

APLIKASI BAKTERI FOTOSINTESIS DAN MIKORIZA TERHADAP PRODUKSI TANAMAN TOMAT (*Solanum lycopersicum* L.)*The Application of Photosynthetic Bacteria and Mycorrhiza on the Production of Gustav Variety Tomato Plants (*Solanum lycopersicum* L.)***Muh. Dzulkifly Ashan^{1*}, Kafrawi², Zahraeni Kumalawati³, Hidayati Nurkhasanah⁴, Irfan⁵, Muh. Ikbal⁶**^{1,2,3,5,6}Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan

Jalan Poros Makassar-Parepare Km 83, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, Provinsi Sulawesi Selatan, 90245, Indonesia

⁴ Balai Penerapan Modernisasi Pertanian, Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian Tanaman Serealia,

Jl. Dr. Ratulangi No. 274, Allepolea, Kecamatan Lau, Kabupaten Maros, 90512, Indonesia

^{1*)}ashankifly@polipangkep.ac.id**ABSTRAK**

Aktivitas pertanian saat ini mengedepankan pemanfaatan mikroorganisme lokal untuk membantu pertumbuhan tanaman melalui peningkatan ketersediaan unsur hara. Mikoriza dan bakteri fotosintesis berpotensi meningkatkan hasil fotosintat, namun informasi mengenai aplikasi kombinasi keduanya pada tanaman tomat masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh pemberian mikoriza dan bakteri fotosintesis secara tunggal maupun kombinasi terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman tomat. Rancangan yang digunakan adalah petak terpisah dengan petak utama berupa dosis bakteri fotosintesis (D0=0 mL/L, D1=10 mL/L, D2=20 mL/L) dan anak petak berupa dosis mikoriza (M0=0 g, M1=12 g, M2=24 g, M3=36 g per tanaman). Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, waktu berbuah, jumlah buah, bobot buah per tanaman, diameter buah, luas buah, dan volume akar. Hasil menunjukkan interaksi nyata pada sebagian besar parameter kecuali jumlah daun dan diameter batang yang hanya dipengaruhi faktor tunggal. Kombinasi D2M1 menghasilkan tinggi tanaman tertinggi (164,3 cm) dan waktu berbuah tercepat (43 hari). Bobot buah tertinggi (31,95 g) dan luas buah terbesar (17,15 mm²) diperoleh pada kombinasi D1M3, sedangkan jumlah buah terbanyak (15,33 buah) dicapai D1M2 namun dengan bobot buah terendah (18,43 g) akibat kompetisi karbon. Diameter buah terbaik diperoleh dari mikoriza tunggal M1 atau M3 tanpa bakteri fotosintesis. Volume akar tertinggi (34,33 m³) dicapai D0M3. Rekomendasi utama budidaya tomat untuk bobot buah maksimal adalah D1M3 (bakteri fotosintesis 10 mL/L + mikoriza 36 g/tanaman); untuk panen cepat dapat digunakan D2M1; serta hindari D1M2 karena berpotensi adanya efek antagonis.

Kata kunci: bakteri fotosintesis, mikoriza, tomat, pertumbuhan, produksi, interaksi**ABSTRACT**

Current agricultural activities prioritize the utilization of local microorganisms to support plant growth by enhancing nutrient availability. Mycorrhiza and photosynthetic bacteria have the potential to increase photosynthate yield; however, information regarding the combined application of both on tomato plants remains limited. This study aimed to analyze the effects of mycorrhiza and photosynthetic bacteria, applied singly or in combination, on the growth and production of tomato plants. A split-plot design was employed, with the main plot consisting of photosynthetic bacteria doses (D0 = 0 mL/L, D1 = 10 mL/L, D2 = 20 mL/L) and the subplot consisting of mycorrhiza doses (M0 = 0 g, M1 = 12 g, M2 = 24 g, M3 = 36 g per plant). The parameters observed included plant height, leaf number, stem diameter, fruiting time, fruit number, fruit weight per plant, fruit diameter, fruit area, and root volume. The results showed significant interactions in most parameters, except for leaf number and stem diameter, which were affected only by single factors. The D2M1 combination produced the highest plant height (164.3 cm) and the earliest fruiting time (43 days). The highest fruit weight (31.95 g) and largest fruit area (17.15 mm²) were obtained from the D1M3 combination, while the highest fruit number (15.33 fruits) was achieved by D1M2, but with the lowest fruit weight (18.43 g) due to carbon competition. The best fruit diameter was obtained from mycorrhiza alone (M1 or M3) without photosynthetic bacteria. The highest root volume (34.33 m³) was achieved by D0M3. The primary recommendation for maximizing fruit weight in tomato cultivation is D1M3 (10 mL/L photosynthetic bacteria + 36 g/plant mycorrhiza). For early harvest, D2M1 can be used; however, D1M2 should be avoided due to its potential antagonistic effect.

Keywords: photosynthetic bacteria, mycorrhiza, tomato, growth, production, interaction

PENDAHULUAN

Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi serta menjadi salah satu sumber gizi penting di berbagai negara, termasuk Indonesia dengan total produksi dari 2020 sampai 2024 secara berurutan (juta ton) adalah 1,08, 1,11, 1,16, 1,14 dan 1,15 (Badan Pusat Statistik, 2022). Kebutuhan tomat terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan permintaan pasar terhadap sayuran berkualitas, baik untuk konsumsi segar maupun industri olahan (FAO, 2021). Namun, produktivitas tanaman tomat seringkali dibatasi oleh ketersediaan hara di dalam tanah, serangan hama dan penyakit, serta degradasi fisik dan biologis tanah akibat penggunaan input kimia yang berlebihan (Zulhatta dan Irawati, 2023). Oleh karena itu, pengembangan praktik budidaya yang ramah lingkungan dan berkelanjutan menjadi sangat penting untuk meningkatkan produksi tanaman tomat secara efektif dan efisien.

Salah satu pendekatan agronomi berkelanjutan adalah pemanfaatan mikroorganisme yang menguntungkan tanaman, seperti bakteri fotosintesis (BF) dan jamur mikoriza arbuskular (AMF). BF merupakan mikroba yang berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui produksi hormon tumbuh, enzim, serta ketersediaan unsur hara yang

mendukung metabolisme tanaman (Hsu *et al.*, 2021). Penelitian lokal menunjukkan bahwa aplikasi pupuk hayati yang mengandung bakteri fotosintesis dapat memengaruhi pertumbuhan vegetatif dan produksi tanaman tomat, terutama pada kondisi tanah yang kurang subur akibat penggunaan pupuk kimia berlebihan (Zulhatta dan Irawati, 2023). Meskipun demikian, kajian ilmiah tentang mekanisme dan efektivitas spesifik BF terhadap produksi buah tomat masih memerlukan penelitian lebih lanjut pada konteks kondisi ekosistem di suatu daerah.

Selain itu, AMF membentuk hubungan simbiotik mutualistik dengan akar tanaman, mampu meningkatkan serapan air dan unsur hara terutama fosfor (P) dalam sistem pertanian tropis (Felföldi *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2023). Inokulasi AMF pada tanaman tomat telah terbukti meningkatkan pertumbuhan vegetatif, efisiensi fotosintesis, serta hasil buah pada berbagai genotipe tomat melalui peningkatan kolonisasi akar dan absorpsi nutrisi dibandingkan kontrol tanpa mikoriza (Felföldi *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2023). Penelitian terbaru dalam skala rumah kaca menunjukkan bahwa penggunaan inokulum AMF yang tepat dapat meningkatkan persentase akar yang terkolonisasi serta kinerja fisiologis tanaman, yang pada akhirnya berdampak pada produktivitas

tanaman secara keseluruhan (Wahab *et al.*, 2023).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa keberadaan bakteri fotosintesis di rizosfer dapat meningkatkan efektivitas kolonisasi mikoriza dengan menciptakan lingkungan mikro yang lebih stabil dan kaya nutrisi, sehingga terjadi hubungan sinergis antara kedua mikroorganisme tersebut (Savastano & Bais, 2024). Sinergi ini berdampak pada peningkatan efisiensi fotosintesis tanaman, keseimbangan metabolisme hara, serta ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan, yang pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan pertumbuhan vegetatif dan hasil buah tomat secara signifikan (Lee & Chiang, 2022). Oleh karena itu, integrasi aplikasi mikoriza dan bakteri fotosintesis menjadi pendekatan potensial dalam sistem budidaya tomat berkelanjutan yang bertujuan meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga kesehatan tanah.

Kombinasi aplikasi bakteri fotosintesis dan mikoriza berpotensi menciptakan interaksi sinergis yang meningkatkan ketersediaan nutrisi sekaligus memperkuat kemampuan adaptatif tanaman terhadap cekaman lingkungan (Sundar *et al.*, 2024). Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk mengevaluasi pengaruh aplikasi bakteri fotosintesis dan mikoriza terhadap pertumbuhan, efisiensi fisiologis, dan

produksi buah tomat (*Solanum lycopersicum*), sehingga dapat memberikan rekomendasi teknologi budidaya yang lebih produktif dan berkelanjutan untuk mendukung kebutuhan pangan di masa depan.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan kegiatan budidaya tanaman tomat serta aplikasi perlakuan dilaksanakan di Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan. Kegiatan ini dimulai dari bulan Mei 2025 sampai bulan Januari 2026.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan diantaranya baskom, sprayer, saringan, sendok, corong, timbangan analitik, timbangan digital, gelas ukur, cangkul, sekop tangan. Bahan yang digunakan diantaranya bibit tanaman tomat Gustav dengan merk panah merah, bakteri fotosintesis dalam sediaan siap pakai, mikroba mikoriza siap pakai dalam bentuk sediaan telah bercampur dengan zeolit, kompos, ajir, tali tambang plastik, trai semai, bubuk kedelai, penyedap rasa, air bersih.

Rancangan Percobaan

Pelaksanaan kegiatan ini dilakukan dengan rancangan petak terpisah (RPT), terdapat petak utama (PU) dan anak petak (AP). PU adalah faktor pemberian bakteri fotosintesis dalam tiga taraf yaitu tanpa bakteri fotosintesis (D0), dosis 10 mL/L (D1) dan dosis 20 mL/L (D2). Kemudian

AP yaitu faktor mikoriza dengan tiga taraf yaitu tanpa mikoriza (M0), dosis mikoriza 12 g/tanaman (M1), dosis mikoriza 24 g/tanaman (M2) dan dosis mikoriza 36 g/tanaman (M3). Berdasarkan hal tersebut, sebanyak tiga PU dengan taraf yang berbeda dan di dalamnya terdapat pula empat AP dengan perlakuan berbeda dan tiga ulangan, sehingga total unit percobaan berjumlah 36 unit percobaan (*polybag*).

Parameter pengamatan secara agronomi meliputi 1) tinggi tanaman (cm) diamati dari pangkal tanaman hingga ujung daun tanaman dan saat memasuki masa panen di akhir pengamatan, 2) jumlah daun (helai) diamati menghitung jumlah daun saat akhir pengamatan, 3) diameter batang (mm) diukur dengan jangka sorong digital pada pangkal tanaman di akhir pengamatan, 4) waktu berbuah (hari) diukur mulai awal pindah semai hingga saat tanaman mulai muncul bakal buah, 5) jumlah buah per tanaman (buah) diukur saat akhir pengamatan per pohon unit, bobot buah per tanaman (g) diukur dengan melihat bobot tanaman dengan timbangan digital, diameter buah (mm) diukur saat akhir pengamatan dengan jangka sorong digital, luas buah (mm^2) diukur saat akhir pengamatan, volume akar (m^3) diukur saat akhir pengamatan dengan teknik perendaman akar dan dihitung volume kenaikan air dalam bejana terukur (Zulhatta dan Irawati, 2023). Metode pengolahan data

dengan aplikasi *Statistical Tool for Agricultural Research* (STAR) versi 2.0.1. Analisis data dilakukan dengan uji sidik ragam (ANOVA), jika data signifikan maka dilanjutkan dengan uji Duncan (DMRT) tingkat kepercayaan 95% (Rahmawati, 2025).

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terdiri dari tiga tahapan utama yaitu tahap persiapan mikroba mikoriza, persiapan bakteri fotosintesis dan tahap budidaya tanaman tomat.

a. Tahap persiapan mikoriza

Tahap persiapan cendawan mikoriza mengikuti prosedur Samsi *et al.*, (2017) yang telah dimodifikasi. Kegiatan pengambilan sampel tanah dilakukan pada beberapa lokasi yang telah ditetapkan yaitu bertempat di lahan pertanaman cabai milik petani di Kab. Bone. Tanah diambil sebanyak 1 kg dan disimpan dengan wadah plastik untuk dibawa ke laboratorium. Selanjutnya tahap isolasi spora, yaitu mengambil spora mikoriza dari sampel tanah dengan metode sentrifugasi dengan melarutkan sebanyak 100 g dalam 1 L air, kemudian dilakukan penyaringan atau filtrasi bertingkat yaitu 250, 100, dan 45 microns. Supernatan hasil saringan disentrifuse untuk memisahkan spora dengan material lainnya, kemudian dilakukan identifikasi spora dengan melihat penampakan spora yang dihasilkan

dengan menggunakan mikroskop (penampakan secara deskriptif) dan pengujian dengan *Polivinil-Lacto-Glycerol* (PVLG) dan melzer untuk identifikasi morfologinya, Kemudian spora yang terpilih dilakukan perbanyakan spora dan peremajaan di cawan petri sampai jumlah yang diinginkan tercukupi, Kemudian diinokulasi ke dalam tanah agar terjadi simbiosis dengan akar dan tanaman, Selanjutnya adalah verifikasi dan pengamatan dengan melihat respon pertumbuhan tanaman dengan pemberian beberapa dosis mikoriza spesifik lokasi. Kemudian aplikasi mikoriza spesifik lokasi (Faktor A) dilakukan pada lokasi penanaman tomat.

b. Tahap persiapan bakteri fotosintesis

Tahap pembuatan bakteri fotosintesis sebagai berikut: Sebanyak 15 g bubuk kedelai dan dicampur dengan 15 g penyedap rasa. Campuran diaduk hingga larut dan tercampur rata dalam 5 L air, kemudian air sebanyak 10 L dimasukkan ke dalam galon kapasitas 15 L, kemudian Bahan campuran sebanyak 5 L yang telah dibuat, dimasukkan ke dalam galon. Sehingga total volumenya adalah 15 L, botol selanjutnya ditutup rapat dan tidak ada udara yang masuk, lalu botol dikocok dan didiamkan selama dua minggu hingga membentuk bakteri fotosintesis, bakteri selanjutnya dijemur di bawah sinar matahari selama tiga sampai lima minggu

sambil dikocok setiap dua hari sekali. Proses penjemuran ini akan membentuk bakteri fotosintesis dalam botol tersebut, aplikasi bakteri fotosintetik (Faktor B) dilakukan pada pagi hari berkisar pukul 09.00 hingga 10.00. Pemberian dilakukan dengan cara disemprot pada permukaan daun tanaman tomat dengan bantuan mesin pompa kabut. Kegiatan ini disemprotkan setiap dua kali seminggu sebanyak 1 L larutan dengan dosis bakteri pada percobaan penelitian.

c. Budidaya tanaman tomat

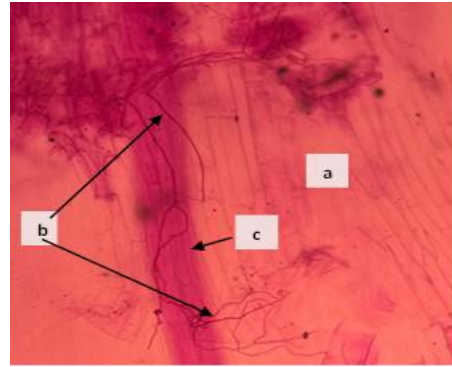
Budidaya tanaman tomat dilakukan dengan menyiapkan bedengan atau guludan dengan ukuran panjang x lebar yaitu 6 m x 0,5 dan jarak tanam antar tanaman tomat adalah 0,5 m. Sehingga dalam satu bedengan dapat ditanam sebanyak 12 tanaman tomat. Tanah yang digunakan adalah tanah demplot milik masyarakat yang umum digunakan, selain itu diberikan kompos dalam jumlah dan takaran yang sama pada seluruh bedengan. Setiap lubang tanam diberikan mikoriza sebanyak perlakuan yang telah ditetapkan dan dibenamkan ke dalam tanah, selanjutnya penyangga tanaman dipasang untuk menopang tubuh tanaman tomat. Penyemaian tanaman dilakukan dengan trai semai selama 1 minggu, selanjutnya dipindahkan ke lahan/bedengan dengan kedalaman lubang tanam mencapai 3-5 cm dari permukaan tanah. Penyiraman dan

perawatan tanaman tomat saat masa pertumbuhan vegetatif dapat dilakukan satu kali sehari yaitu pada pagi hari, namun saat memasuki fase generatif perlu dilakukan penyiraman sebanyak dua kali sehari untuk mencukupi kebutuhan tanaman. Perawatan dilakukan dengan membersihkan gulma yang tumbuh di sekitar pertanaman dan memberikan pestisida nabati untuk mengurangi resiko terkena hama dan penyakit. Kegiatan panen dimulai ketika buah tomat mulai terlihat berwarna merah, rasa yang manis, tekstur yang empuk saat ditekan dan tangkai tomat mudah terlepas dari tanaman menjadi tanda buah tomat dan siap untuk dipanen, biasanya berumur 60 sampai 70 hari setelah tanam. Penanganan pascapanen dapat dilakukan dengan membersihkan buah tomat dari kotoran, kemudian disimpan dalam wadah dan dimasukkan ke lemari pendingin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan hasil penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut. a) Proses persiapan jamur mikoriza arbuskular di lokasi petani telah diambil untuk diperbanyak terlebih dahulu di laboratorium dan diinokulasi ke tanaman tomat. Hasil isolat disajikan secara pengamatan mikroskopis pada Gambar 1. b) Bakteri fotosintesis disiapkan dari bahan stok hasil kultivasi (siap pakai) yang dilanjutkan dengan proses memperbanyak (Gambar 2).



Gambar 1. Penampang akar tanaman tomat. a) Penampang akar menunjukkan Infeksi mikoriza dalam jaringan korteks akar, b) Hifa, c) dan Jaringan Pembuluh.



Gambar 2. Proses memperbanyak bakteri fotosintesis (*Rhodospirillum rubrum*)

c) Budidaya tanaman tomat tentu membutuhkan parameter pendukung dalam menentukan pengaruh faktor yang diberikan. Analisis sidik ragam menunjukkan signifikansi parameter di setiap perlakuan. Parameter tinggi tanaman (cm), waktu berbuah (hari), jumlah buah (buah), bobot buah (g), luas buah (mm^2), dan volume akar (m^3) menunjukkan adanya interaksi perlakuan. Faktor tunggal pemberian bakteri fotosintesis signifikan pada parameter diameter batang sedangkan faktor tunggal pemberian mikoriza terdapat pada parameter jumlah daun dan diameter buah (Tabel 1 sampai Tabel 9).

Tabel 1. Uji beda nyata parameter tinggi tanaman dengan tingkat kepercayaan 95%.

Faktor PU (D)	Faktor AP (M)				Rataan	NP DMRT
	M ₀	M ₁	M ₂	M ₃		
D ₀	140 ^{ab} _x	154 ^a _x	136,7 ^{ab} _x	140 ^a _x	142,7	
D ₁	128,67 ^b _y	156,3 ^a _x	150 ^a _x	154,3 ^a _x	147,3	17,614 (2)
D ₂	150,3 ^a _{xy}	164,3 ^a _x	122,3 ^b _z	143 ^a _y	145	18,48 (3)
Rataan	139,7	158,2	136,3	145,8		
NP DMRT	16,69 (2)	17,51 (3)	18,03 (3)			

Sumber: Data primer setelah diolah, (2025).

Keterangan: PU (D): Petak utama (Dosis bakteri fotosintesis); D₀: tanpa bakteri fotosintesis; D₁: dosis 10 mL/L; D₂: dosis 20 mL/L. AP (M): anak petak (Mikoriza); M₀: tanpa mikoriza (M0), M₁: dosis mikoriza 12 g/tanaman; M₂: dosis mikoriza 24 g/tanaman; M₃: dosis mikoriza 36 g/tanaman. Perlakuan D0: Huruf yang sama dalam baris atau kolom menunjukkan kombinasi perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata.

Tabel 2. Uji beda nyata parameter jumlah daun (helai) dengan tingkat kepercayaan 95%.

Faktor PU (D)	Faktor AP (M)				Rataan
	M ₀	M ₁	M ₂	M ₃	
D ₀	15,3	16	16,7	14,3	15,8
D ₁	14,7	14,7	17	13,7	14,7
D ₂	14	12	14,3	13,3	13,8
Rataan	14,67 ^{ab}	14,2 ^b	16 ^a	13,7 ^b	
NP DMRT	1,57 (2)	1,65 (3)	1,70 (3)		

Sumber: Data primer setelah diolah, (2025).

Keterangan: PU (D): Petak utama (Dosis bakteri fotosintesis); D₀: tanpa bakteri fotosintesis; D₁: dosis 10 mL/L; D₂: dosis 20 mL/L. AP (M): anak petak (Mikoriza); M₀: tanpa mikoriza (M0), M₁: dosis mikoriza 12 g/tanaman; M₂: dosis mikoriza 24 g/tanaman; M₃: dosis mikoriza 36 g/tanaman. Perlakuan D0: Huruf yang sama dalam baris atau kolom menunjukkan kombinasi perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata.

Tabel 3. Uji beda nyata parameter diameter batang (mm) dengan tingkat kepercayaan 95%.

Faktor PU (D)	Faktor AP (M)				Rataan	NP DMRT
	M ₀	M ₁	M ₂	M ₃		
D ₀	8,2	9,67	8,23	8,47	8,64 ^a	
D ₁	8,23	8,23	7,47	8,83	8,19 ^b	0,31 (2)
D ₂	8,93	8,63	8,67	8,77	8,75 ^a	0,32 (3)
Rataan	8,46	8,84	8,12	8,69		

Sumber: Data primer setelah diolah, (2025).

Keterangan: PU (D): Petak utama (Dosis bakteri fotosintesis); D₀: tanpa bakteri fotosintesis; D₁: dosis 10 mL/L; D₂: dosis 20 mL/L. AP (M): anak petak (Mikoriza); M₀: tanpa mikoriza (M0), M₁: dosis mikoriza 12 g/tanaman; M₂: dosis mikoriza 24 g/tanaman; M₃: dosis mikoriza 36 g/tanaman. Perlakuan D0: Huruf yang sama dalam baris atau kolom menunjukkan kombinasi perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata.

Tabel 4. Uji beda nyata parameter waktu berbuah (hari) dengan tingkat kepercayaan 95%.

Faktor PU (D)	Faktor AP (M)				Rataan	NP DMRT
	M ₀	M ₁	M ₂	M ₃		
D ₀	46,3 ^b _x	46,3 ^b _x	49 ^a _x	48 ^a _x	47,4	
D ₁	48,3 ^{ab} _y	55,3 ^a _x	52,3 ^a _y	52,67 ^a _y	52,2	5,62 (2)
D ₂	53,67 ^a _x	43 ^b _y	51 ^a _x	48,67 ^a _y	49,08	5,91 (3)
Rataan	49,4	48,2	50,7	49,8		
NP DMRT		5,97 (2)	6,27 (3)	6,45 (4)		

Sumber: Data primer setelah diolah, (2025).

Keterangan: PU (D): Petak utama (Dosis bakteri fotosintesis); D₀: tanpa bakteri fotosintesis; D₁: dosis 10 mL/L; D₂: dosis 20 mL/L. AP (M): anak petak (Mikoriza); M₀: tanpa mikoriza (M0), M₁: dosis mikoriza 12 g/tanaman; M₂: dosis mikoriza 24 g/tanaman; M₃: dosis mikoriza 36 g/tanaman. Perlakuan D0: Huruf yang sama dalam baris atau kolom menunjukkan kombinasi perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata.

Tabel 5. Uji beda nyata parameter jumlah buah (buah) dengan tingkat kepercayaan 95%.

Faktor PU (D)	Faktor AP (M)				Rataan	NP DMRT
	M ₀	M ₁	M ₂	M ₃		
D ₀	14 _x ^a	14 _x ^a	10,33 _x ^a	12,67 _x ^a	12,75	
D ₁	7 _y ^b	7,6 _y ^b	15,33 _x ^a	6,67 _y ^b	9,17	4,99 (2)
D ₂	10,67 _x ^{ab}	11,3 _x ^{ab}	10,67 _x ^a	13 _x ^a	11,42	5,24 (3)
Rataan	10,56	11	12,11	10,78		
NP DMRT		4,63 (2)	4,85 (3)	4,99 (4)		

Sumber: Data primer setelah diolah, (2025).

Keterangan: PU (D): Petak utama (Dosis bakteri fotosintesis); D₀: tanpa bakteri fotosintesis; D₁: dosis 10 mL/L; D₂: dosis 20 mL/L. AP (M): anak petak (Mikoriza); M₀: tanpa mikoriza (M0), M₁: dosis mikoriza 12 g/tanaman; M₂: dosis mikoriza 24 g/tanaman; M₃: dosis mikoriza 36 g/tanaman. Perlakuan D0: Huruf yang sama dalam baris atau kolom menunjukkan kombinasi perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata.

Tabel 6. Uji beda nyata parameter bobot buah per tanaman (g) dengan tingkat kepercayaan 95%.

Faktor PU (D)	Faktor AP (M)				Rataan	NP DMRT
	M ₀	M ₁	M ₂	M ₃		
D ₀	18,64 _y ^b	27,58 _x ^a	29,68 _x ^a	26,56 _x ^a	25,62	
D ₁	30,09 _x ^a	28,95 _x ^a	18,43 _y ^b	31,95 _x ^a	27,35	8,56 (2)
D ₂	25,13 _x ^{ab}	24,55 _x ^a	25,56 _x ^{ab}	26,29 _x ^a	25,38	8,96 (3)
Rataan	24,62	27,03	24,56	28,27		
NP DMRT		6,48 (2)	6,80 (3)	7,0 (4)		

Sumber: Data primer setelah diolah, (2025).

Keterangan: PU (D): Petak utama (Dosis bakteri fotosintesis); D₀: tanpa bakteri fotosintesis; D₁: dosis 10 mL/L; D₂: dosis 20 mL/L. AP (M): anak petak (Mikoriza); M₀: tanpa mikoriza (M0), M₁: dosis mikoriza 12 g/tanaman; M₂: dosis mikoriza 24 g/tanaman; M₃: dosis mikoriza 36 g/tanaman. Perlakuan D0: Huruf yang sama dalam baris atau kolom menunjukkan kombinasi perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata.

Tabel 7. Uji beda nyata parameter diameter buah (mm) dengan tingkat kepercayaan 95%.

Faktor PU (D)	Faktor AP (M)				Rataan
	M ₀	M ₁	M ₂	M ₃	
D ₀	31,17	36,53	38,13	36,27	35,52
D ₁	37,23	38,26	34,79	39,40	37,42
D ₂	31,67	34,34	35,20	36,84	34,51
Rataan	33,36 ^b	36,38 ^a	36,04 ^{ab}	37,50 ^a	
NP DMRT		2,80 (2)	2,94 (3)	3,03 (4)	

Sumber: Data primer setelah diolah, (2025).

Keterangan: PU (D): Petak utama (Dosis bakteri fotosintesis); D₀: tanpa bakteri fotosintesis; D₁: dosis 10 mL/L; D₂: dosis 20 mL/L. AP (M): anak petak (Mikoriza); M₀: tanpa mikoriza (M0), M₁: dosis mikoriza 12 g/tanaman; M₂: dosis mikoriza 24 g/tanaman; M₃: dosis mikoriza 36 g/tanaman. Perlakuan D0: Huruf yang sama dalam baris atau kolom menunjukkan kombinasi perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata.

Tabel 8. Uji beda nyata parameter luas buah (mm²) dengan tingkat kepercayaan 95%.

Faktor PU (D)	Faktor AP (M)				Rataan	NP DMRT
	M ₀	M ₁	M ₂	M ₃		
D ₀	11,13 _x ^b	14,64 _x ^a	15,92 _x ^a	14,28 _x ^a	13,99	
D ₁	15,57 _y ^a	16,11 _x ^a	13,19 _y ^a	17,15 _x ^a	15,51	2,95 (2)
D ₂	12,82 _y ^a	13,13 _x ^a	13,60 _x ^a	14,87 _x ^a	13,61	3,10 (3)
Rataan	13,17	14,63	14,24	15,43		
NP DMRT		2,87 (2)	3,0 (3)	3,10 (4)		

Sumber: Data primer setelah diolah, (2025).

Keterangan: PU (D): Petak utama (Dosis bakteri fotosintesis); D₀: tanpa bakteri fotosintesis; D₁: dosis 10 mL/L; D₂: dosis 20 mL/L. AP (M): anak petak (Mikoriza); M₀: tanpa mikoriza (M0), M₁: dosis mikoriza 12 g/tanaman; M₂: dosis mikoriza 24 g/tanaman; M₃: dosis mikoriza 36 g/tanaman. Perlakuan D0: Huruf yang sama dalam baris atau kolom menunjukkan kombinasi perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata.

Tabel 9. Uji beda nyata parameter volume akar (m³) dengan tingkat kepercayaan 95%.

Faktor PU (D)	Faktor AP (M)				Rataan	NP DMRT
	M ₀	M ₁	M ₂	M ₃		
D ₀	21,67 ^{b_y}	27,33 ^{a_{xy}}	33 ^{a_x}	34,33 ^{a_x}	29,08	
D ₁	34,67 ^{a_x}	24,33 ^{ab_y}	18,33 ^{b_y}	21,67 ^{b_y}	24,75	8,14 (2)
D ₂	22,33 ^{b_x}	18 ^{b_x}	16,67 ^{b_x}	20,67 ^{b_x}	19,41	8,54 (3)
Rataan	26,22	23,22	22,67	25,56		
NP DMRT		7,80 (2)	8,19 (3)	8,44 (4)		

Sumber: Data primer setelah diolah, (2025).

Keterangan: PU (D): Petak utama (Dosis bakteri fotosintesis); D₀: tanpa bakteri fotosintesis; D₁: dosis 10 mL/L; D₂: dosis 20 mL/L. AP (M): anak petak (Mikoriza); M₀: tanpa mikoriza (M0), M₁: dosis mikoriza 12 g/tanaman; M₂: dosis mikoriza 24 g/tanaman; M₃: dosis mikoriza 36 g/tanaman. Perlakuan D0: Huruf yang sama dalam baris atau kolom menunjukkan kombinasi perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata.

Tabel 1 menunjukkan interaksi nyata antara faktor PU dan AP terhadap tinggi tanaman. Kombinasi D2M1 menghasilkan nilai tertinggi yaitu sebesar 164,3 cm, sedangkan D2M2 terendah yaitu sebesar 122,3 cm akibat antagonisme pada dosis tinggi (Savastano dan Bais, 2024). Bakteri fotosintesis sendiri (D2M0) menunjukkan tinggi tanaman sebesar 150,3 cm, lebih baik daripada D0M0 (sebesar 140 cm) dan D1M0 (sebesar 128,67 cm) karena produksi auksin dan 5-ALA (Hsu *et al.*, 2021; Lee dan Chiang, 2022). Pada dosis mikoriza sedang–tinggi (M2–M3), D1 lebih unggul karena kompatibilitas karbon. Rekomendasi terbaik untuk memaksimalkan tinggi tanaman adalah D2M1 (González-Mancilla *et al.*, 2024; Sundar *et al.*, 2024).

Interaksi antara bakteri fotosintesis dan mikoriza pada parameter tidak signifikan terhadap jumlah daun (Tabel 2). Namun,

faktor tunggal mikoriza berpengaruh nyata, di mana nilai rata-rata jumlah daun tertinggi terdapat pada perlakuan M2 yaitu sebesar 16 helai, berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Perlakuan terendah adalah M1 dan M3 masing-masing sebesar 14,2 helai dan 13,7 helai. Hal ini mengindikasikan bahwa mikoriza dosis 24 g/tanaman (M2) paling optimal dalam meningkatkan jumlah daun, sementara dosis 12 g (M1) dan 36 g (M3) justru lebih rendah.

Berdasarkan Tabel 3, uji DMRT menunjukkan bahwa faktor tunggal bakteri fotosintesis (PU) berpengaruh nyata terhadap diameter batang, sedangkan faktor mikoriza (AP) dan interaksinya tidak memberikan pengaruh nyata. Pada nilai rata-rata PU, perlakuan D0 dan D2 menjadi yang terbaik dengan nilai 8,64 mm dan 8,75 mm. Hasil ini berbeda nyata dengan D1 dengan nilai 8,19 mm. Artinya, tanpa

bakteri (D0) maupun dosis 20 mL/L (D2) menghasilkan diameter batang yang sama baiknya, sementara dosis 10 mL/L (D1) justru menekan diameter batang. Hal ini mengindikasikan bahwa bakteri fotosintesis dosis 10 mL/L terdapat potensi menginduksi alokasi karbon ke tajuk atau akar yang berbeda, serta kompetisi nutrisi pada fase awal pertumbuhan batang (Hsu *et al.*, 2021; Lee & Chiang, 2022; Sundar *et al.*, 2024).

Nilai interaksi nyata terdapat pada parameter waktu berbuah (Tabel 4) dengan kombinasi D1M1 menghasilkan waktu berbuah terlama yaitu sebesar 55,3 hari (notasi a_x). Perlakuan ini berbeda nyata dengan D0M0 dan D0M1 (masing-masing 46,3 hari). Penundaan hingga sembilan hari ini diduga akibat peningkatan auksin endogen yang menghambat transisi ke fase reproduktif (Guerra *et al.*, 2023), serta modulasi sinyal hormon oleh mikoriza (Wang *et al.*, 2024). Sebaliknya, kombinasi D2M1 menghasilkan waktu berbuah tercepat yaitu sebesar 43 hari (notasi b_y), lebih cepat dibanding D2M0 (53,67 hari). Percepatan ini terkait peningkatan aktivitas fotosintesis dan produksi 5-ALA oleh *Rhodopseudomonas palustris* (Sundar *et al.*, 2024; Zhou *et al.*, 2025). Respons yang berlawanan ini menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan dapat bersifat sinergis atau antagonis tergantung keseimbangan dosis (Savastano & Bais, 2024).

Tabel 5 menunjukkan interaksi nyata antara bakteri fotosintesis dan mikoriza terhadap jumlah buah. Kombinasi D1M2 menghasilkan jumlah buah tertinggi yaitu sebesar 15,33 buah (a_x), sementara D1M0, D1M1, dan D1M3 terendah (7–7,6 buah, notasi b_y). Pada dosis bakteri 10 mL/L, mikoriza 24 g/tanaman bersifat sinergis meningkatkan jumlah buah, namun mikoriza dosis lain justru menekan (Lee & Chiang, 2022). Tanpa bakteri (D0) atau bakteri 20 mL/L (D2), mikoriza tidak berpengaruh nyata (Savastano & Bais, 2024). Peningkatan pada D1M2 didukung oleh peran mikoriza dalam serapan fosfor serta produksi 5-ALA dan auksin oleh bakteri sedangkan D1M3 menekan akibat kompetisi karbon berlebihan (Hsu *et al.*, 2021; Wahab *et al.*, 2023).

Tabel 6 menunjukkan interaksi nyata antara bakteri fotosintesis dan mikoriza terhadap bobot buah per tanaman. Kombinasi D1M3 menghasilkan bobot tertinggi yaitu sebesar 31,95 g (a_x), tidak berbeda nyata dengan D1M0 sebesar 30,09 g dan D1M1 sebesar 28,95 g. Sebaliknya, D1M2 memiliki nilai terendah yaitu sebesar 18,43 g (b_y) akibat adanya kompetisi karbon (Savastano & Bais, 2024). Pada taraf D0, mikoriza dosis 12 sampai 36 g meningkatkan bobot buah berkisar 26,56 sampai 29,68 g dibanding kontrol D0M0 sebesar 18,64 g. Pada D2, semua kombinasi seragam mulai dari 24 sampai 26 g. Sinergi

optimal pada D1M3 menunjukkan kombinasi PGPR dan AMF dapat meningkatkan bobot buah hingga 40% (González-Mancilla *et al.*, 2024; Sundar *et al.*, 2024; Wahab *et al.*, 2023)

Tabel 7 menunjukkan bahwa faktor tunggal mikoriza berpengaruh nyata terhadap diameter buah, sedangkan faktor tunggal bakteri fotosintesis dan interaksinya tidak nyata. Nilai rata-rata diameter buah terbaik terdapat pada M1 sebesar 36,38 mm dan M3 sebesar 37,50 mm, berbeda nyata dengan M0 sebesar 33,36 mm, sementara M2 sebesar 36,04 mm tidak berbeda nyata dengan ketiganya. Peningkatan diameter buah oleh mikoriza terkait dengan peningkatan serapan fosfor dan air yang mendukung pembelahan sel buah (Wahab *et al.*, 2023). Bakteri fotosintesis tidak berpengaruh, menunjukkan perannya lebih pada parameter vegetatif dan bobot buah (Lee & Chiang, 2022).

Tabel 8 menunjukkan interaksi nyata antara bakteri fotosintesis dan mikoriza terhadap luas buah. Kombinasi D1M3 sebesar 17,15 mm² dan D1M1 sebesar 16,11 mm² (a_x) tertinggi pada baris D1, lebih baik daripada D1M2 sebesar 13,19 mm² (a_y). Pada baris D0, D0M2 sebesar 15,92 mm² (a_x) tertinggi, sedangkan D0M0 sebesar 11,13 mm² (b_x) terendah. Pada kolom M2, D0M2 sebesar 15,92 mm² dan D2M2 sebesar 13,60 mm² sama-sama a_x, tetapi D1M2 sebesar 13,19 mm² berbeda (y),

mengindikasikan antagonisme pada kombinasi D1M2 (Savastano & Bais, 2024). Sebaliknya, pada kolom M3 semua perlakuan tidak berbeda nyata (x). Mikoriza meningkatkan luas buah via serapan fosfor dan air (Wahab *et al.*, 2023). Bakteri dosis 10 mL/L (D1) terbaik pada M1, M3, dan M0, namun hindari pada M2 karena efek antagonis (Lee & Chiang, 2022; Sundar *et al.*, 2024).

Interaksi nyata terjadi pada volume akar. Kombinasi D0M3 sebesar 34,33 m³ (a_x) dan D0M2 sebesar 33 m³ (a_x) tertinggi, berbeda nyata dengan D0M0 sebesar 21,67 m³ (b_y) dan D0M1 sebesar 27,33 m³ (a_{xy}). Pada D1, kombinasi D1M0 sebesar 34,67 m³ (a_x) unggul, sementara D1M2 hanya sebesar 18,33 m³ jika dibandingkan D1M3 21,67 m³, ini menunjukkan antagonisme pada D1M2. Pada D2, semua nilai terlihat rendah berkisar 16,67 m³ sampai 22,33 m³ dengan notasi b_x, artinya tanpa mikoriza atau dengan mikoriza sekalipun, bakteri dosis 20 mL/L menekan volume akar. Mikoriza dosis tinggi (M2, M3) efektif hanya jika tanpa bakteri (D0) atau dengan dosis bakteri rendah yaitu D1M0 tanpa mikoriza. Kolonisasi AMF memerlukan keseimbangan karbon; bakteri fotosintetik berlebih dapat menggeser alokasi karbon ke tajuk, menekan akar (Kumalawati *et al.*, 2025; Savastano & Bais, 2024).

Berdasarkan analisis sembilan parameter pertumbuhan dan hasil tomat,

interaksi antara bakteri fotosintesis (D) dan mikoriza (M) terbukti nyata pada sebagian besar parameter kecuali jumlah daun dan diameter batang yang hanya dipengaruhi faktor tunggal. Kombinasi D2M1 paling unggul untuk tinggi tanaman dan waktu berbuah tercepat, namun untuk hasil buah terbaik kombinasi D1M3 menghasilkan bobot buah tertinggi dan luas buah terbesar meskipun jumlah buahnya sedang. Sementara itu, D1M2 memberikan jumlah buah terbanyak tetapi bobot buahnya justru menjadi yang terendah akibat kompetisi karbon (antagonis). Untuk diameter buah, mikoriza tunggal M1 atau M3 sudah cukup tanpa pemberian bakteri fotosintesis. Volume akar tertinggi dicapai tanpa faktor bakteri fotosintesis yaitu D0M3. Dengan demikian, rekomendasi utama budidaya tomat untuk produksi bobot buah maksimal adalah D1M3 untuk panen cepat dapat digunakan D2M1 dan hindari D1M2 karena efek antagonis yang menekan bobot buah meskipun jumlah buah banyak.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, interaksi antara bakteri fotosintesis dan mikoriza berpengaruh nyata pada sebagian besar parameter pertumbuhan dan produksi tomat. Kombinasi perlakuan D1M3 direkomendasikan untuk budidaya tomat karena menghasilkan bobot buah tertinggi dan luas buah terbaik. Sementara itu,

kombinasi D2M1 cocok untuk percepatan panen karena mencapai waktu berbuah tercepat serta tinggi tanaman tertinggi. Sebaliknya, kombinasi D1M2 perlu dihindari karena bersifat antagonis: meskipun menghasilkan jumlah buah terbanyak, bobot buahnya justru terendah. Untuk diameter buah yang optimal, cukup gunakan mikoriza tunggal M1 atau M3 tanpa bakteri fotosintesis. Volume akar tertinggi dicapai tanpa bakteri dengan mikoriza dosis tinggi.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan pada berbagai varietas tomat dan kondisi lingkungan yang berbeda untuk validasi konsistensi hasil ini, serta disarankan uji ekonomi untuk membandingkan keuntungan antara perlakuan D1M3 dan D2M1 guna menentukan prioritas petani.

DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. (2022). *Statistik Hortikultura 2021*. BPS.go.Id.
- Felföldi, Z., Vidican, R., Stoian, V., Roman, I. A., Sestras, A. F., & Sestras, R. E. (2022). Arbuscular mycorrhizal fungi and fertilization influence yield, growth and root colonization of different tomato Genotype. *Plants*, 11(1743), 1–24.
- Food and Agriculture Organization. (2021). *Tomato production worldwide*. FAO Knowledge Repository.
- González-Mancilla, A., Almaraz-Suárez, J. J., Ferrera-Cerrato, R., Rodríguez-Guzmán, M. del P., & Taboada-Gaytán, O. R. (2024). Current research in microbial sciences photosynthetic activity and growth of poblano pepper biofertilized with plant growth promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi

- Apolinar Gonz a a. *Current Research in Microbial Sciences*, 7, 8. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2024.100269>
- Guerra, M. P., Valero, N. V., & Ramírez, C. A. (2023). Total auxin level in the soil – plant system as a modulating factor for the effectiveness of PGPR inocula : a review. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 10(6), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s40538-022-00370-8>
- Hsu, S., Shen, M., Chen, J., Lur, H., & Liu, C. (2021). The photosynthetic bacterium *Rhodopseudomonas palustris* strain PS3 Exerts Plant Growth-Promoting Effects by stimulating nitrogen uptake and elevating auxin levels in expanding leaves. *Front. Plant Sci*, 12, 1–18. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.573634>
- Kumalawati, Z., Tahang, J., & Nontji, M. (2025). Application of arbuscular mycorrhizal fungi on several types of phytoremediation plants to reduce lead (Pb) contaminants in rice fields. *Journal of Tropical Mycorrhiza*, 4(1), 1–8.
- Lee, S., & Chiang, M. (2022). A photosynthetic bacterial inoculant exerts beneficial effects on the yield and quality of tomato and affects bacterial community structure in an organic field. *Front. Microbiol*, 13, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.959080>
- Rahmawati, K. (2025). *Aplikasi Pupuk Organik Melalui Sistem Infus pada Tanaman Tomat dan Jambu Biji Merah*. Institut Pertanian Bogor.
- Samsi, N., Patadungan, Y. S., & Thaha, A. R. (2017). Isolasi dan identifikasi morfologi spora fungi mikoriza arbuskula pada daerah perakaran beberapa tanaman hortikultura di lahan pertanian desa Sidera. *Agrotekbis*, 5(2), 204–211.
- Savastano, N., & Bais, H. (2024). Synergism or Antagonism : Do Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Work Together to Benefit Plants ? *Plant Biology*, 15, 944–958.
- Sundar, L. S., Yen, K., Chang, Y., & Chao, Y. (2024). Utilization of *Rhodopseudomonas palustris* in crop rotation practice boosts rice productivity and soil nutrient dynamics. *Agriculture*, 14(758), 26.
- Wahab, A., Muhammad, M., Munir, A., Abdi, G., Zaman, W., Ayaz, A., Khizar, C., Priya, S., & Reddy, P. (2023). Enhancing productivity , and potentially influencing ecosystems under abiotic and biotic stresses. *Plants*, 12(3102), 40.
- Wang, J., He, Y., Wang, G., Li, R., Niu, Y., Liu, K., Zhang, J., Tang, Z., Lyu, J., Xie, J., & Wu, Y. (2024). Exogenous 5-aminolevulinic acid promotes carotenoid accumulation in tomato fruits by regulating ethylene biosynthesis and signaling. *Physiologia Plantarum*, 176(6), 14.
- Zhang, L., Zuluaga, M. Y. A., Pii, Y., Barone, A., Stefano Amaducci c, B. M.-M. a, Martinelli, E., Bellotti, G., Trevisan, M., & A, E. P. (2023). A Pseudomonas plant growth promoting rhizobacterium and arbuscular mycorrhiza differentially modulate the growth, photosynthetic performance, nutrients allocation, and stress response mechanisms triggered by a mild Zinc and Cadmium stress in tomato. *Plant Science*, 337, 11.
- Zhou, M., Li, Y., Zhang, K., Wang, J., Li, J., Gao, K., & Wang, B. (2025). Mycorrhizal associations and root morphology shape mechanical performance in woody plants from cold regions. *Nature*, 15(17926), 1–12.
- Zulhatta, R. N., & Irawati, E. B. (2023). Peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) dengan berbagai konsentrasi pupuk organik cair dan frekuensi pemberian bakteri fotosintesis. *Agrivet*, 29(1), 146–155.