et al.* (2020)

yang menunjukkan bahwa aplikasi *Pseudomonas fluorescens* pada benih tomat berkontribusi terhadap peningkatan indeks vigor, keserempakan tumbuh, dan kecepatan perkecambahan. Namun, peningkatan tersebut bervariasi tergantung kondisi lingkungan dan kesesuaian strain dengan tanaman inang.

Flavobacterium sp. sendiri cenderung menunjukkan nilai vigor kekuatan tumbuh benih yang lebih rendah, meskipun jika ditinjau secara statistik pada parameter indeks vigor dan kecepatan tumbuh relatif tidak berbeda nyata dengan *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas diminuta* dan *Bacillus polymixa*. Fenomena ini mengindikasikan bahwa kemampuan kolonisasi dan kompatibilitas rizobakteri terhadap benih tomat berbeda-beda, sehingga menghasilkan respon yang tidak seragam. Menurut Gupta dan Pandey (2019), efektivitas PGPR sangat dipengaruhi oleh kesesuaian antara jenis bakteri, fisiologi tanaman inang, dan kondisi lingkungan. Dengan demikian, isolat yang tepat dapat meningkatkan vigor benih, sementara isolat yang kurang sesuai justru tidak memberikan manfaat yang nyata.

Variasi respons vigor benih terhadap berbagai isolat PGPR menunjukkan adanya spesifitas interaksi antara isolat bakteri dan tanaman inang. Setiap isolat memiliki kemampuan yang berbeda dalam menghasilkan fitohormon, milarutkan hara, serta

berkolonisasi pada permukaan benih dan akar muda (Basu *et al.*, 2021). Pang *et al.* (2023) menegaskan bahwa efektivitas PGPR sangat bergantung pada kompatibilitas strain dengan tanaman inang, sehingga tidak semua isolat memberikan respons positif yang sama.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa varietas Karina lebih unggul dalam vigor kekuatan tumbuh benih dibandingkan Grand Sakina F1. Aplikasi PGPR pada beberapa isolat

rizobakteri tertentu memperlihatkan potensi dalam meningkatkan vigor, meskipun belum konsisten signifikan pada semua parameter. Hal ini menegaskan bahwa pemilihan isolat PGPR yang tepat menjadi kunci dalam penerapannya untuk meningkatkan mutu benih tomat, konsisten dengan laporan penelitian terdahulu yang menyoroti peran penting spesifitas interaksi antara PGPR dan tanaman (Mehmood *et al.*, 2023).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan, varietas Karina menunjukkan kinerja viabilitas dan vigor benih yang lebih baik dibandingkan varietas Grand Sakina F1 pada semua parameter yang diuji. Hal ini menegaskan bahwa faktor genetik berperan penting dalam menentukan mutu fisiologis benih tomat. Aplikasi berbagai isolat PGPR belum memberikan pengaruh yang signifikan terhadap viabilitas benih, namun beberapa isolat seperti *Necercia* sp. dan *Bacillus stearothermophilus* memperlihatkan kecenderungan peningkatan vigor, khususnya pada parameter indeks

vigor, parameter keserempakan tumbuh, dan parameter kecepatan tumbuh relatif. Sementara itu, isolat *Flavobacterium* sp. cenderung menghasilkan vigor yang lebih rendah dibanding isolat lain. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa pemilihan varietas unggul dan isolat PGPR yang tepat sangat penting untuk meningkatkan kualitas fisiologis benih tomat, serta mendukung upaya pengembangan teknologi perbenihan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Ali, F., G. Qanmber, F. Li, dan Z. Wang. 2021. Updated role of ABA in seed maturation, dormancy, and germination. *Journal of Advanced Research* 35 : 199–214.

Al-Kurtany, A., H. A. Ali, dan A. M. Oleawy. 2023. Tomato seedling production using an inoculum prepared with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) isolates. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics* 55(3) : 778–789.

Basu, S., dan S. P. C. Groot. 2023. Seed vigour and invigoration. In M. Dadlani and D. K. Yadava (Eds.), *Seed science and technology: Biology, production, quality* (67–89). Springer.

Basu, A., P. Prasad, S. N. Das, S. Kalam, R. Z. Sayyed, M. S. Reddy, dan H. El Enshasy. 2021. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: Recent developments, constraints, and prospects. *Sustainable Agriculture Reviews* 52 : 281–316.

Chabbi, N., R. Aissaoui, H. Belaouni, H. Boukhalfa, K. Bouazza, dan L. Khelifi. 2024. *Leucobacter* sp. strains enhance seed germination, radicle elongation and seedling growth by segment-specific root colonization. *Plants* 13(15) : 2025.

Chakraborty, S., S. K. Bordoloi, dan K. Rao. 2020. Seed quality deterioration of tomato during storage: Effect of storing containers and conditions. *Biosciences Biotechnology Research Asia* 17(4) : 789–797.

Cochard, B., M. Becker, N. Durand, A. Chaboud, dan B. Reinhold-Hurek. 2022. Endophytic PGPR from tomato roots: Isolation, in vitro characterization and in vivo evaluation of treated tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Microorganisms* 10(5) : 933.

Coyago-Cruz, E., M. Corell, A. Moriana, P. Mapelli-Brahm, D. Hernanz, dan C. M. Stinco. 2019. Study of commercial quality parameters, sugars, phenolics, carotenoids and plastids in different tomato varieties. *Food Chemistry* 277 : 480–489.

Fiodor, A., N. Ajijah, Ł. Dziewit, dan K. Pranaw. 2023. Bioprime of seed with plant growth-promoting bacteria for sustainable agriculture: Current perspectives and future directions. *Frontiers in Microbiology* 14 : 1142966.

Gupta, A., dan R. Pandey. 2019. Role of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in sustainable agriculture: Improving germination, growth and stress tolerance of horticultural crops. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 8(2) : 2289–2299.

Kumar, A., B. R. Maurya, dan R. Raghuwanshi. 2020. Isolation and characterization of PGPR and their effect on growth, yield and nutrient uptake of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Plant Nutrition* 43(14) : 2146–2158.

Mangmang, J. S., R. Deaker, dan G. Rogers. 2015. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on seed germination characteristics of tomato and lettuce. *Journal of Tropical Crop Science* 2(1) : 3–11.

Mehmood, U., M. Inam-ul-Haq, dan A. Rehman. 2023. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Role in sustainable agriculture. *Agronomy* 13(6) : 1617.

Mengistie, B. T., A. L. Molla, T. L. Alemu, dan T. M. Fentie. 2022. Evaluation of the plant growth promotion effect of *Bacillus* species on different varieties of tomato seedlings. *International Journal of Microbiology* 2022 : 1–10.

Pang, Z., P. Cai, Y. Xiao, Y. Zhang, dan Y. Chen. 2023. Synergistic effects of PGPR on seed germination and seedling growth under stress conditions. *Frontiers in Plant Science* 14 : 10708133.

Purwanto, P., E. Oktaviani, dan N. W. A. Leana. 2022. Seed bio-priming to enhance seed germination and seed vigor of rice using rhizobacteria from the northern coast of Pemalang, Central Java, Indonesia. *Planta Tropika: Jurnal Agrosains* 10(2) : 123–132.

Rao, K., dan S. Chakraborty. 2020. Seed quality deterioration of tomato during storage: A review. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology* 13(4) : 567–575.

Salehi, B., R. Sharifi-Rad, F. Sharopov, J. Namiesnik, A. Roointan, M. Kamle, dan N. Martins. 2019. Beneficial effects and potential risks of tomato consumption for human health: An overview. *Nutrition* 62 : 201–208.

Seeds. 2024. Enhancement of tomato seed germination and growth parameters through seed priming with auxin-producing plant growth promoting bacteria strains. *Seeds* 3(3) : 32.

Singh, D., D. Kour, A. N. Yadav, A. A. Rastegari, S. Abrol, dan A. K. Saxena. 2024. Evaluation of stress-tolerant *Serratia* and *Enterobacter* as PGPR for nutrient solubilization and dose-dependent bioformulation to enhance tomato seedlings. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 40(2) : 1–14.

Subedi, B., A. Poudel, dan S. Aryal. 2023. The impact of climate change on insect pest biology and ecology: Implications for

pest management strategies, crop production, and food security. *Journal of Agriculture and Food Research* 14 : 100733.

Sudewi, S., I. Idris, T. Tiara, dan A. R. Saleh. 2024. Pengaruh coating benih dengan PGPR dan jenis bahan pelapis

terhadap viabilitas benih padi. *Media Pertanian* 9(2) : 107-121.

Yasmin, F., R. Othman, K. Sijam, dan M. S. Saad. 2021. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under field conditions. *Scientia Horticulturae* 280 : 109905.