

Efisiensi Dosis Pupuk Fosfor pada Tomat *Cherry* Periode Juvenil melalui Aplikasi *Light Emmiting Diode*

Efficiency of Phosphorus Fertilizer Dosage in Cherry Tomatoes During the Juvenile Period through Light Emitting Diode Application

Wahyu Muhammad Yuha Lubis^{1*}, Irfan Habibi¹, dan Anas Dinurrohman Susila²

¹Program Studi Agronomi dan Hortikultura Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor (IPB University)

²Divisi Produksi Tanaman, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor (IPB University), Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

*Penulis Korespondensi: wahyumuhammadyuha@apps.ipb.ac.id

Disetujui: 21 Oktober 2025 / *Published Online* Januari 2026

ABSTRAK

Tomat *cherry* adalah salah satu varietas tomat berukuran kecil, rasa manis, berair, kulit tipis, dan sering kali dikonsumsi bersama salad sayur. Tomat *cherry* merupakan tanaman semusim memiliki tahap juvenil sekitar usia 45-50 hari setelah tanam. Periode juvenil dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk pemupukan dan cahaya. Periode juvenil merupakan langkah awal untuk mengeksplorasi manajemen fosfor sebagai jalur untuk meningkatkan hasil panen maupun keberlanjutan dalam budidaya tomat *cherry*. Penggunaan LED polikromatik dapat mengurangi penggunaan pupuk fosfor pada tanaman tomat *cherry* belum memiliki dukungan bukti lapangan yang kuat. Sehingga dibutuhkan percobaan faktorial yang terdiri atas dua faktor, faktor pertama yaitu dosis pupuk fosfor (SP-36) terdiri atas 3 taraf (32 ppm, 64 ppm, 96 ppm) dan faktor kedua adalah jenis spektrum LED polikromatik terdiri atas 2 taraf (LED putih dan LED ungu). Penggunaan LED polikromatik ungu dapat mengurangi penggunaan dosis pupuk fosfor sebanyak 50%, pernyataan ini dibuktikan dengan hasil tinggi tanaman dan jumlah daun yang lebih tinggi dari pada penggunaan LED putih ataupun LED ungu dengan dosis fosfor 100%. Kebutuhan fosfor terhadap diameter batang, luas daun, bobot basah, dan bobot kering tanaman telah tercukupi sehingga penggunaan LED polikromatik atau penambahan dosis fosfor tidak memberikan respons pertumbuhan tambahan.

Kata kunci: cahaya, LED putih, LED ungu, morfologi, polikromatik

ABSTRACT

Cherry tomatoes are a small variety of tomato that are sweet, juicy, thin-skinned, and often eaten in vegetable salads. Cherry tomatoes are annual plants that have a juvenile stage lasting around 45-50 days after planting. The juvenile period is influenced by various factors, including fertilization and light. The juvenile period is the first step in exploring phosphorus management as a way to increase crop yields and sustainability in cherry tomato cultivation. The use of polychromatic LEDs to reduce phosphorus fertilizer use in cherry tomato plants has not yet been strongly supported by field evidence. Therefore, a factorial experiment consisting of two factors is needed. The first factor is the phosphorus fertilizer (SP-36) dose, consisting of 3 levels (32 ppm, 64 ppm, 96 ppm), and the second factor is the type of polychromatic LED spectrum, consisting of 2 levels (white LED and purple LED). The use of purple polychromatic LEDs can reduce phosphorus fertilizer dosage by 50%. This statement is proven by the high plant yield and higher number of leaves compared to the use of white LEDs or purple LEDs with a phosphorus dosage of 100%. The phosphorus requirements for stem diameter, leaf area, fresh weight, and dry weight of the plants were sufficiently met, so the use of polychromatic LEDs or additional phosphorus doses did not result in additional growth responses.

Keywords: light, morphology, purple LED, polychromatic, white LED

PENDAHULUAN

Juvenil adalah periode setelah perkecambahan dimana tanaman masih dalam keadaan vegetatif yang muda dan belum dapat bereproduksi (berbunga) meskipun lingkungan mendukung (Doody *et al.*, 2022). Proses peralihan dari tahap juvenil ke tahap dewasa vegetatif dikenal sebagai perubahan periode vegetatif. Perubahan ini bisa terjadi dengan cepat (dalam hitungan minggu) pada tanaman semusim atau bertahun-tahun pada tanaman tahunan (Poethig & Fouracre, 2024). Tomat *cherry* merupakan tanaman semusim memiliki tahap juvenil sekitar usia 45-50 hari setelah tanam. Periode juvenil dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk nutrisi dari pemupukan dan cahaya (Pan *et al.*, 2023).

Tomat *cherry* (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) adalah varietas tomat unik yang dikenal karena ukurannya kecil, rasa manis, berair, kulit tipis, dan penggunaan untuk kuliner (Dong *et al.*, 2024; Thompson & Thompson, 2018) yang sering kali dikonsumsi bersama salad sayur (Zefanya *et al.*, 2023). Tomat *cherry* merupakan salah satu jenis tomat yang penting secara komersial di Indonesia karena didukung oleh nilai pasarnya yang relatif tinggi dan stabil (Marganingsih & Putra 2021). Tomat *cherry* mengandung nutrisi, meliputi gula, lemak, protein, dan mineral. Selain itu tomat *cherry* mengandung komponen bioaktif seperti likopen, β -karoten, esculeoside A, glutathione, dan vitamin C (Yang *et al.*, 2023).

Pengelolaan pemupukan diidentifikasi sebagai faktor penting dalam mempertahankan produksi tomat *cherry* (Nie *et al.*, 2023). Pupuk fosfor mempunyai peran penting diantara unsur esensial lainnya. Pemupukan fosfor yang optimal secara signifikan meningkatkan hasil panen tomat *cherry* bahkan dengan penggunaan pupuk kimia yang lebih sedikit dibandingkan dengan rekomendasi umum untuk tomat (Fink *et al.*, 2020). Nitrogen dan kalium juga terbukti mempengaruhi kualitas buah, status antioksidan, dan produktivitas secara keseluruhan (Frias-Moreno *et al.*, 2020), namun fosfor tetap kritis untuk menjaga stabilitas hasil panen. Penelitian tentang pemupukan fosfor pada tomat *cherry* periode juvenil pada kondisi budidaya di Indonesia masih terbatas. Penelitian periode juvenil merupakan langkah awal untuk mengeksplorasi manajemen fosfor sebagai jalur untuk meningkatkan hasil panen maupun keberlanjutan dalam budidaya tomat *cherry*.

Light Emitting Diode (LED) diakui sebagai sumber cahaya optimal karena kapasitasnya untuk pengaturan intensitas cahaya, spektrum, dan fotoperiode yang tepat sesuai dengan kebutuhan

tanaman (Paradiso & Proietti, 2022). Apabila LED digunakan maka biaya lebih hemat bahkan untuk aplikasi pencahayaan hortikultura skala besar sering digunakan (Sena *et al.*, 2024). Davis dan Burns (2016) menyatakan bahwa LED putih umumnya dibentuk dari cip biru (spektrum ~450 nm) yang dilapisi fosfor (*phosphor-converted white LEDs*). Selanjutnya, Farhangi *et al.* (2025) menyatakan bahwa cahaya putih menghasilkan spektrum dari 400–700 nm, mencakup wilayah fotosintetik *Photosynthetically Active Radiation* (PAR). Penelitian Snowden *et al.*, (2016) menjelaskan bagaimana LED putih banyak mengandung spektrum cahaya hijau meningkatkan penetrasi cahaya dan fotosintesis.

Lupo *et al.* (2022) menyatakan bahwa istilah “LED ungu” umumnya digunakan untuk dua hal yang berbeda: (a) campuran komersial merah dan biru yang terlihat ungu oleh mata, atau (b) violet/*near-UV* (spektrum ~380–420 nm, tertinggi ~400–410 nm) yang secara fotobiologis berbeda dari biru (~440–470 nm). Penelitian melaporkan bahwa penggunaan spektrum yang secara visual berwarna ungu (~400 nm) dapat meningkatkan luas daun dan biomassa sayuran tertentu misalnya selada (Zhu *et al.*, 2022). Penggunaan LED polikromatik dapat mengurangi penggunaan pupuk fosfor pada tanaman tomat *cherry* belum memiliki dukungan bukti lapangan yang kuat. Literatur lebih sering menunjukkan bahwa LED ungu mampu melakukan modulasi morfologi tanaman dan seringkali meningkatkan penyerapan fosfor atau mengubah PUE (*Phosphorus Use Efficiency*) yang tergantung pada spesies dan kondisi lingkungan. Pembuktian pengurangan pupuk fosfor dalam penggunaan LED polikromatik dibutuhkan percobaan faktorial (spektrum \times dosis P) dan bukti lapangan yang konsisten bahwa tanaman yang tumbuh di bawah cahaya LED polikromatik dapat meningkatkan pertumbuhan morfologi tanaman.

BAHAN DAN METODE

Bahan Tanaman dan Rancangan Percobaan

Penelitian dilaksanakan pada 3 Maret 2023 – 14 April 2023 di *screen house* Kebun Percobaan Leuwikopo, Departemen Agronomi dan Hortikultura, IPB University. Pengamatan pascapanen berupa bobot basah dan bobot kering dilakukan di Laboratorium Terpadu Seed Center, Departemen Agronomi dan Hortikultura, IPB University. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) terdiri atas dua faktor, faktor pertama adalah dosis pupuk fosfor (SP-36) terdiri atas 3 taraf yaitu $\frac{1}{2}$ dosis (32 ppm), 1 dosis (64 ppm), $1\frac{1}{2}$ dosis (96 ppm) dan faktor kedua adalah jenis spektrum LED polikromatik terdiri atas 2

taraf yaitu LED putih dan LED ungu. Percobaan diulang 4 kali sehingga diperoleh 24 satuan percobaan, jumlah setiap unit percobaan yaitu satu tanaman, total tanaman yang digunakan dan diamati yaitu 24 tanaman.

Bahan penelitian yaitu benih tomat *cherry* varietas Chung IPB yang disemai di tray semai dan polibag. Bibit yang berumur 2 minggu setelah tanam (MST) dipindahtanankan pada polibag 20 cm x 20 cm dan ditempatkan pada dua buah rak besi LED yang menyala otomatis selama 21 jam (LED *off* pukul 01.00-04.00 WIB) (Gambar 1). Pupuk fosfor diaplikasikan setiap seminggu sekali dengan sistem fertigasi dengan volume siram 50 mL per polibag. Fertigasi dilakukan bersamaan dengan pemberian pupuk dasar lain yaitu pupuk urea (46% N 121 ppm) dan pupuk KCl (60% K₂O 233 ppm).

Pengukuran Data Lingkungan

Data lingkungan yang diukur yaitu suhu di *screen house* dengan menggunakan alat *Elitech RC-5 Data Logger*. *Data logger* merekam data suhu lingkungan setiap 15 menit. Data dikumpulkan secara otomatis kemudian disimpan pada *storage* (penyimpanan) alat, luaran dari data suhu lingkungan berupa grafik peningkatan atau penurunan suhu selama masa penelitian.

Pengukuran Aspek Morfologi Tanaman

Pengukuran morfologi tanaman berupa tinggi tanaman dan jumlah daun dilakukan pada 3 sampai 6 MST. Tinggi tanaman diukur dari permukaan tanah hingga titik tumbuh tertinggi dengan menggunakan penggaris, sementara itu jumlah daun diukur dengan menghitung seluruh daun yang telah tumbuh menjadi daun sempurna. Pengukuran diameter batang dilakukan pada 6 MST, diameter batang diukur pada ketinggian 3 cm

dari atas permukaan tanah dengan menggunakan jangka sorong digital. Kemudian, pengukuran luas daun dilakukan pada 4 dan 6 MST, luas daun diukur dengan memilih satu daun representatif, kemudian difoto dan diukur luasnya menggunakan perangkat lunak *ImageJ*.

Pengukuran Aspek Biomassa Tanaman

Parameter biomassa tanaman yaitu bobot basah (segar) dan bobot kering tanaman yang dilakukan pada 6 MST. Bobot basah diukur dengan menimbang keseluruhan tanaman menggunakan timbangan analitik. Pengamatan bobot kering dilakukan dengan cara sampel tanaman dimasukkan ke dalam amplop kertas lalu dioven pada suhu 60 °C selama 48 jam hingga bobot kering konstan. Setelah dilakukan pengeringan, bobot kering ditimbang menggunakan timbangan analitik.

Analisis Data

Analisis data menggunakan perangkat lunak DSAASTAT dan Microsoft Excel, dilakukan uji F (ANOVA) dengan taraf kepercayaan 5%. Apabila berpengaruh nyata, data kemudian diuji lanjut dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Data Lingkungan

Faktor lingkungan yang sangat penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman salah satunya adalah suhu lingkungan. Suhu yang disarankan untuk pertumbuhan tomat *cherry* berkisar 21–27 °C pada siang hari; sementara suhu malam berada di kisaran 15–20 °C. Jika suhu harian melebihi 30–35 °C biasanya akan berpengaruh negatif pada pembentukan buah dan menyebabkan penurunan hasil (Park *et al.*, 2023).



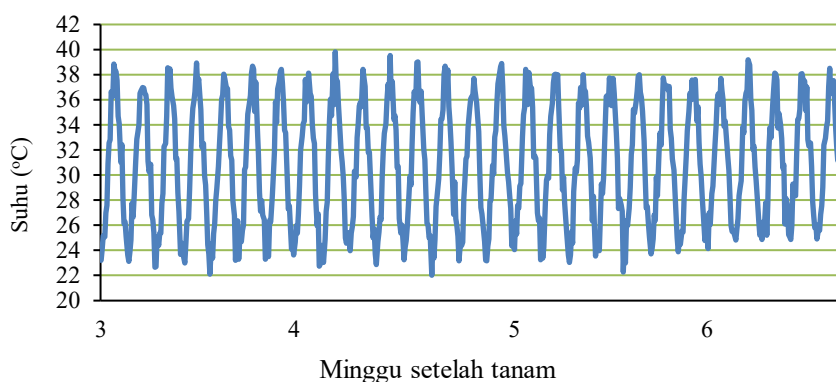
Gambar 1. Penempatan tanaman pada rak (A) LED putih, dan (B) LED ungu

Curah hujan ideal yang diperlukan selama pertumbuhan tanaman tomat berkisar antara 750–1,200 mm per tahun (Sendy *et al.*, 2024). Berdasarkan perekaman suhu dari 3-6 MST atau 1-4 MSA (minggu setelah aplikasi LED) menunjukkan bahwa suhu pada siang hari berkisar antara 33–40 °C sedangkan suhu malam hari berkisar antara 22–26 °C (Gambar 2). Fluktuasi suhu lingkungan disebabkan oleh cuaca yang berubah-ubah dengan cepat. Grafik menunjukkan suhu siang hari yang melebihi suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman tomat, hal ini dapat berpengaruh terhadap respons pertumbuhan tanaman. Dampak dari suhu tinggi pada tanaman yaitu perubahan pada morfologi, fisiologi serta biokimia sehingga aktivitas fotosintesis menurun, berujung pada penurunan pertumbuhan dan produktivitas (Nievola *et al.*, 2017). Suhu tinggi mengakibatkan stomata tertutup sehingga mengganggu proses asimilasi CO₂ pada proses fotosintesis (Morales *et al.*, 2020).

Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun

Dosis pupuk fosfor maupun LED polikromatik dari masing-masing perlakuan tidak berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun selama pengamatan (Tabel 1 dan

Tabel 3). Dosis 64 ppm (dosis rekomendasi) menghasilkan tinggi tanaman dan jumlah daun yang lebih tinggi dari pada perlakuan lainnya. Penambahan pupuk fosfor dari dosis rekomendasi justru menghasilkan nilai yang lebih rendah dari perlakuan lainnya. Meta-analisis menyatakan prinsip “*law of diminishing returns*” pertumbuhan tanaman terhambat oleh nutrisi yang paling sedikit. Apabila fosfor sudah pada tingkat yang cukup (bukan elemen pembatas), maka penambahan fosfor lebih lanjut tidak meningkatkan pertumbuhan (Hopkins *et al.*, 2018). Terjadi interaksi antara perlakuan dosis pupuk fosfor dengan LED polikromatik terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun pada 3, 4, dan 5 MST (Tabel 2 dan Tabel 4). Hasil ini sesuai dengan penelitian (Zhou *et al.*, 2019) bahwa interaksi cahaya dengan ketersediaan fosfor signifikan mengubah morfologi akar, lebih banyak akar halus (*cluster root*), eksudasi asam organik sehingga cahaya dapat meningkatkan kapasitas fosfor di zona akar. Penelitian terbaru juga menyatakan bahwa spektrum cahaya mempengaruhi “*nutrient uptake and assimilation*” artinya, spektrum cahaya bisa memengaruhi tanaman dalam menyerap unsur hara dari larutan pupuk (Mahesh *et al.*, 2025).



Gambar 2. Rekaman suhu pada *screen house* umur 3-6 MST

Tabel 1. Pengaruh dosis pupuk fosfor dan spektrum LED terhadap tinggi tanaman

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)			
	3 MST	4 MST	5 MST	6 MST
Dosis pupuk fosfor				
32 ppm	8.29	12.74	19.38	23.06
64 ppm	7.38	11.98	19.64	24.25
96 ppm	7.53	11.11	16.78	20.41
Uji F	tn (0.53)	tn (0.45)	tn (0.33)	tn (0.35)
Spektrum LED				
LED putih)	8.41	12.74	19.03	22.78
LED ungu	7.05	11.14	18.17	22.38
Uji F	tn (0.07)	tn (0.14)	tn (0.62)	tn (0.85)
Interaksi	** (0.003)	* (0.02)	*(0.047)	tn (0.09)

Keterangan: tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf 5%, * = berpengaruh nyata pada taraf 5%, ** = berpengaruh nyata pada taraf 1%.

Tabel 2. Interaksi dosis pupuk fosfor dengan spektrum LED terhadap tinggi tanaman

Dosis pupuk fosfor	3 MST		4 MST		5 MST	
	LED putih	LED ungu	LED putih	LED ungu	LED putih	LED ungu
32 ppm	7.30	9.28 a	11.68	13.80 a	17.38	21.38 a
64 ppm	8.00	6.75 b	12.58	11.38 ab	19.45	19.83 a
96 ppm	9.93	5.13 b	13.98	8.25 b	20.25	13.30 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berpengaruh nyata pada uji lanjut DMRT taraf 5%.

Tabel 3. Pengaruh dosis pupuk fosfor dan spektrum LED terhadap jumlah daun

Perlakuan	Jumlah Daun (helai)			
	3 MST	4 MST	5 MST	6 MST
Dosis Pupuk fosfor				
32 ppm	16.75	27.50	39.75	52.63
64 ppm	14.00	25.13	40.00	54.88
96 ppm	14.38	23.38	36.25	47.13
Uji F	tn (0.13)	tn (0.16)	tn (0.43)	tn (0.27)
Spektrum LED				
LED Putih)	15.42	26.83	38.58	51.42
LED Ungu	14.67	23.83	38.75	51.67
Uji F	tn (0.52)	tn (0.09)	tn (0.95)	tn (0.95)
Interaksi	** (0.001)	* (0.02)	*(0.03)	tn (0.08)

Keterangan: tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf 5%, * = berpengaruh nyata pada taraf 5%, ** = berpengaruh nyata pada taraf 1%.

Tabel 4. Interaksi dosis pupuk fosfor dengan spektrum LED terhadap jumlah daun

Dosis Pupuk Fosfor	3 MST		4 MST		5 MST	
	LED Putih	LED Ungu	LED Putih	LED Ungu	LED Putih	LED Ungu
32 ppm	13.75	19.75 a	25.75	29.25 a	35.00	44.50 a
64 ppm	14.75	13.25 b	26.75	23.50 ab	39.75	40.25 ab
96 ppm	17.75	11.00 b	28.00	18.75 b	41.00	31.50 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berpengaruh nyata pada uji lanjut DMRT taraf 5%.

Penggunaan LED ungu pada penelitian ini dapat menghemat penggunaan pupuk fosfor sampai 50%. Hasil ini berkaitan dengan penelitian Zhou *et al.* (2019) bahwa kondisi cahaya optimal meningkatkan menyerap fosfor akar sekitar 56% sehingga tanaman lebih tahan terhadap defisiensi fosfor atau tumbuh baik dengan dosis fosfor yang lebih rendah. Sehingga pemberian cahaya LED bisa memperbaiki pertumbuhan tinggi tanaman, meningkatkan jumlah daun (Song *et al.*, 2024). Penelitian pada berbagai spesies tanaman mint menunjukkan bahwa paparan cahaya ungu meningkatkan kandungan fosfor jaringan tanaman (Jadwisieniczak *et al.*, 2025). Fosfor berperan dalam pertumbuhan daun dan proses pembelahan sel dalam meristem, sehingga berkontribusi pada pembentukan daun baru dan memperluas ukuran daun (Turuko & Muhammad, 2014). Perbedaan

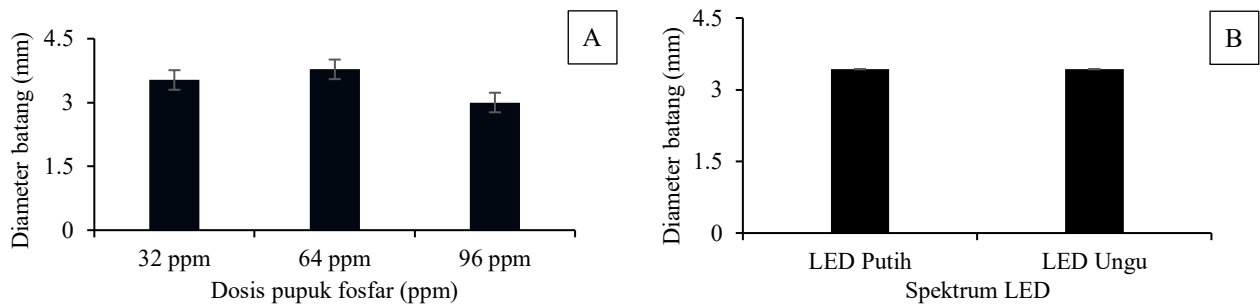
keragaan tanaman tomat *cherry* pada umur 6 MST dapat diamati pada Gambar 3.

Diameter Batang, Luas Daun, dan Biomassa Tanaman

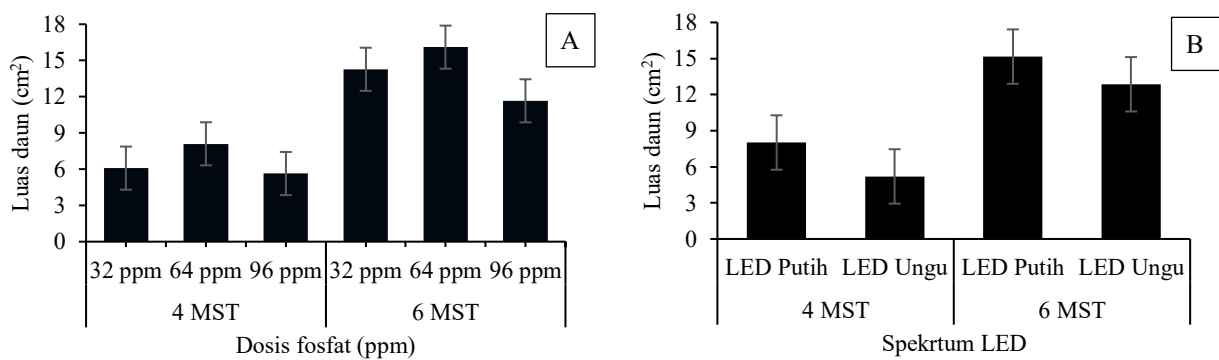
Dosis pupuk fosfor maupun LED polikromatik dari masing-masing perlakuan tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap diameter batang, luas daun, bobot basah, dan bobot kering tanaman tomat (Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6). Kondisi ini mengindikasikan bahwa kebutuhan fosfor untuk pertumbuhan awal batang telah tercukupi oleh ketersediaan P dalam media, sehingga penambahan dosis tidak memberikan respons pertumbuhan tambahan. Reaksi tanaman terhadap jenis cahaya saat periode juvenil sering kali bervariasi karena pertumbuhan masih tergantung pada endosperma biji dan perkembangan radikula.



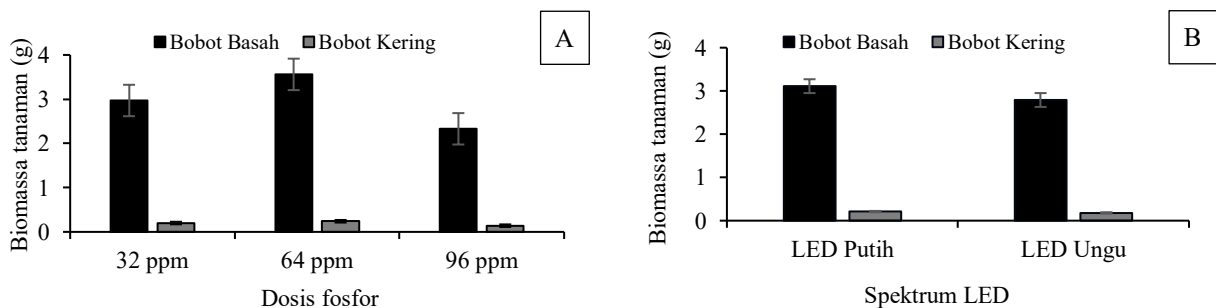
Gambar 3. Keragaan tanaman tomat *cherry* 6 MST (A) pupuk fosfor 32 ppm × LED putih (B) pupuk fosfor 64 ppm × LED putih (C) pupuk fosfor 96 ppm × LED putih (D) pupuk fosfor 32 ppm × LED ungu (E) pupuk fosfor 64 ppm × LED ungu (F) pupuk fosfor 96 ppm × LED ungu



Gambar 4. Pengaruh dosis pupuk fosfor (A) dan spektrum LED (B) terhadap diameter batang



Gambar 5. Pengaruh dosis pupuk fosfor (A) dan spektrum LED (B) terhadap luas daun



Gambar 6. Pengaruh dosis pupuk fosfor (A) dan spektrum LED (B) terhadap biomassa tanaman

Ouzounis *et al.*, (2015) mengungkapkan bahwa berbagai jenis spektrum LED, seperti yang berwarna biru, merah, dan putih, tidak selalu menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam tahap pertumbuhan juvenil.

Parameter biomassa, luas daun, dan diameter batang sering kali tidak menunjukkan variasi yang signifikan pada tanaman. Apabila jumlah sampelnya sedikit atau waktu pengukuran masih belum mencapai periode dimana perbedaan kumulatif terlihat, maka analisis statistik mungkin tidak dapat mendeteksi perbedaan yang sebenarnya kecil hingga sedang. Pemberian pupuk fosfor diatas dosis rekomendasi justru menghasilkan diameter batang, luas daun, dan biomassa tanaman yang rendah. Pada tanaman buluh raksasa (*giant reed*), dosis fosfor ditingkatkan melebihi level optimal menghasilkan pertumbuhan yang tidak signifikan, hal ini menunjukkan adanya *diminishing return* atau tanaman sudah tidak memerlukan tambahan pasokan fosfor (Elhawati *et al.*, 2023). Penelitian Shalehah *et al.*, (2024) menunjukkan bahwa perlakuan pupuk fosfor pada dua varietas tomat memberikan pengaruh terhadap hasil, tetapi tidak tampak pengaruh signifikan pada pertumbuhan juvenil (termasuk diameter batang).

Penggunaan LED putih menunjukkan nilai parameter pertumbuhan yang lebih baik jika dibandingkan dengan LED ungu, meskipun tidak terlihat perbedaan yang signifikan secara statistik. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa spektrum putih mencakup berbagai panjang gelombang cahaya seperti merah, biru, dan hijau, yang dapat mendukung peningkatan biomassa tanpa selalu menunjukkan respons yang berarti secara statistik, terutama saat intensitas cahaya atau kondisi nutrisi berada pada level yang sama (Ke *et al.*, 2024). Banyak penelitian tentang LED melaporkan hasil yang bervariasi antara eksperimen disebabkan oleh perbedaan dalam metode seperti PPF (Photosynthetic Photon Flux Density), rentang sampel, durasi cahaya, pengukuran). Oleh karena itu, hasil “tidak ada pengaruh yang signifikan” mungkin disebabkan oleh keterbatasan desain penelitian atau waktu pengukuran, bukan selalu karena tidak ada efek biologis sama sekali (Rahman *et al.*, 2021). Penelitian Li *et al.*, (2025) menghasilkan bahwa “alokasi fosfor dalam tanaman ditambah ketersediaan P tanah” bisa meningkatkan biomassa tomat, terutama di sistem pemupukan jangka panjang.

KESIMPULAN

Penggunaan LED polikromatik ungu dapat mengurangi penggunaan dosis pupuk fosfor sebanyak 50%, pernyataan ini dibuktikan dengan hasil tinggi tanaman dan jumlah daun yang lebih

tinggi dari pada penggunaan LED putih ataupun LED ungu dengan dosis fosfor 100%. Kebutuhan fosfor terhadap diameter batang, luas daun, bobot basah, dan bobot kering tanaman telah tercukupi sehingga penggunaan LED polikromatik atau penambahan dosis fosfor tidak memberikan respons pertumbuhan tambahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Davis, P. A., & Burns, C. (2016). Photobiology in protected horticulture. (Review). *Food and Energy Security*, 5(4), 223–238. DOI: <https://doi.org/10.1002/fes3.97>
- Dong, S., Zhang, J., Ling, J., Xie, Z., Song, L., Wang, Y., Zhao, L., & Zhao, T. (2024). Comparative analysis of physical traits, mineral compositions, antioxidant contents, and metabolite profiles in five cherry tomato cultivars. *Food Research International*, 194, 114897. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114897>
- Doody, E., Zha, Y., He, J., & Poethig, R. S. (2022). The genetic basis of natural variation in the timing of vegetative phase change in *Arabidopsis thaliana*. *Development*, 149(10): 1-15. <https://doi.org/10.1242/dev.200321>
- Elhawati, N., Csajbok, J., Kovács, S., Veres, S., Fári, M. G., Domokos-Szabolcsy, E., & Alshaal, T. (2023). Phosphorus fertilization rate and dynamics in early development of three giant reed (*Arundo donax* L.) ecotypes. *Biomass and Bioenergy*, 173, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2023.106805>
- Farhangi, H., Mozafari, V., Roosta, H. R., Shirani, H., Farhangi, S., & Farhangi, M. (2025). Optimizing LED lighting spectra for enhanced growth in controlled-environment vertical farms. *Scientific Reports*, 15, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-15352-7>
- Fink, J., Sánchez-Rodríguez, A. R., Souza, C. P., Junior, C. P., Lagos, F. S., Frosi, G., Eckert, D., & Schwengber, A. (2020). Adjusting p-k fertilization and liming strategies to enhance yield of cherry tomato plants grown on an oxisol. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(13), 1736–1746. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1798992>
- Frias-Moreno, M. N., Espino-Díaz, M., Dávila-Avia, J., Gonzalez-Aguilar, G. A., Ayala-Zavala, J. F., Molina-Corral, F. J., Parra-Quezada, R. A., & Orozco, G. I. O. (2020). Preharvest nitrogen application affects quality and antioxidant status of two tomato cultivars. *Bragantia*, 79(1), 134-144.

- <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20190247>
Hopkins, B. G., Fernelius, K. J., Hansen, N. C., & Eggett, D. L. (2018). AVAIL phosphorus fertilizer enhancer: Meta-analysis of 503 field evaluations. *Agronomy Journal*, 110(1), 389–398.
- <https://doi.org/10.2134/agronj2017.07.0385>
Jadwisniewicz, K. K., Kaliniewicz, Z., Majkowska-Gadomska, J., Mikulewicz, E., Francke, A., Marks, M., & Choszcz, D. J. (2025). Effect of light on the yield and nutrient composition of selected mint species grown in a controlled environment. *Agronomy*, 15, 1959. <https://doi.org/10.3390/agronomy15081959>
- Ke, X., Yoshida, H., Hikosaka, S., & Goto, E. (2024). Effect of red and blue light versus white light on fruit biomass radiation-use efficiency in dwarf tomatoes. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1393918. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1393918>
- Li, X., Yang, S., Zhou, S., Zhang, P., Awais, M., Liu, Y., Sun, Z., Fu, H., & Li, T. (2025). The allocation patterns of plant phosphorus and soil phosphorus availability enhance tomato plant growth under long-term balanced nitrogen and phosphorus fertilization. *Scientia Horticulturae*, 344, 114121. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2025.114121>
- Lupo, M., Bashir, M. A., Silvestri, C., Brunori, E., Pica, A. L., & Cristofori, V. (2022). LED lighting effects on plant growth and quality of *Pyrus communis* L. propagated in vitro. *Agronomy*, 12(10), 2531. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102531>
- Mahesh, R., Hasan, M., Singh, D. K., Sahoo, R. N., Kumar, S. N., Yeasin, M. T., Kushwaha, N. L., & Parray, R. A. (2025). Influence of artificial light spectral quality for enhancing growth, nutrient uptake and resource use efficiency of pak choi cv. Choko in indoor agriculture. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 82, 104566. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2025.104566>
- Marganingsih, A., & Putra, E. T. S. (2021). Pengaruh konsentrasi kitosan udang dan kepiting sebagai *edible coating* terhadap mutu dan daya simpan tomat cherry (*Solanum lycopersicum* var. Cerasiforme). *Vegetalika*, 10(1), 69–80. <https://doi.org/10.22146/veg.57787>
- Morales, F., Anic, M., Fakhret, D., Torralba, J. G., Gamez, A. L., Seminario, A., Soba, D., Mariem, S. B., Garriga, M., & Aranjuelo, I. (2020). Photosynthetic metabolism under stressful growth conditions as a bases for crop breeding and yield improvement. *Plants*, 9(88), 1–23. <https://doi.org/10.3390/plants9010088>
- Nie, J., Li, Y., Yang, X., Zheng, J. R., Xie, Y., & Shi, L. (2023). Effect of fertilization treatment on growth, yield, fruit quality, and nutrition accumulation of cherry tomato. *Applied Ecology and Environmental Research*, 21(5), 3849–3863. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/2105_38493863
- Nievola, C. C., Carvalho, P. C., Carvalho, V., & Rodrigues, E. (2017). Rapid responses of plants to temperature changes. (Review). *Temperature*, 4(4), 371–405. <https://doi.org/10.1080/23328940.2017.1377812>
- Ouzounis, T., Rosenqvist, E., & Ottosen, C. O. (2015). Spectral effects of artificial light on plant physiology and secondary metabolism: A review. *HortScience*, 50(8), 1128–1135. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.8.1128>
- Pan, T., Fan, X., & Sun, H. (2023). Juvenile phase: an important phase of the life cycle in plants. *Ornamental Plant Research*, 3, 18. <https://doi.org/10.48130/OPR-2023-0018>
- Paradiso, R., & Proietti, S. (2022). Light-quality manipulation to control plant growth and photomorphogenesis in greenhouse horticulture: The state of the art and the opportunities of modern LED systems. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41, 742–780. <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10337-y>
- Park, B. M., Jeong, H. B., Yang, E. Y., Kim, M. K., Kim, J. W., Chae, W., Lee, O. J., Kim, S. G., & Kim, S. (2023). Differential responses of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum*) to long-term heat stress. *Horticulturae*, 9(3), 343. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9030343>
- Poethig, R. S., & Fouracre, J. (2024). Temporal regulation of vegetative phase change in plants (Review). *Developmental Cell*, 59(1), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.devcel.2023.11.010>
- Rahman, M. M., Field, D. L., Ahmed, S. M., Hasan, M. T., Basher, M. K., & Alameh, K. (2021). LED Illumination for high-quality high-yield crop growth in protected cropping environments. Review. *Plants*, 10, 2470. <https://doi.org/10.3390/plants10112470>
- Sena, S., Kumari, S., Kumar, V., & Husen, A. (2024). Light emitting diode (LED) lights for the improvement of plant performance and production: A comprehensive review. *Current Research in Biotechnology*, 7,

100184.
<https://doi.org/10.1016/j.crbiot.2024.100184>
- Sendy, T., Hadijah, S., & Nurjani, N. (2024). Pengaruh pupuk kandang ayam dan NPK terhadap pertumbuhan dan hasil tomat di lahan sulfat masam dengan sistem budidaya jenuh air. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 13(2), 600–608.
<https://doi.org/10.26418/jspe.v13i2.77601>
- Shalehah, I., Jaya, I. D., & Sudirman. (2024). Pengaruh jenis pupuk fosfor terhadap pertumbuhan dan hasil dua varietas tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) di musim hujan. *JIMA*, 3(3), 195–205.
<https://doi.org/10.29303/jima.v3i3.5180>
- Snowden, M. C., Cope, K. R., & Bugbee, B. (2016). Sensitivity of seven diverse species to blue and green light: interactions with photon flux. *PLoS ONE*, 11(10), e0163121.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163121>
- SSong, J., Qin, Y., Zhang, W., Zhao, B., & Li, H. (2024). Nocturnal LED supplemental lighting improves quality of tomato seedlings by increasing biomass accumulation. *Agronomy*, 14(9), 1888.
<https://doi.org/10.3390/agronomy14091888>
- Thompson, S., & Thompson, S. (2018). the tomato handbook. Reaktion Books.
- Turuko, M., & Muhammad, A. (2014). Effect of different phosphorus fertilizer rates on growth, dry matter yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *World Journal of Agricultural Research*, 2(3), 88–92.
<https://doi.org/10.12691/wjar-2-3-1>
- Yang, Z., Li, W., Li, D., & Chan, A. S. C. (2023). Evaluation of nutritional compositions, bioactive components, and antioxidant activity of three cherry tomato varieties. *Agronomy*, 13(3), 637.
<https://doi.org/10.3390/agronomy13030637>
- Zefanya, M., Sereati, C. O., Hutapea, D. K. Y., Octavianus, K., Bachri, & Pandjaitan, L. W. (2023). Sistem smart monitoring pada budidaya tomat cherry di media tanah. *Routers: Jurnal Sistem dan Teknik Informatika*, 1(2), 109–121.
<https://doi.org/10.25181/rt.v1i2.3128>
- Zhou, T., Wang, L., Li, S., Gao, Y., Du, Y., Zhao, L., Liu, W., & Yang, W. (2019). Interactions between light intensity and phosphorus nutrition affect the p uptake capacity of maize and soybean seedling in a low light intensity area. *Frontiers in Plant Science*, 10, 183.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00183>
- Zhu, Y., Patil, B. S., & Zhen, S. (2022). From ultraviolet-B to red photons: Effects of end-of-production supplemental light on anthocyanins, phenolics, ascorbic acid, and biomass production in red leaf lettuce. *PLoS One* 20(7), e0328303.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0328303>