RESPON PERKECAMBAHAN DAN PERTUMBUHAN AWAL JAGUNG TERHADAP PERENDAMAN BENIH DAN PENYIRAMAN MEDIA DENGAN *Priestia Megaterium* DAN ISOLAT KF

Rani Mariana Isu*, Agustina Varia Suryaningsih Basompe, Yodi Yuni Juwita Karibera, Rizkika Handayani, Sri Kasmiyati, Vincentia Irene Meitiniarti

Prodi Magister Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana
Jalan Diponegoro 52-60, Salatiga, Jawa Tengah, 50711, Indonesia

Email : isu387895@gmail.com

Abstrak

Metode aplikasi inokulum bakteri dapat menentukan respons pertumbuhan awal tanaman. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi perkecambahan dan pertumbuhan awal jagung (*Zea mays* L.) setelah perendaman benih atau penyiraman media menggunakan *Priestia megaterium* dan isolat KF. Percobaan terdiri atas lima perlakuan, yaitu kontrol akuades (P0), perendaman benih dalam suspensi *P. megaterium* (P1P), penyiraman media dengan *P. megaterium* (P2P), perendaman benih dalam suspensi isolat KF (P1K), dan penyiraman media dengan isolat KF (P2K). Setiap perlakuan memiliki lima ulangan dengan empat benih per pot. Pengamatan berlangsung selama 10 hari. Data dianalisis menggunakan ANOVA satu arah dan uji Tukey pada taraf 5%. Perlakuan tidak berbeda nyata pada persentase perkecambahan akhir ($p = 0{,}4307$), tetapi berbeda nyata pada panjang batang, panjang akar, dan berat basah ($p < 0{,}0001$), serta berat kering ($p = 0{,}00035$). P2K menghasilkan batang terpanjang (19,12 cm) dan berat basah tertinggi (0,866 g), masing-masing 27,47% dan 34,47% lebih tinggi daripada kontrol. P2P menghasilkan akar terpanjang (14,82 cm), meningkat 17,81% dibandingkan kontrol. Berat kering P2K (0,06610 g) tidak berbeda nyata dari kontrol (0,06430 g). Perendaman benih menghasilkan batang lebih pendek daripada kontrol. Dengan demikian, penyiraman media merupakan perlakuan yang menjanjikan untuk pengembangan inokulum pemacu pertumbuhan awal jagung, dengan respons yang berbeda antarparameter. Pengujian lanjutan diperlukan untuk memisahkan pengaruh bakteri dari medium pembawanya dan mengevaluasi manfaat pada fase pertumbuhan berikutnya.

Kata kunci: jagung; inokulum bakteri; metode aplikasi; perkecambahan; pertumbuhan awal

Abstract

The method of bacterial inoculum application may determine the early growth response of plants. This study aimed to evaluate the germination and early growth of maize (*Zea mays* L.) following seed soaking or medium watering using *Priestia megaterium* and KF isolate. The experiment consisted of five treatments: distilled water as the control (P0), seed soaking in *P. megaterium* suspension (P1P), medium watering with *P. megaterium* (P2P), seed soaking in KF isolate suspension (P1K), and medium watering with KF isolate (P2K). Each treatment consisted of five replicates, with four seeds per pot. Observations were conducted for 10 days. The data were analyzed using one-way ANOVA followed by Tukey's test at a 5% significance level. The treatments did not differ significantly in final germination percentage ($p = 0.4307$), but significant differences were observed in shoot length, root length, and fresh weight ($p < 0.0001$), as well as dry weight ($p = 0.00035$). P2K produced the longest shoots (19.12 cm) and the highest fresh weight (0.866 g), representing increases of 27.47% and 34.47%, respectively, compared with the control. P2P produced the longest roots (14.82 cm), representing a 17.81% increase compared with the control. The dry weight under P2K (0.06610 g) did not differ significantly from that of the control (0.06430 g). Seed soaking resulted in shorter shoots than the control. Therefore, medium watering is a promising application method for the development of inoculant to promote early maize growth, with responses varying among growth parameters. Further studies are needed to distinguish the effects of the bacteria from those of their carrier medium and to evaluate their benefits during subsequent growth stages.

Keywords: *maize; bacterial inoculum; application method; germination; early growth*

PENDAHULUAN

Pemanfaatan bakteri pemacu pertumbuhan tanaman merupakan salah satu pendekatan untuk mengembangkan input pertanian berbasis mikroorganisme. Ketergantungan berlebihan pada pupuk fosfat kimia dapat menyebabkan pencemaran tanah dan ketidakseimbangan ekologi, sehingga alternatif berbasis mikroorganisme terus dikembangkan (Sun *et al*., 2026). Perlakuan benih dengan mikroorganisme dapat memberi efek biostimulan pada perkecambahan dan pertumbuhan kecambah (Cardarelli *et al*., 2022), dalam penelitian yang dilakukan Houida *et al*. (2022) biopriming benih jagung dengan bakteri pemacu pertumbuhan telah diuji pengaruhnya terhadap kedua proses tersebut. Berdasarkan hal tersebut pengujian kandidat inokulum perlu mencakup lebih dari persentase perkecambahan, karena keberhasilan benih membentuk kecambah belum menggambarkan perkembangan organ maupun akumulasi biomassa. Sedangkan untuk panjang batang, panjang akar, berat basah, dan berat kering menyediakan informasi yang dapat melengkapi mengenai respons tanaman pada fase awal pertumbuhan.

Priestia megaterium yang sebelumnya dikenal dengan nama *Bacillus megaterium* adalah bakteri Gram positif pembentuk endospora yang dimanfaatkan dalam bioteknologi dan dikenal sebagai bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (Biedendieck *et al*., 2021). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Meitiniarti *et al*. (2025) mengidentifikasi bakteri penghasil indole-3-acetic acid (IAA) dari ekoenzim dan menemukan potensi *P. megaterium* sebagai sumber inokulum pemacu pertumbuhan. IAA adalah auksin, dan auksin yang dihasilkan bakteri dilaporkan meningkatkan biomassa akar (Yadav *et al*., 2022), serta memengaruhi perkembangan akar dan tunas pada benih padi (Khianngam *et al*., 2023). Temuan tersebut memberikan dasar untuk pengujian biologis pada tanaman, tetapi kemampuan suatu isolat menghasilkan IAA secara *in vitro* tidak dengan sendirinya menjamin manfaat pada setiap metode aplikasi atau kondisi budidaya.

Bukti eksperimental pada jagung menunjukkan bahwa potensi bakteri ini bergantung pada strain dan lingkungan pengujian. Escalante-Beltrán *et al*. (2025) melaporkan peningkatan pertumbuhan jagung melalui inokulasi *P. megaterium* 53B2 dalam percobaan rumah kaca. Sedangkan penelitian lapangan oleh Oliveira-Paiva *et al*. (2024) menunjukkan manfaat strain *Bacillus megaterium* B119, dan *B. subtilis* B2084, terhadap perolehan fosfor dan hasil jagung. Konsorsium *P. megaterium* dan *Enterobacter cloacae* tidak mengubah serapan air benih maupun persentase perkecambahan jagung, tetapi memperbaiki volume akar dan kandungan klorofil (Argentel-Martínez *et al*., 2025). Tinjauan perlakuan benih dengan *Bacillus* pada jagung juga melaporkan pengaruh positif pada tinggi tanaman, panjang batang dan akar, serta bahan kering tajuk yang bergantung pada spesies (Ocwa *et al*., 2024). Bukti tersebut mendukung pengembangan inokulum, sekaligus menegaskan perlunya validasi pada bahan biologis dan kondisi percobaan yang digunakan.

Cara pemberian inokulum menjadi aspek praktis yang perlu diuji. Proses perendaman benih dapat membantu mempertemukan suspensi bakteri dengan benih sebelum penanaman, sedangkan penyiraman media menempatkan suspensi pada lingkungan tempat akar berkembang. Kedua pendekatan ini mempunyai waktu dan lokasi kontak yang berbeda. Penelitian yang dilakukan pada sorgum, membuktikan bahwa efektivitas pengiriman bakteri ke akar berbeda menurut metode aplikasi dan jenis bakteri yang digunakan. Penggunaan bakteri Gram positif lebih berhasil melalui pelapisan benih, sedangkan bakteri Gram negatif lebih baik melalui priming bibit dan penyiraman pada tanah (Chai *et al*., 2022). Penelitian yang dilakukan pada jagung, dengan perendaman benih dan penyiraman selama 15 hari setelah tanaman muncul dengan konsorsium *P. megaterium* dan *E. cloacae* sama-sama dilaporkan efektif meningkatkan biomassa dan hasil biji (Azizoglu *et al*., 2025). Selain itu, karakteristik isolat dapat menghasilkan respons organ tanaman yang berbeda, sehingga pemilihan perlakuan perlu didasarkan pada beberapa indikator pertumbuhan.

Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan lima kombinasi perlakuan menggunakan *P. megaterium* dan isolat KF melalui perendaman benih atau penyiraman media, dengan kontrol akuades. Tujuannya adalah mengevaluasi pengaruh kombinasi tersebut terhadap persentase perkecambahan, panjang batang, panjang akar, berat basah, dan berat kering kecambah jagung selama 10 hari. Kontribusi penelitian terletak pada perbandingan metode aplikasi dua sumber inokulum dalam satu percobaan serta penilaian respons morfologi dan biomassa secara bersamaan.

METODE

Rancangan dan Bahan Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biokimia, Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, pada bulan Juni 2026. Bahan tanaman adalah benih jagung (*Zea mays* L.). Percobaan menggunakan satu faktor perlakuan dengan lima taraf dan lima ulangan, sehingga terdapat 25 pot, dan disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Setiap pot berisi empat benih, dengan total 100 benih. Pot merupakan satuan percobaan; pengukuran beberapa kecambah di dalam pot merupakan subsampel. Alat yang digunakan adalah erlenmeyer, gelas ukur, pipet ukur, tabung reaksi, jarum ose, cawan petri, timbangan analitik, *shaker incubator*, oven, penggaris, dan pot plastik. Bahan yang digunakan adalah benih jagung, biakan murni *P. megaterium* dan isolat KF, media *nutrient broth* (NB), pasir sungai, dan akuades steril.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan inokulum bakteri dan metode aplikasi

Kode	Inokulum	Metode aplikasi
P0	Tanpa bakteri	Benih direndam akuades
P1P	*P. megaterium*	Benih direndam suspensi bakteri
P2P	*P. megaterium*	Benih direndam akuades; media disiram suspensi bakteri
P1K	Isolat KF	Benih direndam suspensi bakteri
P2K	Isolat KF	Benih direndam akuades; media disiram suspensi bakteri

Persiapan Inokulum dan Pelaksanaan Percobaan

Biakan *P. megaterium* dan isolat KF diperbanyak dalam media cair Nutrient Broth (NB). Masing-masing biakan diinokulasikan secara aseptik sebanyak satu ose biakan murni ke dalam erlenmeyer berisi 100 mL NB steril (2 × 100 mL). Kultur diinkubasi pada suhu ruang atau 30 °C selama 24–48 jam dengan agitasi pada *shaker* 120–150 rpm sampai media tampak keruh. Kepadatan sel tidak ditentukan secara kuantitatif. Kultur cair ini digunakan sebagai suspensi bakteri untuk perendaman benih dan penyiraman media. Isolat KF dinyatakan sebagai isolat KF tanpa penetapan identitas taksonomi.

Benih jagung yang seragam dan tidak rusak dibersihkan dengan air steril. Pasir sungai dicuci dan disterilisasi menggunakan uap panas, lalu dimasukkan ke dalam pot plastik. Benih P1P dan P1K direndam dalam suspensi bakteri selama ±30 menit, sedangkan benih P0, P2P, dan P2K direndam dalam akuades steril dengan waktu yang sama yaitu ±30 menit. Setelah penanaman, pada hari pertama media P2P dan P2K disiram 5 mL suspensi bakteri per benih, sedangkan media P0, P1P, dan P1K disiram dengan 5 mL akuades per benih. Selanjutnya, semua pot ditempatkan di tempat yang cukup cahaya dan lembap serta disiram menggunakan 5 mL akuades steril setiap dua hari sekali selama 10 hari pengamatan.

Pengamatan dan Pengolahan Data

Jumlah kecambah yang tumbuh dicatat pada hari ke-2, 4, 6, 8, dan 10. Persentase perkecambahan dihitung sebagai jumlah benih berkecambah dibagi empat benih yang ditanam per pot, kemudian dikalikan 100%. Panjang batang diukur dari pangkal batang hingga ujung pucuk, sedangkan panjang akar diukur dari pangkal batang hingga ujung akar terpanjang, dalam satuan sentimeter (cm). Analisis inferensial difokuskan pada pengamatan hari ke-10, pengamatan berkala digunakan untuk mendeskripsikan perkembangan perkecambahan dan panjang batang. Grafik perkembangan menampilkan rerata lima nilai ulangan pada setiap waktu pengamatan, tanpa menjadikan waktu yang berbeda sebagai ulangan independen.

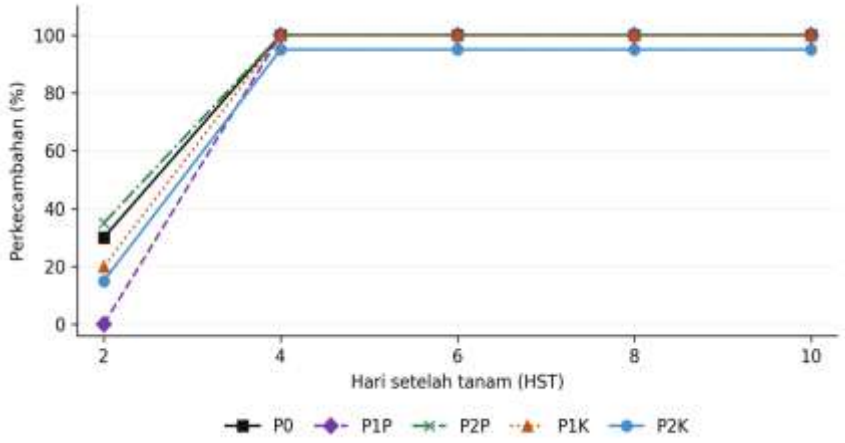
Data berat basah dan berat kering diambil dari hasil akhir perkecambahan pada hari ke-10 kecambah dipanen dan ditimbang untuk memperoleh berat basah (g) menggunakan timbangan analitik, kemudian dikeringkan dalam oven untuk memperoleh berat kering (g). kecambah ditimbang tanpa menyertakan sisa biji yang ada pada akar, kemudian dikeringkan didalam oven dengan suhu 10°C selama 3 hari. Hasil disajikan sebagai rerata ± simpangan baku dari lima pot per perlakuan.

Data dianalisis menggunakan one way ANOVA dilanjutkan dengan uji Tukey HSD pada taraf 5% dengan SAS PROC GLM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkecambahan Jagung

Perkembangan selama 2–10 HST disajikan pada Gambar 1. Pada hari ke-2, rerata persentase perkecambahan P0, P1P, P2P, P1K, dan P2K berturut-turut adalah 30%, 0%, 35%, 20%, dan 15%. Mulai hari ke-4 sampai hari ke-10, empat perlakuan mencapai 100%, sedangkan P2K tetap 95%. Pada P2K, satu pot memiliki tiga kecambah dari empat benih, sedangkan empat pot lainnya mencapai empat kecambah. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut dapat dikatakan bahwa pada hari terakhir semua kecambah dapat tumbuh dengan baik, walaupun waktu tumbuhnya berbeda-beda perperlakuan.



Gambar 1. Perkembangan persentase perkecambahan jagung pada 2, 4, 6, 8, dan 10 HST

Gambar 1 memperlihatkan bagaimana sebagian besar perubahan persentase perkecambahan terjadi antara 2 dan 4 HST. Setelah 4 HST tidak ada penambahan jumlah kecambah pada semua perlakuan hingga hari terakhir pengamatan. Secara numerik berdasarkan grafik, P2P memiliki rerata perkecambahan awal tertinggi pada 2 HST, tetapi pola tersebut belum dapat dinyatakan sebagai percepatan perkecambahan yang signifikan karena tidak ada analisis waktu atau indeks kecepatan yang menjadi acuan perkecambahan. Sedangkan untuk perlakuan P1P memiliki nilai yang rendah diawal namun tidak diikuti penurunan persentase perkecambahan pada hari terakhir perlakuan.

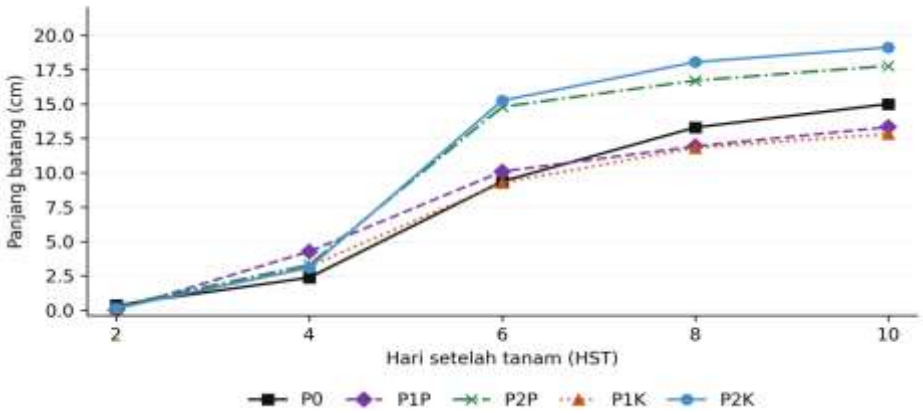
Dari hasil uji ANOVA persentase perkecambahan hari ke-10 tidak menunjukkan perbedaan nyata antarperlakuan ($F_{4,20}$ = 1,00; p = 0,4307; Tabel 2). Hasil ini tidak mendukung klaim bahwa inokulum meningkatkan persentase perkecambahan akhir dibandingkan kontrol. Tingginya perkecambahan kontrol membatasi ruang peningkatan pada parameter ini. Ketiadaan kecambah pada P1P di hari ke-2 juga tidak membuktikan terhambatnya pertumbuhan akhir, karena kelompok tersebut mencapai 100% pada hari ke-4. Hasil ini sejalan dengan laporan bahwa konsorsium yang mengandung *P. megaterium* tidak mengubah persentase perkecambahan jagung dibandingkan kontrol (Argentel-Martínez *et al*., 2025). Berdasarkan penelitian Nongthombam *et al*. (2021) penggunaan *Azotobacter* sebagai isolat memberikan efek stimulan yang membantu proses pertumbuhan tanaman.

Tabel 2. Hasil ANOVA parameter jagung pada hari ke-10

Parameter	F (4, 20)	Nilai p	Interpretasi
Perkecambahan	1,00	0,4307	Tidak berbeda nyata
Panjang batang	96,15	<0,0001	Berbeda nyata
Panjang akar	34,36	<0,0001	Berbeda nyata
Berat basah	30,98	<0,0001	Berbeda nyata
Berat kering	8,53	0,00035	Berbeda nyata

Panjang Batang dan Panjang Akar

Perkembangan panjang batang menunjukkan perubahan urutan rerata antarperlakuan sepanjang pengamatan (Gambar 2). Pada 4 HST, P1P memiliki rerata tertinggi secara numerik, yaitu 4,26 cm, diikuti P2P 3,29 cm, P1K 3,17 cm, P2K 3,08 cm, dan P0 2,37 cm. Pada 6 HST, P2K dan P2P mencapai sekitar 15,25 dan 14,80 cm, sedangkan P0, P1P, dan P1K berada pada 9,36; 10,09; dan 9,26 cm. Rerata P2K dan P2P tetap lebih tinggi daripada tiga perlakuan lain hingga 10 HST. Pola ini menunjukkan bahwa urutan rerata pada fase awal tidak langsung mencerminkan urutan hasil akhir.



Gambar 2. Perkembangan panjang batang kecambah jagung selama 2–10 HST

Dari hasil pengamatan kenaikan rerata panjang batang P2P dan P2K paling menonjol pada interval 4–6 HST. Kedua perlakuan tersebut selanjutnya tetap mengalami pemanjangan hingga 10 HST. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Escalante-Beltrán *et al*., 2025; Hindersah *et al*., 2018) yang melaporkan bahwa inokulasi *Priestia megaterium* pada jagung dan penggunaan *Azotobacter* dapat meningkatkan pertumbuhan, tinggi batang dan panjang akar dibandingkan kontrol. Sebaliknya, pada tinggi rerata P1P pada 4 HST tidak berlanjut sebagai keunggulan pada akhir pengamatan. Hasil ini menegaskan perlunya menilai respons aplikasi inokulum sepanjang fase pertumbuhan, sekaligus membedakan tren deskriptif antarwaktu dari perbedaan nyata pada titik akhir. Pengujian pengaruh waktu dan interaksi waktu dengan perlakuan memerlukan analisis pengukuran berulang yang mempertimbangkan bahwa pot yang sama diamati beberapa kali.

Perlakuan memengaruhi panjang batang dan panjang akar secara nyata (Tabel 2). P2K menghasilkan batang terpanjang, diikuti P2P, P0, P1P, dan P1K (Tabel 3). Hasil uji Tukey menunjukkan P2K, P2P, dan kontrol berada pada kelompok yang berbeda, sedangkan P1P dan P1K tidak berbeda nyata satu sama lain. Jika dibandingkan dengan kontrol, batang P2K meningkat 27,47% dan P2P meningkat 18,53%. Sebaliknya, batang P1P dan P1K masing-masing 11,20% dan 14,53% lebih pendek daripada kontrol.

Tabel 3. Perkecambahan dan pertumbuhan kecambah pada hari ke-10

Kode	Perkecambahan (%)	Panjang batang (cm)	Panjang akar (cm)	Berat basah (g)	Berat kering (g)
P0	100,00 ± 0,00 a	15,00 ± 0,64 c	12,58 ± 0,40 b	0,644 ± 0,029 bc	0,06430 ± 0,00521 a
P1P	100,00 ± 0,00 a	13,32 ± 0,61 d	11,76 ± 0,48 b	0,620 ± 0,045 bc	0,05585 ± 0,00361 b
P2P	100,00 ± 0,00 a	17,78 ± 0,81 b	14,82 ± 0,58 a	0,680 ± 0,055 b	0,05315 ± 0,00303 b
P1K	100,00 ± 0,00 a	12,82 ± 0,40 d	10,18 ± 0,57 c	0,596 ± 0,038 c	0,05588 ± 0,00554 b
P2K	95,00 ± 11,18 a	19,12 ± 0,62 a	12,30 ± 0,99 b	0,866 ± 0,046 a	0,06610 ± 0,00412 a

Keterangan: rerata±SD, n = 5 pot. Angka dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut Tukey HSD, α = 0,05.

Respons akar menunjukkan pola yang berbeda dari batang. P2P menghasilkan akar terpanjang, 14,82 cm atau 17,81% lebih Panjang jika dibandingkan dengan kontrol. Kelompok ini berbeda nyata dari seluruh perlakuan lainnya. Panjang akar P2K tidak berbeda nyata dari kontrol maupun P1P, sedangkan P1K menghasilkan akar terpendek dan berbeda nyata dari empat perlakuan lain. Karena itu, keunggulan P2K pada batang tidak dapat diperluas sebagai keunggulan pada semua organ tanaman. Respons akar yang beragam ini dapat berkaitan dengan sifat auksin yang bekerja dengan baik tergantung pada konsentrasi yang digunakan. Hasil penelitian oleh Zluhan-Martínez *et al*. (2021) menunjukan konsentrasi rendah dapat memacu pertumbuhan dan konsentrasi tinggi menghambat pertumbuhan akar primer. Dalam penelitian ini jumlah auksin yang diterima akar tidak diukur dalam, sehingga kaitan tersebut hanya merupakan kemungkinan.

Hasil tersebut sejalan dengan laporan Escalante-Beltrán *et al*. (2025) bahwa strain *P. megaterium* tertentu mampu memacu pertumbuhan jagung. Namun, penelitian ini menunjukkan respons yang bergantung pada kombinasi inokulum dan aplikasinya. Penelitian terdahulu menggunakan strain dan kondisi yang berbeda, sehingga kesesuaian arah respons tidak membuktikan kesamaan mekanisme. Perendaman pada kondisi percobaan ini juga tidak menunjukkan keunggulan dibandingkan kontrol untuk panjang batang.

Berat Basah dan Berat Kering

Dari hasil pengamatan P2K menghasilkan berat basah tertinggi, 0,866 g, dan berbeda nyata dari seluruh perlakuan lain. Peningkatannya terhadap kontrol sebesar 34,47%. Secara numerik hasil berat basah P2P lebih tinggi dari pada kontrol, tetapi tidak berbeda nyata. Pengelompokan uji Tukey juga menunjukkan bahwa P1P dan kontrol beririsan dengan kelompok P2P serta P1K.

Berat kering tertinggi secara numerik ditemukan pada P2K, tetapi tidak berbeda nyata dari kontrol. P0 dan P2K mempunyai berat kering lebih tinggi secara nyata daripada P1P, P2P, dan P1K. Tiga perlakuan terakhir tidak berbeda nyata satu sama lain. Peningkatan berat basah P2K tidak disertai bukti peningkatan berat kering terhadap kontrol. Demikian pula, pemanjangan batang dan akar pada P2P tidak disertai peningkatan berat kering.

Berat basah mencakup komponen air, sedangkan berat kering merepresentasikan massa setelah pengeringan. Perbedaan respons kedua parameter dapat berkaitan dengan kandungan air jaringan, pemanjangan sel, perkembangan organ, dan pemanfaatan cadangan biji Escalante-Beltrán *et al.* (2025) melaporkan peningkatan berat basah dan berat kering batang serta akar jagung pada percobaan rumah kaca dengan *P. megaterium* 53B2, sedangkan pada penelitian ini peningkatan berat kering tidak terlihat pada P2K. Perbedaan tersebut dapat berkaitan dengan perbedaan strain, lama percobaan, dan kondisi pemeliharaan.

SIMPULAN

Kombinasi inokulum dan metode aplikasi tidak berbeda nyata pada persentase perkecambahan akhir jagung, tetapi menghasilkan perbedaan panjang batang, panjang akar, berat basah, dan berat kering pada hari ke-10. Penyiraman isolat KF menghasilkan batang terpanjang dan berat basah tertinggi, sedangkan penyiraman *P. megaterium* menghasilkan akar terpanjang. Berat kering penyiraman KF tidak berbeda nyata dari kontrol. Perendaman benih menghasilkan batang lebih pendek daripada kontrol. Penyiraman media layak diprioritaskan untuk pengujian lanjutan sebagai pendekatan aplikasi kandidat inokulum pemacu pertumbuhan awal, setelah kepadatan sel, kontrol medium, serta konsistensi data dan metode penimbangan dipastikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pengampu mata kuliah Bioteknologi Pertanian dan Agroindustri atas bimbingan dan arahan selama penelitian ini berlangsung. Penulis juga berterima kasih kepada Laboratorium Biokimia, Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, atas fasilitas, alat, dan bahan yang disediakan, serta kepada laboran yang telah membantu pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Argentel-Martínez, L., Peñuelas-Rubio, O., López, L. P., & Moscoso, J. L. A. (2025). Enhancement of growth and physiological performance in maize hybrids through a dual consortium of native rhizobacterial strains. *Plant Growth Regulation*, *105*, 1559–1574. https://doi.org/ 10.1007/s10725-025-01354-y

Azizoglu, U., Martínez, L. A., Peñuelas-Rubio, O., & López, L. P. (2025). Native plant growth-promoting microorganisms (PGPMS) inoculation improves phenological stability and productivity in maize hybrids. *Journal of Plant Growth Regulation*, *43*(3), 1949–1961. https://doi.org/ 10.1007/s00344-025-11985-0

Biedendieck, R., Knuuti, T., Moore, S. J., & Jahn, D. (2021). The " beauty in the beast "— the multiple uses of *Priestia megaterium* in biotechnology. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *105*, 5719–5737. https://doi.org/10.1007/s00253-021-11424-6

Cardarelli, M., Woo, S. L., & Rouphael, Y. (2022). Seed treatments with microorganisms can have a biostimulant effect by influencing germination and seedling growth of crops. *Plants*, *11*(259), 1–14. https://doi.org/10.3390/plants11030259

Chai, Y. N., Futrell, S., & Schachtman, D. P. (2022). Assessment of bacterial inoculant delivery methods for cereal crops. *Frontiers in Microbiology*, *13*. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.791110

Escalante-Beltrán, A., Morales-Sandoval, P. H., González-Astorga, C. B., Amelia C. Montoya-Martínez, & Cubedo-Ruiz, E. A. (2025). Genomic insights and plant growth-promoting characterization of *Priestia megaterium* Strain 53B2 , isolated from maize- associated soil in the Yaqui Valley , Mexico. *Plants*, *14*(2081), 1–18. https://doi.org/10.3390/ plants14132081

Hindersah, R., Kalay, M., Talahaturuson, A., & Lakburlawal, Y. (2018). Bakteri pemfiksasi nitrogen azotobacter sebagai pupuk hayati dan pengendali penyakit pada tanaman kacang panjang. *Ilmu Pertanian*, *30*(21), 25–32. https://doi.org/10.24246/agric.2018.v30.i1.p25-32

Houida, S., Yakkou, L., Kaya, L. O., Bilen, S., & Fadil, M. (2022). Biopriming of maize seeds with plant growth-promoting bacteria isolated from the earthworm *Aporrectodea molleri* : effect on seed germination and seedling growth. *Letters in Applied Microbiology*, *75*(March), 61–69. https://doi.org/10.1111/lam.13693

Khianngam, S., Meetum, P., Chiangmai, P. N., & Khianngam, S. (2023). Identification and optimisation of indole-3-acetic acid production of endophytic bacteria and their effects on plant growth. *Tropikal Life Sciences Research*, *34*(1). https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1037109

Meitiniarti, V. I., Kasmiyati, S. R. I., Nugroho, R. A. D. I., & Krave, A. S. (2025). Identification and production of indole-3-acetic acid by bacteria isolated from eco-enzymes. *Biodiversitas*, *26*(1),

111–117. https://doi.org/10.13057/biodiv/d260112

Nongthombam, J., Kumar, A., Sharma, S., & Ahmed, S. (2021). Azotobacter : A complete review. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, *10*, 72–79.

Ocwa, A., Ssemugenze, B., & Harsányi, E. (2024). Seed treatment with Bacillus bacteria improves maize production : a narrative review. *Acta Agraria Debreceniensis*, *1*, 105–112. https://doi.org/10.34101/ACTAAGRAR/1/12043

Oliveira-Paiva, C. A. de, Bini, D., Sousa, S. M. de, & Ribeiro, V. P. (2024). Inoculation with *Bacillus megaterium* CNPMS B119 and *Bacillus subtilis* CNPMS B2084 improve P-acquisition and maize yield in Brazil. *Frontiers in Microbiology*, *15*, 1–13. https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1426166

Sun, X., Tian, X., Jia, M., & Hu, X. (2026). Phosphate-solubilizing bacteria : a review of diversity , mechanisms , and applications in sustainable agriculture. *Fronties in Microbiology*, *17*, 1–18. https://doi.org/10.3389/fmicb.2026.1778470

Yadav, A., Mudoi, K. D., Kumar, N., Geed, S. R., & Gogoi, P. (2022). Auxin biosynthesis by Microbacterium testaceum Y411 associated with orchid aerial roots and their efficacy in micropropagation. *Frontiers in Plant Science*, *13:*1037109. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1037109

Zluhan-Martínez, E., López-ruíz, B. A., García-gómez, M. L., Mambro, R. Di, Moreno-risueno, M. A., & Garay-arroyo, A. (2021). Integrative roles of phytohormones on cell proliferation , elongation and differentiation in the *Arabidopsis thaliana* primary root. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 1–20. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.659155